PPIF 310

Investigaciones geofísicas planetarias

UCT-Cabecera

Instituto de Geofísica y Astronomía
Academia de Ciencias de Cuba

Responsable del PPIF:

Lic. Arturo D'Costa Méndez, C.Dr.

Organismo introductor del tema:
Academia de Ciencias

Potencialmente introductores:

MINBAS
MICONS

Código del Tema: 31001674077(1)83(4)

Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba.

J'Tema: Lic. José Leonardo Alvarez Gómez, C.Dr.

Inicio - enero 1977
Terminación - febrero 1985

000001

Ejecutores principales de la investigación:

Lic. José Leonardo Alvarez Gómez, C.Dr., Investigador Auxiliar, Dpto. de Sismología. Trabaja en el Dpto. Sismología desde 1973; a partir de 1975 Su trabajo ha estado vinculado con la temática de estimación de peligrosidad sísmica. Ha participado en el SCT 90009 "Investigaciones Aplicadas de Sismología" y en los trabajos de colaboración con Nicaragua. Participó en las tareas 1,2,5,6 y 7.

Geof. Mario F. Rubio Sauvalle, Investigador Agregado. Trabajà como investigador en el Dpto. Sismología desde 1972, como técnico desde 1968. Desde 1975 ha estado vinculado con la temática de estudio de las características espectrales de las señales sísmicas, desde 1978 con los trabajos de microrregionalización sísmica y desde 1980 con la temática de estimación de peligrosidad sísmica. Es J'del SCT-90009 "Investigaciones Aplicadas de Sismología" y ha participado en los trabajos de colaboración con Nicaragua. Participó en las tareas 1,2,3,4 y 5.

Lic. Tomás J. Chuy Rodríguez, Investigador Agregado. Trabaja en el Dpto. Sismología desde 1973; a partir de 1975. Su trabajo ha estado vinculado con la temática de microrregionalización sísmica y estudio de la sismicidad. Participa activamente en el SCT 90009 "Investigaciones Aplicadas de Sismología" y ha participado en los trabajos de colaboración con Nicaragua. Participó en las tareas 1,5,6 y 7.

Lic. Mario O. Cotilla Rodríguez, Aspirante a Investigador, 2do. J'Dpto. Sismología. Trabaja en este departamento como investigador desde 1982, como técnico desde 1981. Se ha vinculado a la temática de aplicación de la teledetección a la solución de problemas en geología y geografía participando en

múltiples trabajos de colaboración con el Dpto. de Teledetección de nuestro Instituto. Ha participado en los trabajos del SCT- 90009 "Investigaciones Aplicadas de Sismología". Participó en las tareas 6 y 7.

000008

INDICE PAGINA

Resumen ---------- 5

Introducción ---------- 9

Capítulo 1 "Desarrollo del trabajo" ---------- 11

Capítulo 2 "Discusión de resultados" ---------- 532

Capítulo 3 "Conclusiones" ---------- 536

Capítulo 4 "Introducción del logro" ---------- 538

Agradecimientos ---------- 541

Bibliografía ---------- 542

100004

RESUMEN

En este tema han sido abordadas dos temáticas, que aunque relacionadas presentan ciertas diferencias: la sismicidad y la peligrosidad sísmica.

En la parte correspondiente al estudio de la sismicidad se enfocan diversos problemas, como la distribución espacio-temporal y por magnitudes de los terremotos, el campo macrosísmico, los mecanismos focales, los parámetros del régimen sísmico y la utilización de las características espectrales de las señales sísmicas para obtención de características físicas del medio por la que se propagan.

La distribución espacio temporal y por magnitudes de terremotos comprende la confección de mapas de epicentros y de densidad de epicentros, así como la obtención de enlaces de correlación entre diferentes escalas de magnitud. Los resultados coadyudan al conocimiento general de la sismicidad de la región y permiten pasar a la determinación de los parámetros del regimen sísmico.

El mecanismo focal de los terremotos es tratado desde dos puntos de vista, la propia determinación de mecanismos y el análisis regional de la distribución espacial de los ejes de presión y tensión de todos los mecanismos determinados para el arco del Caribe, tanto por nosotros como por otros autores. Como conclusión se obtiene que las soluciones no contradicen en general el esquema de la tectónica de placas para la región aunque reflejan la complejidad de las fronteras entre las mismas.

El procesamiento de los datos macrosísmicos es uno de los aspectos más logrados de esta investigación. A partir de una caracterización del campo macrosísmico se propone un modelo -

teórico de isosistas elípticas de amplia aplicabilidad, el cuál permite, en primer lugar estimar los parámetros focales (coordenadas y magnitud) de terremotos fuertes históricos, y en segundo lugar, realizar estimados de peligrosidad sísmica con un mayor margen de confiabilidad. Se logró determinar los parámetros de este modelo para diferentes zonas de las Antillas Mayores, y se confeccionó un catálogo de terremotos para esta región desde el siglo XVI hasta la fecha.

En el análisis del régimen sísmico se realizarán dos trabajos básicos. El primero de ellos es el desarrollo teórico - una variante de la ley de la frecuencia acumulativa de terremotos y la obtención de los parámetros de la misma para las - diferentes zonas de origen de terremotos que afectan a la región oriental. El segundo consiste en la escritura de una serie de programas para procesar ficheros de terremotos en soporte externo (banda magnética o disco) con vistas a cartografiar algunas características de la sismicidad o estimar algunos parámetros estadísticos de la misma.

El estudio de las cáracterísticas espectrales de los - terremotos se orientó fundamentalmente a la determinación de los parámetros de la atenuación de las ondas P de corto - período en la región suroriental de Cuba, y a la determina-- ción de la estructura de la corteza bajo la estación Río Carpintero a través del estudio de la función de transferencia de las ondas P de período medio.

El estudio de la sísmicidad concluye con un análisis del terremoto del 19 de febrero de 1976 que afectó a la región Suroriental de Cuba, fundamentalmente el pueblo de Pilón y - sus regiones aledañas. En él se tratan aspectos como deter-

minación de parámetros del terremoto principal y sus réplicas, mecanismo focal y otros.

En la parte correspondiente a la estimación de la peligrosidad sísmica se tratan dos aspectos fundamentales: la delimitación de las zonas de origen de terremotos y los cálculos propiamente dichos de los parámetros usados para cuantificar el grado de peligrosidad. En ambos casos se emplean dos enfoques diferentes, uno para las zonas de alta actividad sísmica (región suroriental y zonas aledañas) y otro para las zonas de baja actividad (resto del territorio nacional).

La delimitación de las zonas de origen de terremotos para la región suroriental se realizó de manera formal utilizando fundamentalmente los mapas de epicentros y alguna información adicional geólogo-geofísica. Sin embargo, para las regiones de baja actividad se realizó un trabajo voluminoso basado en la hipótesis de que en las mismas, los terremotos más fuertes deben ocurrir en las intersecciones de lineamientos. El trabajo comprende la confección del mapa de lineamientos de todo el territorio obtenido mediante la interpretación de fotos cósmicas, la determinación de los nudos de los mismos y su clasificación posterior en base a las actividades neotectónica y sísmica conocidas.

La estimación de peligrosidad sísmica para zonas activas es otro de los aspectos más logrados en el trabajo. Se confeccionó un programa para el cálculo de los períodos de "sacudibilidad" sísmica (tiempo de recurrencia de las sacudidas sísmicas) y la probabilidad de no ser excedido un valor dado de intensidad (aceleración o cualquier otro parámetro del movimiento del terreno durante terremotos), para períodos de sacu-

dibilidad fijos. Esto permite la obtención de cualquier variante de representación de la peligrosidad sísmica. Para la región oriental de Cuba fue obtenida toda una serie de estas representaciones. El programa incluye los aspectos teóricos desarrollados en el tema del modelo de isosistas y la ley de la frecuencia acumulativa de terremotos. La estimación de la peligrosidad sísmica de las zonas de baja actividad en el resto del territorio nacional se limitó a la obtención de mapas de intensidades a esperar en 100 y 10000 años, debido a la poca estadística de que se disponía sobre la ocurrencia de terremotos. Se hace una propuesta de mapa de regionalización sísmica obtenido de la unión de los estimados para ambos tipos de zonas.

)00008

Este tema bajo la denominación de "Estudio de la sismicidad y estimación de la peligrosidad sísmica en la región oriental de Cuba" comenzó a efectuarse en 1977 con los objetivos siguientes:

-determinación de los parámetros del régimen sísmico de la región.

-determinación de los parámetros del mecanismo focal de terremotos fuertes ocurridos al sur de Cuba.

-evaluación de las características geólogo-tectónicas de la región desde el punto de vista sismológico.

-confección del mapa de regionalización sísmica (escala 1:1000 000).

-confección de los mapas de periodicidad de las sacudidas sísmicas para diferentes niveles de intensidad -- (escala 1:1000 000).

-evaluación del riesgo sísmico.

En febrero de 1980 se solicitó un cambio de objetivos de este tema, que pasó a denominarse "Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba". Dicho cambio de objetivos consistía en que los estimados de peligrosidad sísmica se realizarían para toda Cuba en lugar de para la región oriental y en mapas a escala 1:2500 000 en lugar de 1:1000 000.

La ejecución del tema se extendió hasta el primer trimestre de 1985 en que fue concluído su informe final.

Los autores principales de este trabajo fueron L. Alvarez, M. Rubio, T. Chuy y M. Cotilla. No obstante, debido a su amplitud, en ocasiones participaron otros compañeros según se detalla a continuación: Ing. M.E. Domínguez (Tarea 2), Ing. R. Lorenzo (Tareas 3 y 4), Geof. M. Serrano (Tarea 5), Lic. O. Portuondo (epígrafes 6.5 y 7.4.3, Ing. B. González Iepígrafes 5.4.

7.4.1 y 7.4.2), Lic. M. Rodríguez (epígrafe 7.4.1). E. Polo (epígrafe 7.4.2) y Lic. E. Vorobiova (epígrafe 7.4.2). Además, se contó con la colaboración de especialistas extranjeros, como T.G. Rautian (epígrafe 1.3.1.3) y V. Schenk (1.3.6.3), así como V.I. Buné, el cual, durante toda su ejecución, brindó consultas sobre diferentes etapas del trabajo. Por otra parte, diversos especialistas extranjeros presentaron su cooperación en algunas etapas del trabajo, en forma de recomendaciones de gran utilidad, como I.V. Gorbunova, Zh. Aptekman, A.L. Levshin, M.I. Onofrash y V. Shumila. Igualmente se contó con la cooperación de especialistas de nacionales en forma de consultas como: J. Oro y N. Menéndez.

CAPITULO 1

DESARROLLO DEL TRABAJO

000011

INDICE DEL CAPITULO 1 "Desarrollo del Trabajo"

TOMO 1.-

Tarea 1: Estudio de la sismicidad de la región del Caribe

1.1 Distribución espacio-temporal y por magnitudes de los terremotos 18

1.1.1 Relación entre diferentes escalas de magnitud 19

1.1.1.1 Introducción 18

1.1.1.2 Relaciones obtenidas entre diferentes escalas de magnitud 20

1.1.2 Mapas de epicentros 22

1.1.2.1 Mapas de epicentros de terremotos fuertes del área del Caribe 22

1.1.2.2 Mapas de epicentros de Cuba y las regiones aledañas . 22

1.1.3 Mapas de densidad de epicentros 25

1.2 Determinación de mecanismos focales 27

1.2.1 Mecanismos focales en el arco del Caribe 29

1.2.2 Comportamiento regional de la distribución de los ejes P y T de los mecanismos focales 47

1.2.3 Discusión 71

1.3 Procesamiento de los datos macrosísmicos 73

1.3.1 Primeros intentos de determinar un modelo de isosistas. Resultados y dificultades 73

1.3.1.1 Introducción 73

1.3.1.2 La variación de los parámetros de la fórmula de campo macrosísmico con la dirección 74

1.1.1.3 Las variaciones regionales de la forma de las isosistas y de la atenuación de las intensidades 81

1.3.1.4 Discusión 87

1.3.2 Modelo teórico de isosistas elípticas 88

1.3-2.1 Teoría general 89

1.3.2.2 Programa ISOSISTA 93

1.3.3 Reevaluación de los datos macrosísmicos y confección del catálogo de terremotos fuertes de las Antillas Mayores . 95

1.3.3.1 Metodología de reanálisis de los datos macrosísmicos . 95

1.3.3.2 Datos macrosísmicos de La Hispaniola .....

1.3.3.3 Datos macrosísmicos de Jamaica .....

000012

1.3.3.4 Datos macrosísmicos de Cuba 102

1.3.3.5 Datos macrosísmicos de Puerto Rico 102

1.3.3.6 Catálogo de isosistas de terremotos de las Antillas Mayores 103

1.3.4 Modelo de isosistas para las Antillas Mayores 114

1.3.4.1 Datos iniciales y método de análisis 114

1.3.4.2 Resultados y discusión 119

1.3.5 Completamiento de los catálogos de terremotos mediante la estimación de coordenadas y magnitud por datos macrosísmicos. 126

1.3.5.1 Metodología de determinación de los parámetros ... 128

1.3.5.2 Catálogo de terremotos de la región comprendida entre los 16° y 21° Latitud Norte y los 71° y 81° de Longitud Oeste 131

1.3.5.3 Otros casos de estimación o reestimación de parámetros por datos macrosísmicos 131

1.3.6 Estadística de las sacudidas sísmicas en la ciudad de Santiago de Cuba 145

1.3.6.1 Períodos de recurrencia de las sacudidas sísmicas . 145

1.3.6.2 Distribución de los intervalos entre sacudidas sísmicas 146

1.3.6.3 Estadística de valores extremos para las intensidades sísmicas sentidas en Stgo. de Cuba..... 152

1.3.6.3.1 Introducción 152

1.3.6.3.2 Aplicación de la tercera distribución asintótica a la estadística de las intensidades máximas reportadas en Santiago de Cuba 154

1.3.6.3.3 Discusión 157

1.4 Análisis del régimen sísmico 159

1.4.1 Resumen de las investigaciones publicadas sobre los gráficos magnitud-frecuencia 159

1.4.2 Aspectos teóricos del tipo de gráfico magnitud-frecuencia usado en este trabajo 162

1.4.2.1 Teoría general 162

1.4.2.2 Programa MAGFRE 166

1.4.3 Análisis de la representatividad de los datos en los catálogos de las agencias internacionales 168

000013

1.4.4 Gráficos magnitud-frecuencia para las zonas sismogeneradoras que afectan a la región oriental de Cuba .. 175

1.4.4.1 Catálogo de terremotos utilizado. Representatividad de sus datos 175

1.4.4.2 Determinación de las magnitudes máximas de las diferentes zonas sismogeneradoras 180

1.4.4.3 Gráficos magnitud-frecuencia 184

1.4.4.4 Comparación del ajuste de los gráficos magnitud-frecuencia acumulitivos obtenidos con los que se obtienen mediante aproximación por línea recta 206

1.5 Preparación de la biblioteca de programas y del fichero de terremotos 210

1.5.1 Introducción 210

1.5.2 Ficheros de terremotos 212

1.5.2.1 Formato único para fichero de terremotos 212

1.5.2.2. Ficheros de terremotos disponibles 217

1.5.3 Biblioteca de programas 218

1.5.3.1 Consideraciones generales 218

1.5.3.2 Programas para transformar ficheros de terremotos a formato único 219

1.5.3.3 Programa REDUCE 225

1.5.3.4 Programa LISTCATA 228

1.5.3.5 Programa TABLA 229

1.5.3.6 Programa LIBERA 231

1.5.3.7 Programa ACTSIS 233

1.5.3.8 Programa DESNEFI 239

1.5.3.9 Programa PERFIL-H 241

1.5.3.10 Programa CLASITER 243

1.5.3.11 Programa EPICENTRO 244

1.5.3.12 Programa METMINCU 246

1.5.3.13 Programa LEØESPEC 249

1.5.3.14 Programa SACUDIDA 253

1.5.3.15 Programa MAGFRE 264

1.5.3.16 Programa ISOSISTA 268

000014

TOMO 2.-

Tarea 2: Características espectrales de las ondas P de los terremotos en la región suroriental de Cuba.

2.1 Introducción 27

2.2 Materiales y Métodos 27

2.3 Resultados y Discusión 27

Tarea 3: Atenuación de las ondas P de período corto en la región sur-oriental de Cuba.

3.1 Introducción 27

3.2 Materiales y Métodos 27

3.3 Resultados y Discusión 28

Tarea 4: Determinación de la estructura de la corteza bajo la estación RCC mediante el estudio de la función de transferencia de las ondas P.

4.1 Introducción 29

4.2 Materiales y Métodos 29

4.3 Resultados y Discusión 29

Tarea 5: Informe técnico del sismo de Pilón

5.1 Introducción 305

5.2 El terremoto principal y sus réplicas .....

5.2.1 Parámetros del terremoto principal y de sus dos réplicas mas fuertes determinados por las agencias internacionales .....

5.2.2 Análisis conjunto de los registros de las estaciones RCC y PLN .....

5.2.3 Región focal del terremoto principal y de sus réplicas .....

5.2.4 Composición espectral de las réplicas del terremto ..

5.3 Posible relación entre el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 y el de Pilón del 19 de febrero de 1976 32

5.4 Condiciones tectónicas de la región 32

000015

5.5 Mecanismos focales en la región suroriental de Cuba 331

5.6 Efectos macrosísmicos del terremoto del 19 de febrero de 1976 y de la actividad posterior 339

5.7 Discusión 349

5.8 Conclusiones 354

Tarea 6: Estudio de la relación de las principales características geologo-tectonico geofisicas con la sismicidad en la region del Caribe.

6.1 Introducción 356

6.2 Tectónica y sismicidad de la región del Caribe 358

6.3 Zonas de origen de terremotos (OT) en la región suroriental de Cuba 365

6.3.1 Introducción 365

6.3.2 Materiales utilizados 366

6.3.3 Delimitación de las zonas OT .....

6.4 Zonas OT del resto del territorio nacional 375

6.4.1 Introducción 375

6.4.2 Materiales utilizados y métodos de procesamiento ... 381a

6.4.3 Delimitación de las zonas OT 385

Tarea 7: Estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba.

7.1 Introducción 401

7.2 Metodología para la determinación de la peligrosidad sísmica en zonas activas 406

7.2.1 Métodos utilizados en diferentes partes del mundo ... 406

7.2.2 Método de determinación de la peligrosidad sísmica para la región oriental de Cuba 408

7.2.3 Programa SACUDIDA 410

7.3 Peligrosidad sísmica de la región oriental de Cuba 415

7.3.1 Consideraciones generales 415

7.3.3 Selección de la variante de zonas OT y de la fórmula de cálculo de $N_E(M)$ a utilizar en el cálculo de la sacudibilidad sísmica de Cuba Oriental .....

7.3.4 Sacudibilidad sísmica de Cuba Oriental 4

7.3.5 Estabilidad de los estimados de sacudibilidad 4

7.4 Peligrosidad sísmica para el resto del territorio nacional .....

7.4.1 Primera aproximación a la solución del problema. El mapa de intensidades sísmicas por datos históricos ....

7.4.2 Estimados preliminares de peligrosidad sísmica para las provincias de Camagüey y Ciego de Avila y para la región occidental .....

7.4.2.1 Provincias Camagüey y Ciego de Avila 4

7.4.2.2 Región Occidental 5

7.4.2.3 Discusión 5

7.4.3 Peligrosidad sísmica asociada a los nudos de lineamientos y otras zonas activas .....

7.4.3.1 Introducción .....

7.4.3.2 Gráficos intensidad-frecuencia para las zonas que han reportado actividad más fuerte (I≥6) .....

7.4.3.3 Modelo de isosistas para los diferentes nudos de lineamientos y zonas sismogeneradoras 5

7.4.3.4 Intensiddes sísmicas a esperar en los próximos 100 años 5

7.4.3.5 Intensidades sísmicas a esperar en los próximos 10000 años 5

7.4.3.6 Discusión 5

7.5 Mapas de regionalización sísmica de Cuba 5

7.5.1 Comparación de los resultados obtenidos en los epígrafes 7.3 y 7.4 5

7.5.2 Características de los mapas de regionalización 5

7.5.3 Limitaciones de los resultados obtenidos. Recomendaciones 5

100017

Tarea 1: ESTUDIO DE LA SISMICIDAD DE LA REGION DEL CARIBE.

1.1 Distribución espacio-temporal y por magnitudes de los terremotos.

1.1.1 Relación entre diferentes escalas de magnitud

1.1.1.1 Introducción

El estudio de la distribución espacio-temporal y por magnitudes de los terremotos requiere la uniformidad de las determinaciones de este último parámetro. No obstante, el uso de diferentes equipos y la aplicación de diversas escalas de magnitud hace necesario llegar a soluciones en forma de regresiones que permiten el paso de una escala a otra. Esta solución tiene la limitante de que las regresiones se obtienen en el rango energético de coincidencia de ambas escalas y se extrapolan a ambos lados de dicho rango.

Este tipo de regresión tiene un marcado carácter re-- gional (Buné, V.I., Golubeva, N.V., 1973), y para el área del Caribe había sido obtenida una relación entre M_{LH} y m_{pv} (Alvarez, L., Buné, V.I., 1977) sobre la base de 64 determinaciones simultáneas de ambas magnitudes por el método de - los mínimos cuadrados.

$$M_{LH} = (1.81 \pm 0.1)\ M_{pv} - (2.79 \pm 0,05) \qquad (1.1)$$

Posteriormente, T.G. Rautian determinó relaciones entre diferentes escalas de magnitud para esta región (Rautian, T.G., 1983). Entre las magnitudes m_{pv} y M_{LH} obtuvo, utilizando el método de regresión ortogonal, las fórmulas:

$$m_{pv} = 1.84 + 0.67\,M \qquad (M \leq 5.5) \qquad (1.2)$$

$$m_{pv} = 2.75 + 0.50\,M \qquad (M \geq 5.6) \qquad (1.3)$$

Para las magnitudes m_{pv} de las agencias internacionales y m determinada por la UWI (Trinidad obtuvo una relación general.

$$M_{pv} = M_{UWI} - \delta M \qquad (1.4)$$

donde δM toma los valores 0.8 (año 1967), 1.4 (ene/68 a feb/69) y 1.0 (mar/69 a dic/69).

Finalmente, para la K determinada por RCC y la m_{pv} de las agencias internacionales obtuvo la relación:

$$K = 2.6 + 2.25\,M_{pv} \qquad (1.5)$$

o

$$M_{pv} = 0.445\,K - 1.15 \qquad (1.6)$$

$$(M_{pv} \leq 5)$$

1.1.1.2 Relaciones obtenidas entre diferentes escalas de magnitud.

Se analizó una muestra de las determinaciones de magnitud por diferentes agencias y en diferentes escalas para los años 1964-1976, según los datos publicados en los boletines del ISC. Se prepararon series de valores (m_1, m_2) y se determinaron las regresiones correspondientes por el método de los mínimos cuadrados (M.C.) y el de regresión ortogonal (R.O.). Como variable X para el método de los mínimos cuadrados se usó siempre la magnitud que se determinaba con menor error.

Los resultados obtenidos fueron:

a) Relación entre las m_{pv} del CGS y el ISC para terremotos superficiales ($h \leq 70$ km) (555 puntos).

M.C $M_{pv}^{CGS} = (0.947 \pm 0.021) M_{pv}^{ISC} + (0.294 \pm 0.097)$ (1.7)

R.O $M_{pv}^{CGS} = 1.096\ M_{pv}^{ISC} - 0.31$ ($r = 0.894$) (1.8)

b) Relación entre las m_{pv} del CGS y el ISC para terremotos intermedios y profundos ($h > 70$ km) (521 puntos).

M.C $M_{pv}^{CGS} = (0.955 \pm 0.021) M_{pv}^{ISC} + (0.266 \pm 0.094)$ (1.9)

R.O $M_{pv}^{CGS} = 1.077\ M_{pv}^{ISC} - 0.28$ (1.10) $r = 0.887$

c) Relación entre M_{pv}^{ISC} y M_{LH}^{CGS} (83 puntos)

M.C. $M_{LH}^{CGS} = (1.664 \pm 0.098) M_{pv}^{ISC} - (3.522 \pm 0.485)$ (1.11)

($r = 0.881$)

R.O $M_{LH}^{CGS} = 2.035\ M_{pv}^{ISC} - 5.35$ (1.12)

d) Relación entre M_{pv}^{ISC} y M_{LH}^{MOS} (37 puntos)

M.C $M_{LH}^{MOS} = (1.332 \pm 0.195) M_{pv}^{ISC} - (1.622 \pm 1.087)$ (1.13)

($r = 0.748$)

R.O $M_{LH}^{MOS} = 2.108\ M_{pv}^{ISC} - 5.94$ (1.14)

La comparación de a y b indica que la relación entre las M_{pv} determinadas por el ISC y el CGS es practicamente independiente de la profundidad y que la dependencia funcional entre ambas determinaciones no refleja variaciones grandes, ya que para un amplio rango de las magnitudes la diferencia entre las mismas se encuentra practicamente dentro de los límites del error.

La comparación de c y d indica que cuando se aplica el método de los mínimos cuadrados aparece una diferencia apreciable entre las determinaciones de M_{LH}^{MOS} y M_{LH}^{C65}, no así cuando se aplica el método de regresión ortogonal. Las regresiones obtenidas por este método son bastante próximas a la (1.3).

Por otra parte, la regresión (1.1) es intermedia entre las (1.11) y (1.13), lo cual es explicable por el hecho de que para determinar la primera regresión se usaron valores medios de M_{LH}.

Como es sabido, el método de regresión ortogonal es más adecuado en aquellos casos en que el error en ambas variables sea comparable. Para el caso de las magnitudes M_{pv} y M_{LH} en el área del Caribe no se puede garantizar esto, ya que las determinaciones de M_{pv} se hacen sobre la base de muchas más observaciones que las de M_{LH}, situación que se hace extrema para valores pequeños de M_{LH}. Sin embargo, no se puede considerar que no haya error en la determinación de M_{pv}, como requiere el método de los mínimos cuadrados. Por tanto ninguna de las dos regresiones refleja realmente el fenómeno y la elección de una de ellas se hace en base al criterio subjetivo del interpretador.

En nuestro caso se decidió utilizar la regresión obtenida por mínimos cuadrados (fórmula 1.1) para valores medios de M_{LH} en todos los trabajos de sismicidad realizados.

Otra relación estudiada fue la de la clase energética K determinada por la estación RCC y la magnitud M_{pv} determinada por el CGS o el ISC. Para una muestra de 48 puntos se obtuvo la regresión

$$K = (1.5 \pm 0.3)\, M_{pv} + (5.4 \pm 1.4) \qquad (1.15)$$

con un coeficiente de correlación de 0.6. Este ajuste no puede considerarse bueno, y no se puede usar la fórmula (1.15) para transformar magnitudes aisladas. Sólo se considera apropiada

para convertir valores medios de intervalos. En la figura se representa la recta de regresión, así como los intervalos de confianza para la predicción de la media de K dada M_{pv}, y para la predicción inversa de M_{pv} dada K. (Mood, A.M.; Graybill, F.A., 1963).

1.1.2 Mapas de epicentros.

1.1.2.1 Mapa de epicentros de terremotos fuertes del área del Caribe.

Para la región comprendida entre los 4° y 29° de Latitud Norte y los 58° y 92° de Longitud Oeste fue confeccionado el mapa de epicentros de terremotos fuertes ($M \geq 6$) para el período 1904-1982 a escala 1.5000 000 (fig. 1.2).

1.1.2.2 Mapas de epicentros de Cuba y las regiones aledañas.

Para la región comprendida entre los 16° y 24° de Latitud Norte y los 71° y 81° de Longitud Oeste se confeccionó un mapa de epicentros para el período 1899-1980 a escala 1:3750 000 - (fig. 1.3) usando los datos de los catálogos internacionales de

)00022

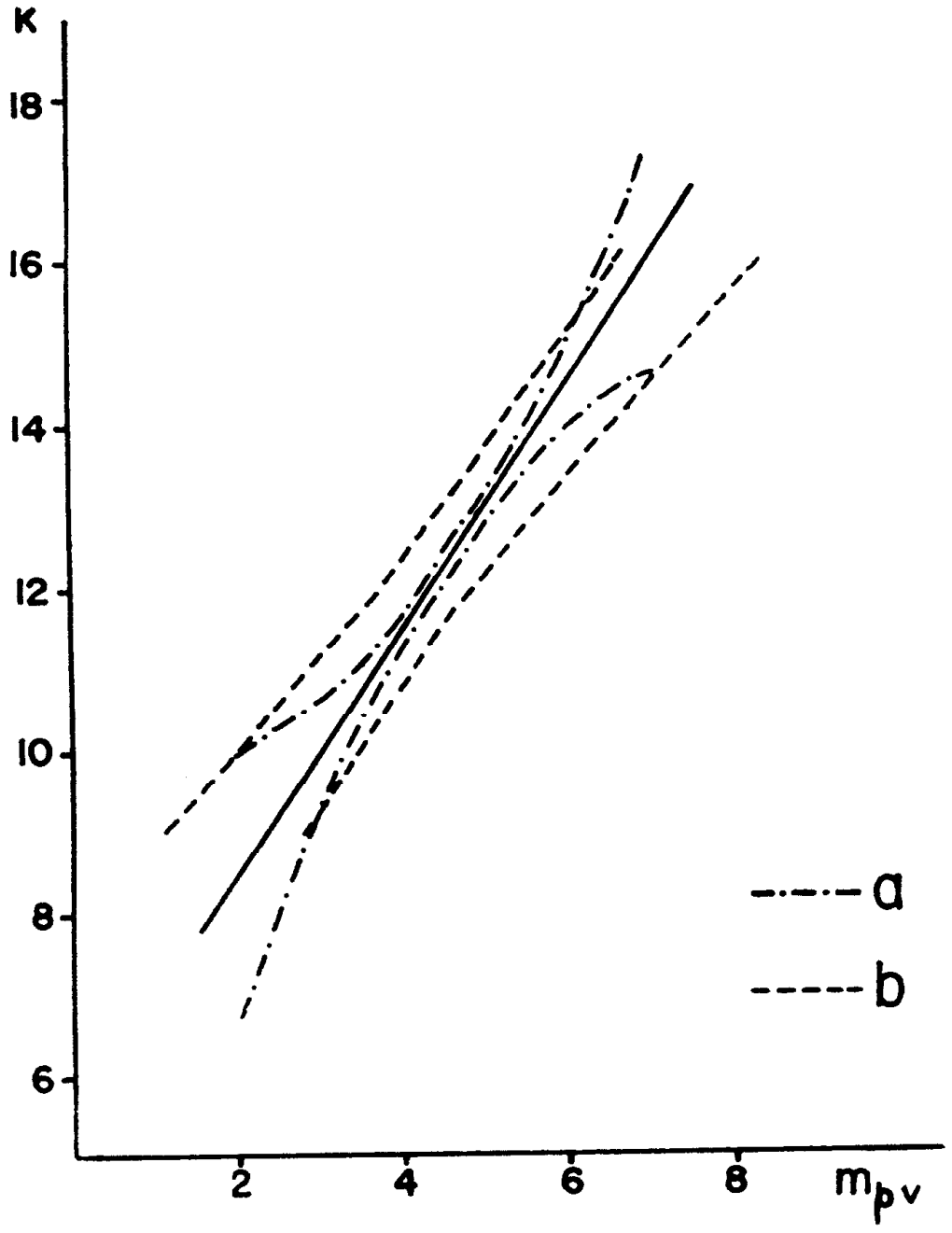


Fig 11. Relación entre la clase energética K y la magnitud m_{pv}

a) Intervalo de confianza (95%) para la predicción de la media de K dada m_{pv}

b) Intervalo de confianza (95%) para la predicción inversa de m_{pv} dada K

)00023

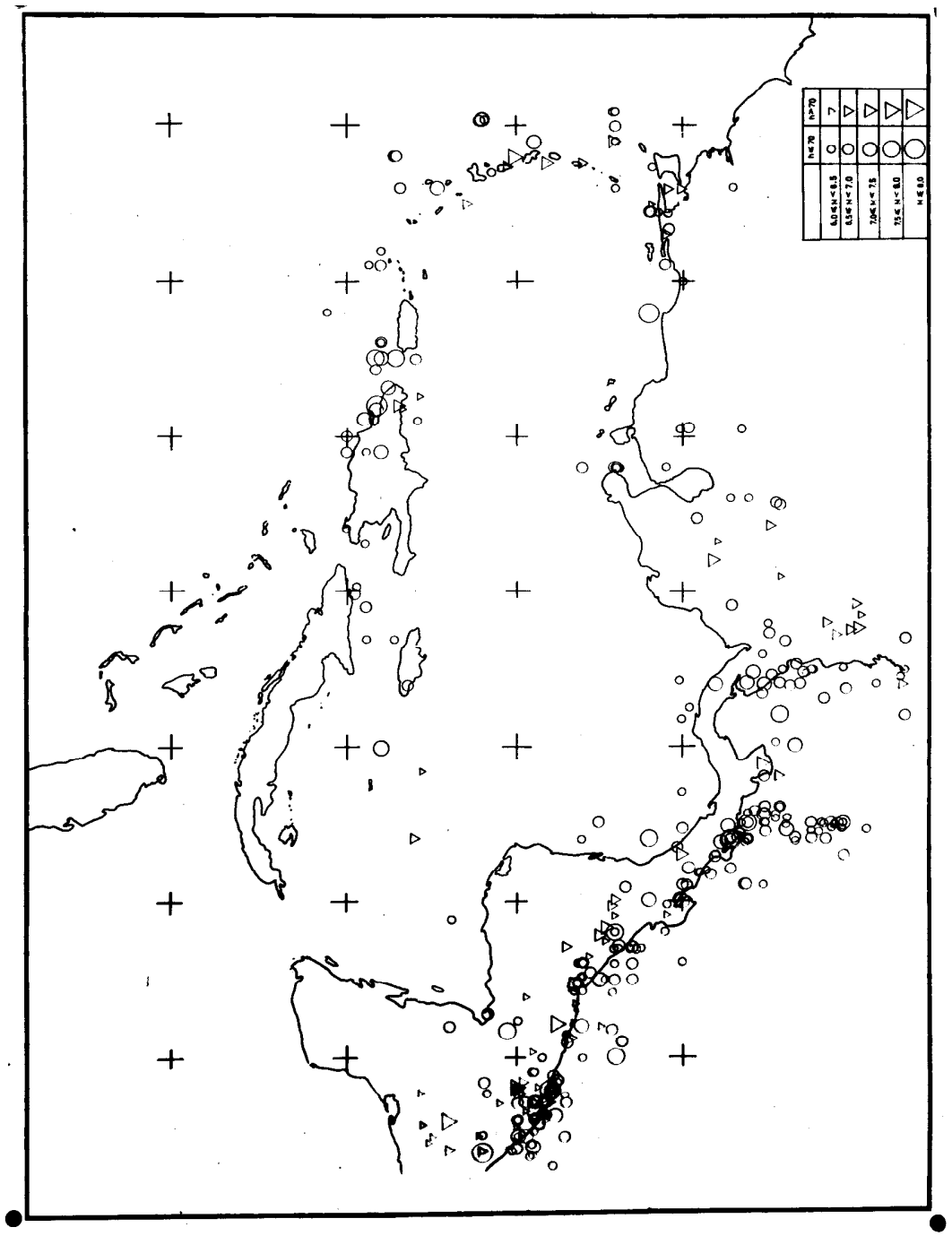


Fig 1.2 Mapa de epicentros instrumentales para la región del Caribe 1900 - 1983 (M ≥ 6)

100024

terremotos.

Para el territorio de Cuba se confeccionó un mapa de epicentros a escala 1:1000 000 que incluye los terremotos débiles registrados por estaciones temporales o permanentes en Cuba hasta 1981 así como los terremotos cuyos parámetros fueron estimados por datos macrosísmicos. Para la región suroriental se hizo una selección de los datos de la estación RCC y por ello sólo aparecen los casos con $K \geq 10$ (fig 1.3)

1.1.3 Mapas de densidad de epicentros.

La confección de mapas de densidad de epicentros es una forma cómoda de procesamiento de los datos sismológicos, fundamentalmente en las regiones donde los epicentros están concentrados.

De las múltiples variantes de confección de tales mapas, fue seleccionada la descrita en el trabajo (Kogan et al, 197), que se caracteriza por la división de la región en cuadrados elementales, el cálculo del número de terremotos dentro de cada uno de ellos, y la promediación de estos valores en una región cuadrada de dimensiones 3x3 cuadrados elementales, considerándose un peso doble para el cuadrado central. Para estos cálculos se preparó el programa DENEPI (ver 1.5). Se utilizó el catálogo del USCGS para el período 1904-1975 con un anexo del catálogo del ISC para el período 1976-1978.

Para la región comprendida entre los 3° y 25° de Latitud Norte, y los 56° y 94° de Longitud Oeste se confeccionaron 3 mapas de densidad de epicentros para los intervalos de profundidad 0-70 km, 70-150 km y 150-300 km. Las dimensiones de los cuadrados elementales se tomaron iguales a 0.2° x 0.2°.

En el mapa para el intervalo de profundidad 0-70 km -- (fig 1.4) se delimitan claramente diferentes secciones de las fronteras entre las placas, pero en otras secciones la densidad de epicentros es muy baja y no se pueden delimitar las zonas

sismogeneradoras. Las fronteras entre las placas Cocos-Caribe, Cocos y Sur América, Caribe y Norteamérica a partir del centro de la isla de La Hispaniola hasta Trinidad, y Caribe y Sur América en la región de la falla de Bocono hasta la ciudad de Bucaramanga se caracterizan por una densidad de epicentros elevada. Dentro de ellas se identifican sectores con una densidad muy alta que presentan un interés especial: Sur de Méjico-Guatemala Occidental, Bucaramanga, Golfo de Paria, frontera Panamá-Colombia y región al oeste de la isla de Guadalupe donde ocurrió un terremoto, con magnitud M_{LH}=7.2 en diciembre de 1969. La región de la frontera norte de la placa del Caribe desde Guatemala hasta La Hispaniola presentan valores muy bajos de densidad, fenómeno que también caracteriza las regiones de Panamá, Venezuela Norte Central y Colombia Norte.

Además se observan valores muy bajos de la densidad en diferentes zonas de interior de placas.

En el mapa para el intervalo de profundidades 70-150 km (fig 1.5) se delimitan claramente las fronteras entre las placas Cocos-Caribe, Nazca-Suramericana, y Caribe-Norte y Suramericana desde el centro de La Hispaniola hasta Trinidad. Dentro de ellas se destacan secciones con una densidad muy alta: al oeste de El Salvador, la isla de Martinica, y al norte de la península de Paria en Venezuela. Estas fronteras están algo desplazadas con relación a las correspondientes al intervalo de profundidad 0-70 km, lo que responde a la presencia de subducción. Para la frontera norte de la placa del Caribe desde Guatemala hasta La Hispaniola se observa una densidad muy baja, relacionada con eventos aislados. En Colombia se observa un fenómeno muy interesante: una densidad muy alta en la región de Bucaramanga y una zona longitudinal al oeste del lago Maracaibo.

El mapa para el intervalo de profundidades 150-300 km es más simple (fig 1.6). En él se delimitan las fronteras entre las placas:

000026

Fig 1.3 Mapa de epicentros de Cuba

Fig 1.4 Mapa de densidad de epicentros $h \leq 70$ Km

Fig 1.5 Idem $70 < h \leq 150$ Km

Fig 1.6 Idem $150 < h \leq 300$ Km

100027

Cocos-Caribe, y Caribe-Nor y Suramericana en la región de las Antillas Menores. Las fronteras estan desplazadas con relación a las 2 anteriores debido a la subducción. Los mayores valores de densidad se observan al oeste de Guatemala y en Martinica. Además, en la región de Bucaramanga se observan unos valores excesivamente altos, del orden de 20 veces lo observado en otras regiones con valores altos de densidad.

1.2 Determinación de mecanismos focales.

1.2.1 Mecanismos focales en el arco del Caribe.

El mecanismo focal de los terremotos en el arco del Caribe ha sido estudiado por numerosos autores. Algunos de ellos determinaron los planos nodales, otros las direcciones de los ejes P y T o de los fundamentales, en algunos casos aparecen determinaciones de todos estos parámetros y en los últimos tiempos han aparecido trabajos donde las soluciones de mecanismos focales se representan a través de la notación de Tsai-Aki (Tsai, Y.B.; Aki, K.; 1970). Los métodos de determinación de las soluciones empleados son muy variados y se han publicado soluciones tanto para terremotos aislados como para grupos de ellos.

En el presente trabajo fueron determinados los mecanismos focales de 27 terremotos de esta región utilizando el programa SØURCE confeccionado en el Instituto de Física de la Tierra de la Academia de Ciencias de la URSS.

La metodología que emplea dicho programa para obtener la solución máximo-verosímil del mecanismo focal aparece descrita detalladamente en los trabajos (Zhelankina y otros, 1973, Aptekman y otros, 1979). Por otra parte se realizó un barrido bibliográfico y fueron recopilados los datos de las soluciones obtenidas por otros autores. Independientemente de la forma en que éstos estuviesen expresados, en todos los casos se determinaron las direcciones de los planos nodales y de los ejes fundamentales.

En la tabla 4 aparecen los parámetros de los terremotos (o de los grupos de éstos) que fueron analizados. En la sección A) se presentan los casos tomados de la literatura, indicándose con un asterisco en el número de orden los eventos cuyos parámetros fueron redeterminados usando el programa SOURCE.

La sección B. corresponde a los casos en que se obtuvo la solución sólo por el programa SOURCE y en la sección C) apa-

Tabla 1.1

1) Terremotos en los cuales se han publicado soluciones de mecanismo focal.

No.	Fecha	Hora	Lat.N	Long.W	h	m_b	M_s
1	9/7/50	02 35 29	7.9	72.6			
2	9/7/56	09 56 13.7	20.01	72.98	100		6.4
3	12/9/57	00 28 02.2	16.96	85.63	12		6
4	2/10/57	12 27 54.2	10.94	62.80	0		6.63
5	4/10/57	05 26 07.2	10.92	62.81	32		6.75
6	8/2/59	01 33 57.0	15.25	61.26	140		6.63
7	31/5/60	11 02 20.0	17.72	61.63	27		6.63
8	8/1/62	01 00 22.7	18.40	70.40	32		6.5
9	20/4/62	05 47 55.3	20.6	72.2	25		
10	23/7/62	04 37 46.5	19.0	81.2	33		6
11	23/5/63	07 43 56.9	19.10	64.78	51	4.9	
12	14/7/63	05 41 43.0	10.44	62.74	20	5.5	
13	21/8/63	03 39 22.6	14.37	72.51	0	5.4	
14	18/1/64	22 36 17.6	18.66	69.38	106	5.3	
15	10/8/64	01 10 12.4	19.03	67.28	48	5.5	
16	20/8/64	08 37 47.1	14.87	60.49	79	5.5	
17	2/9/64	18 12 15.8	8.08	72.78	26	4.8	
18*	23/10/64	01 56 05.1	19.80	56.11	43	6.2	
19	22/12/64	08 01 12.6	18.42	68.73	117	5.6	
20	26/2/65	23 36 12.2	6.93	73.05	147	5.7	
21	19/7/65	04 13 21	9.25	70.44	31	5.3	
22*	23/3/66	05 11 32.6	16.77	85.87	33	5.1	
23	14/5/66	20 27 27.7	10.38	63.05	37	5.4	
24	15/7/66	07 59 58.8	16.99	61.49	66	5.3	
25	11/9/66	14 38 05.7	6.81	72.95	162	5.8	
26*	3/11/66	16 24 31.3	19.17	67.92	22	5.7	6
27	13/11/66	02 51 52.7	17.05	61.94	92	5.4	
28	4/1/67	20 15 57.2	10.88	62.51	78	5.4	6.2
29	9/2/67	15 24 47.9	2.92	74.94	60	6.3	6.75
30	6/5/57	14 00 39.3	19.26	69.96	23	5.3	
31*	29/7/67	10 24 24.7	6.84	73.09	100	5.9	6.0
32*	30/7/67	00 00 02.7	10.68	67.40	26	5.7	6.6
33	14/10/67	03 31 04.5	17.33	60.89	29	5.3	
34	8/11/67	03 10 52.0	16.9	85.9	15	5.4	

No.	Fecha	Hora	Lat.N	Long.W	h	m_b	M_s
35	21/12/67	11 37 24.5	7.[illegible]	72.06	29	5.4	
36*	24/12/67	20 [illegible]3 13.8	17.42	61.19	42	6.1	6.4
37	24/12/67	21 32 [illegible].3	17.61	[illegible].26	5	5.9	
38	19/3/68	02 19 12.7	15.06	[illegible]	55	5.1	
39	13/5/68	19 36 05.8	9.06	71.[illegible]	29	4.8	
40*	3/8/68	15 37 00.3	20.58	62.30	34	5.6	5.9
41*	20/9/68	06 00 03.3	10.76	62.70	10[illegible]	6.2	6.4
42	17/11/68	00 16 10.1	9.55	72.60	17[illegible]	5.7	6.63
43	25/2/69	07 39 02.0	15.3	87.4	24	5.[illegible]	
44*	15/5/69	20 43 33.2	16.75	61.79	57	5.7	
45	20/10/69	13 11 37.0	10.9	72.4	40	5.7	5.5
46	1/12/69	22 13 53.4	16.68	60.80	41	5.6	5.[illegible]
47*	25/12/69	21 32 27.3	15.79	59.64	1	6.4	7.[illegible]
[illegible]8	25/12/69	22 31 02.3	16.08	59.79	8	5.8	6.2
	26/12/69	08 46 15.2	15.79	59.56	12	5.2	
	29/12/69	00 51 47.2	16.18	59.74	33	5.6	5.9
[illegible]	7/1/70	07 56 11.1	15.86	59.78	25	5.5	5.2
52	27/1/70	09 27 44.5	7.49	72.09	3	5.6	
53	19/5/70	10 22 59.4	10.89	68.93	2	5.1	
54	13/9/71	04 18 01.5	17.95	69.73	42	5.7	
55	10/3/72	10 25 03.4	10.85	62.94	128	5.1	
56	11/4/72	11 56 55	19.09	80.74	19	4.7	
57	14/8/72	10 45 57.0	14.20	68.96	18	4.7	4.5
58	29/8/72	03 29 23.2	11.02	62.28	70	5.3	
59	22/3/73	14 00 43.5	15.34	61.29	156	5.1	
60	8/7/73	04 03 34.5	6.79	72.98	156	5.7	
	30/8/73	18 25 42.4	7.24	72.85	179	5.7	
	12/6/74	16 25 47.6	10.61	63.47	11	5.7	6.4
	7/9/74	19 40 52.2	15.10	60.63	58		5.7
	8/10/74	09 50 58.0	17.37	61.99	41	6.4	7.3
	5/4/75	09 34 36.6	10.1	69.6	36		
	15/4/75	09 47 43.6	9.42	61.47	52	5.3	4.9
[illegible]	[illegible]/8/75	01 05 14.5	10.75	62.65	111	5.1	
	[illegible]/9/75		2.7	71.4	44		
	4/2/76	09 01 47.2	15.27	89.25	5	5.8	7.5
	[illegible]/2/76	13 59 59.8	19.87	76.87	15	5.3	5.7

000031

No.	Fecha	Hora	Lat.N	Long.W	h	m_b	M_s
71	10/3/76	09 04 59.3	16.84	61.06	56	5.7	6.2
72	13/12/77	01 14 20.5	17.33	54.9	51	5.7	6.3
73	29/5/78	03 09 23.2	17.17	61.59	53	5.2	5.2
74*	6/12/78	13 28 35.8	17.44	54.83	11	5.4	5.7

B) Terremotos cuyos mecanismos no han sido publicados anteriormente y se determinaron en este trabajo.

No.	Fecha	Hora	Lat.N	Long.W	h	m_b	M_s
I	8/7/70	04 49 10.6	18.00	64.67	148	5.8	
II	11/6/71	12 56 02.7	18.02	69.79	35	6.0	6.4
III	19/9/72	01 36 48.1	19.55	70.22	0	5.8	6.0
IV	8/2/76	08 13 48.0	15.69	88.54	5	5.1	5.8
V	31/8/77	00 42 05.2	7.38	76.21	30	5.7	6.4
VI	14/1/79	19 20 31.5	6.77	73.00	175	5.0	3.3
VII	22/1/79	04 25 46.8	19.10	64.70	51	5.1	5.1
VIII	10/2/79	23 52 51.0	6.73	73.00	168	5.0	
IX	11/3/79	12 16 18.5	6.75	73.01	169	5.1	4.8
X	5/5/79	20 04 56.0	8.43	70.91	8	5.4	4.9
XI	5/5/79	20 08 40.3	8.48	70.99	34	5.2	4.2
XII	21/5/79	20 21 41.6	6.69	73.37	53	5.2	5.2
XIII	2/9/80	10 28 09.4	15.95	88.30	27	5.2	4.8

C) Grupos cuyos mecanismos complejos han sido publicados.

No.	Período	Cant. de terrem.	Lat.N Central	Long.W Central	Intervalo de profundidades	Intervalo de magnitudes
C-1	1957-1966	60	4	74	60-300	-
C-2	1957-1966	11	19	72	0-60	-
C-3	1957-1966	15	19	65	0-60	-
C-4	1957-1966	6	17	61	0-60	-
C-5	1957-1966	9	11	63	0-60	-
C-6	1968-1973	5	19.9	75.26	33-89	4.2-4.7 m_b
C-7	23-24/2 1976	2	19.84	77.15	10-17	4.2-4.3 m_b
C-8	1976(d)	64	14.8	90.7	2-22	2.2-3.4 M_l
C-9	1976(e)	56	14.5	90.5	2-22	2.2-3.4 M_l

No.	Período	Cant. de terrem.	Lat.N Central	Long.W Central	Intervalo de profundidades	Intervalo de magnitudes
C-10	1976(a)	113	14.75	91	2-22	2.2-3.4 M_l
C-11	1976(b)	132	14.75	90.75	2-22	2.2-3.4 M_l
C-12	1976(c)	99	15	89.7	2-22	2.2-3.4 M_l
C-13	6/1979	-	10.40	63.60	h<15	-
C-14	6/1979	-	10.45	63.60	h<15	-
C-15	7/1979	-	10.45	63.17	h<10	-
C-16	7/1979	-	10.50	63.25	h<15	-
C-17	1979-1980	26	18.71	64.65	30-50	2.0-3.5 M_l

TABLA 1: Parámetros de los terremotos o grupos de terremotos que se utilizaron en el trabajo. En la parte c, columna "Cantidad de terremotos", para los grupos desde el C-8 hasta el C-12 aparece el número de lecturas de primera llegada de la onda P utilizadas.

000038

recen los resultados para grupos de terremotos tomados de la literatura.

El citado programa SOURCE permite a partir de los datos del signo y tipo de la primera llegada de las ondas P o PKP obtener la solución máximo verosímil del mecanismo, además de la región en las que se encuentran las soluciones con una confiabilidad igual o mayor que el 85%.

En la versión original del programa éstos resultados se representan en la semiesfera superior. Debido a que la inmensa mayoría de los resultados de mecanismo focal que se publican actualmente se representan en la semiesfera inferior se realizó una modificación del mismo para obtener los resultados en dicha semiesfera.

Con este programa fueron procesados los datos de 47 terremotos del arco del Caribe. Los mismos fueron tomados de los boletines del ISC. (ISC, 1964-1980) y a partir de lecturas directas de sismogramas de estaciones de Cuba y Nicaragua. Teniendo en cuenta que en los boletines no siempre se encuentran estimaciones confiables del signo de la primera llegada de las ondas P o PKP, cada mecanismo fue determinado dos veces, la primera vez considerando todos los datos (iP, P, eP) y la segunda vez considerando sólo los datos de determinaciones de tipo i. Cuando el resultado de ambas determinaciones era divergente fue eliminado el terremoto correspondiente. De tal forma del grupo original de 47 quedaron sólo 27 casos. En la tabla 2 aparecen los parámetros obtenidos para esos mecanismos focales. El criterio utilizado para la determinación de la calidad se basa en la correspondencia entre ambas determinaciones y las dimensiones de las regiones del 85% de confiabilidad.

A - buena correspondencia, regiones pequeñas
B_- - buena correspondencia, regiones grandes
B_+ - correspondencia regular, regiones pequeñas
B - buena correspondencia, regiones de dimensiones intermedias
C - correspondencia regular, regiones grandes

No	Cantidad de signos	Calidad	Eje X Azim.	Eje X Buza.	Eje Y Azim.	Eje Y Buza.	Eje Z Azim.	Eje Z Buza.	Eje P Azim.	Eje P Buza.	Eje T Azim.	Eje T Buza.	Plano X Rumbo	Plano X Buza.	Plano Y Rumbo	Plano Y Buza.
18	45	B*	310	21	175	60	47	17	144	21	284	60	40	69 YV	265	30 SE NW
22	37	C	214	27	44	60	305	4	37	17	205	69	304	63 SV	134	30 YZ SW
26	87	A	226	12	101	65	319	15	58	30	209	52	316	78 SV	191	25 SE NW
31	107	A	150	16	24	63	246	21	347	25	123	56	240	74 SZ	114	27 YE SW
32	72	A	233	15	324	6	75	74	279	14	188	6	323	75 SV	54	84 YV SE
36	98	B*	246	16	149	22	8	62	107	55	199	27	336	74 SV	239	68 SE NW
40	59	B+	192	20	96	17	328	63	144	27	235	2	282	70 SV	183	13 SZ NW
41	144	B*	331	5	235	47	65	41	181	27	297	35	61	85 YV	325	43 SV NE
44	114	B**	51	61	285	14	192	16	93	27	304	52	141	29 YZ	15	76 YV SE
47	95	A	61	6	204	83	330	4	66	51	237	39	151	84 YZ	294	7 SV NE
61	129	B*	220	47	102	24	355	35	256	13	147	53	310	43 SV	192	66 SZ NW
64	204	A	167	28	338	62	75	4	177	72	344	17	257	62 SZ	68	28 YV SE
70	37	B*	256	10	143	62	350	22	93	30	233	49	346	80 SV	233	28 SV NW
74	87	B*	134	19	20	49	237	34	339	17	94	50	224	71 SZ	110	41 YZ SW
I	162	B**	341	19	149	69	250	3	346	62	158	26	71	71 YV	239	21 SE NW
II	75	B+	337	5	73	45	242	45	15	34	123	26	67	85 YV	163	45 YE SW
III	81	C	269	27	118	59	5	15	99	16	241	68	359	63 SV	208	31 YE NW
IV	38	B**	206	29	310	24	73	51	259	38	167	3	269	61 SV	40	66 YV SE
V	101	B**	287	36	67	46	181	20	339	68	89	6	37	54 YV	157	44 YV SW
VI	45	B**	205	67	94	8	1	20	258	34	115	48	295	23 SV	184	72 SZ NW
VII	29	B**	344	47	85	11	185	41	47	40	296	23	74	43 YV	175	79 YE SW
VIII	28	B**	181	38	40	44	286	20	17	3	132	67	271	42 SV	130	46 YE SW
IX	109	B**	275	49	166	14	67	34	322	21	199	45	5	41 YV	256	76 SZ NW
X	94	B*	154	12	278	68	60	17	174	54	320	30	244	78 SZ	8	22 YV SE
XI	59	C	4	52	243	22	139	30	38	17	289	56	94	38 YZ	333	68 SV NE
XII	44	B*	17	44	109	2	201	44	75	31	322	28	107	46 YZ	199	88 SE NW
XIII	41	B*	181	19	334	67	88	9	195	62	354	25	271	71 SV	64	23 YV SE

Tabla 2 Soluciones máximo verosímiles del mecanismo focal de diferentes terremotos obtenidas con el programa SOURCE

66033

En las figuras 1-16 se muestran las representaciones en la red de Wulf de las soluciones máximo-verosímiles de los ejes y planos nodales, así como regiones del 85% de confiabilidad de los primeros.

A partir de los datos publicados por otros autores y los obtenidos por nosotros fue confeccionada una tabla resumen donde se muestran todos los valores de los parámetros de los ejes P y T de los mecanismos focales con indicación de la fuente de que fueron tomados (directamente u obtenidos a partir de los datos publicados). Para muchos terremotos sólo existe una determinación de su mecanismo, para otros existen más (Tabla 3).

En los casos de varias soluciones para un mismo terremoto, por lo general éstas se diferencian entre sí, algunas veces bastante poco, pero en otros casos las soluciones son totalmente contradictorias. Como se ve de la tabla 3, se encuentran en este caso 33 terremotos. Para el análisis de este material fue necesario unificar las determinaciones con vistas a obtener soluciones únicas para cada terremoto.

Los criterios empleados para la unificación fueron:

- Cuando todas las determinaciones se encontraban dentro del área (o muy próximas) del 85% de confiabilidad de la solución obtenida con el programa SØURCE, se tomó esta solución como media con calidad 1.
- Caso similar al anterior, pero exceptuando una de las determinaciones. Se tomó la solución del programa SOURCE con calidad 2.
- Cuando todas las determinaciones se encontraban muy próximas entre sí, se determinaron los ejes ortogonales medios $\bar{P}$, $\bar{T}$ como solución con calidad 1.
- Cuando todas las determinaciones para uno de los ejes se encontraban muy próximas y para el otro algo alejada, se determinaron los ejes $\bar{P}$, $\bar{T}$ como solución con calidad 2.

Fig 1.16 Soluciones en la red de Wulf para 27 terremotos. Las áreas sombreadas representan la región de confianza para cada eje. Los números corresponden a la tabla 1.2

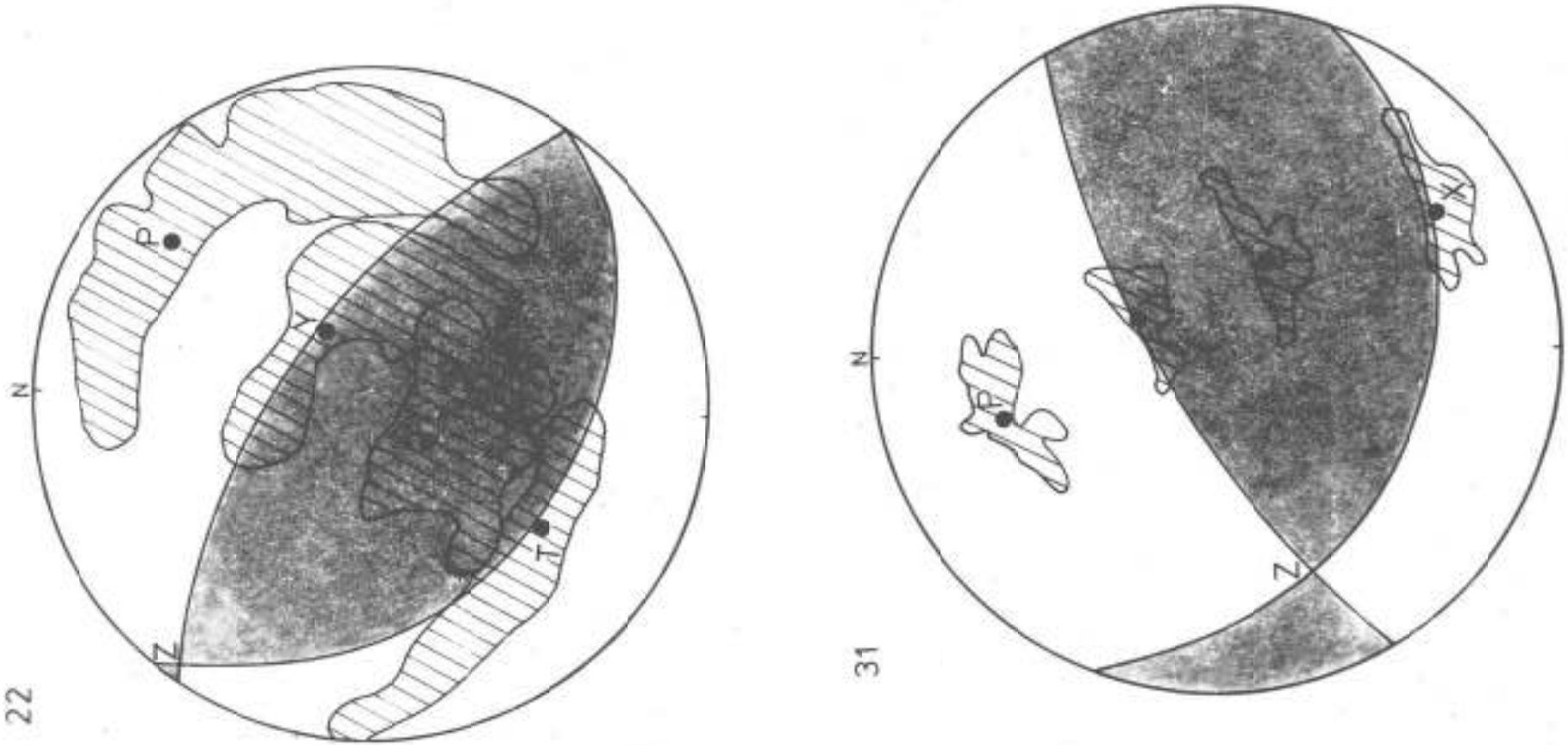
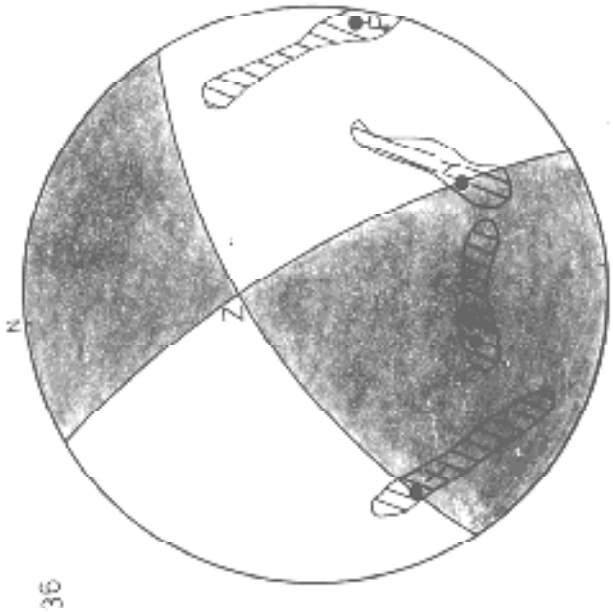
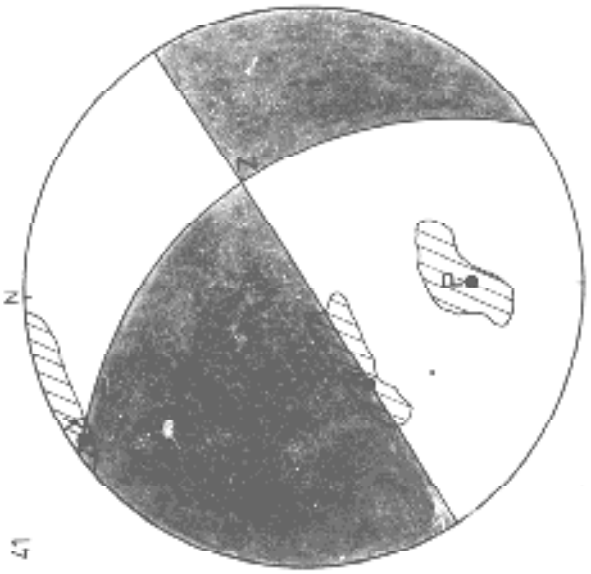
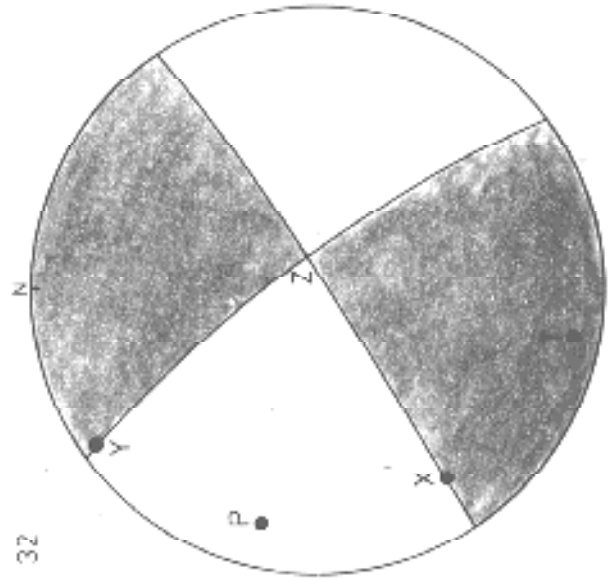


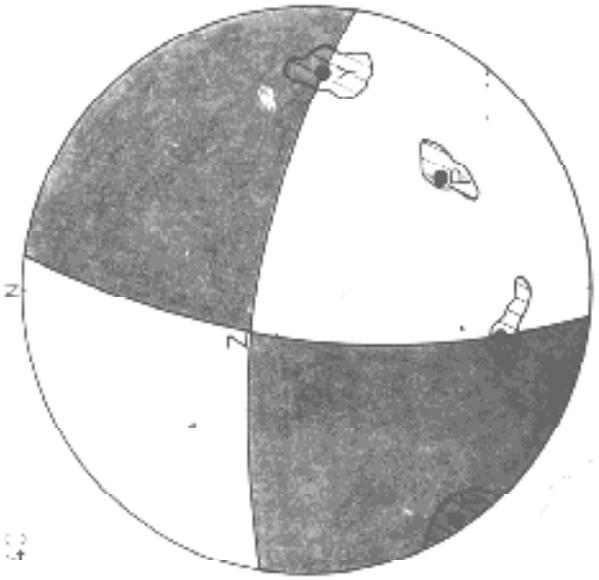
Fig 1.16 Soluciones en la red de Wulf para 27 terremotos
Las áreas sombreadas representan la región de convergencia
para cada eje - Los números corresponden a la tabla 1-2

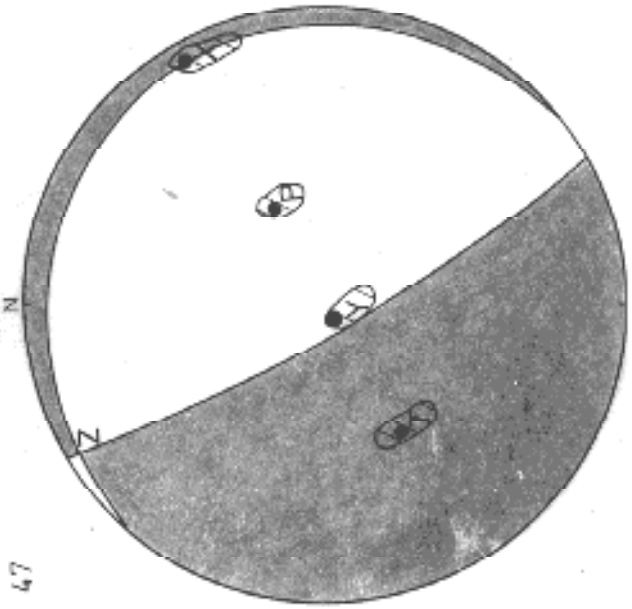
)00038

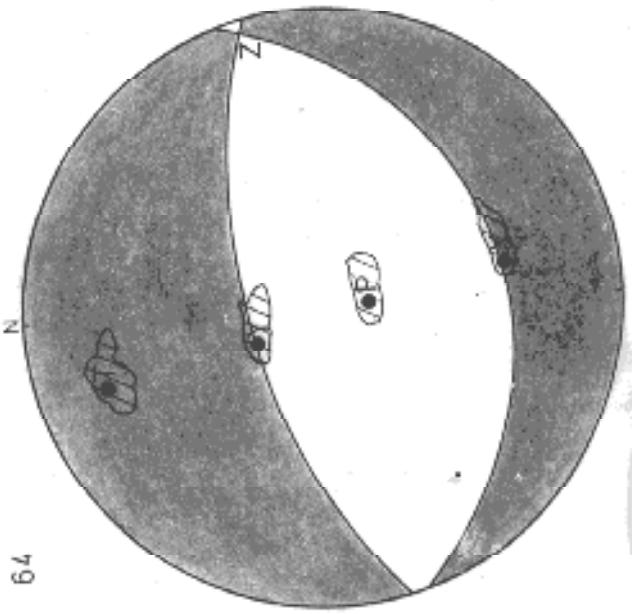


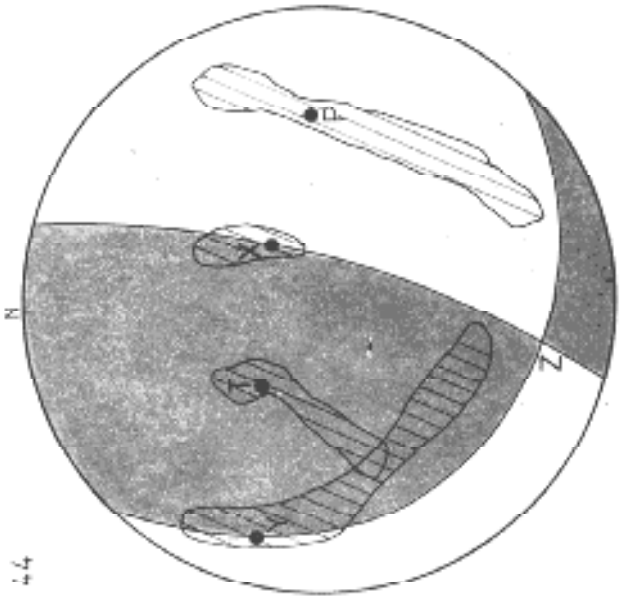


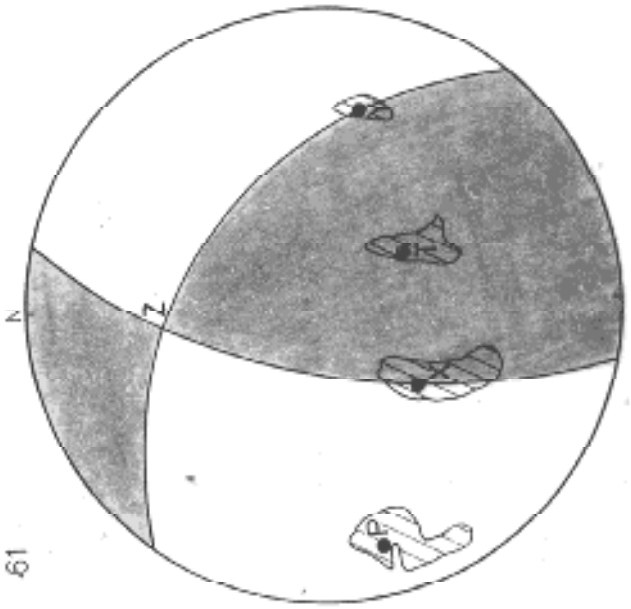












000039

000040

00041

)00042

300043

tabla 1.3

No.	Puente	Calidad	EJE P		EJE T	
			Asim.	Dusa.	Asim.	Dusa.
1	WH-154	B	223	16	128	17
2	WH-419 *	C	295	4	204	25
3	MS-103	C	30	0	120	0
4	MS-117	C	127	7	35	7
5	WH-469	B	176	37	36	45
6	WH-500	C	210	5	119	19
	SEW-2	A	244	26	340	4
7	MS-109	C	90	25	270	65
8	WH-570	C	210	5	119	19
9	MS-104	B	176	7	74	57
	WH-578	B	185	24	351	65
	SB-1	-	2	0	270	83
10	MS-101	A	213	7	306	7
	WH-589	C	46	3	137	4
	SB-2	-	35	16	297	24
11	MS-108	C	98	55	278	35
12	MS-115	A	309	43	218	2
13	MS-127	C	45	0	135	0
	KW-*	C	35	0	215	90
14	MS-111	C	248	15	68	75
15	MS-107	B	68	51	268	38
16	MS-110	C	68	72	279	34
	BS-1	-	153	21	280	74
17	D-2	B	239	6	329	6
18	MS-128	A	163	4	258	54
	HK-3	A	165	3	256	31
	SEW-3		358	4	263	46
	*		144	21	284	60
19	MS-112	A	23	0	107	69
20	MS-125	A	240	40	126	23
21	KW-8	A	96	46	5	1
	D-3	A	100	1	10	12
22	MS-102	C	204	7	295	7
	*		37	17	205	69
23	MS-116	C	137	20	230	7
24	BS-2	-	85	9	291	68
25	MS-124	A	270	2	3	42
	D-4	A	270	4	5	46
26	MS-106	A	66	37	246	53
	KW-2	A	80	15	260	75
	*		58	30	209	52

No.	Fuente	Calidad	EJE P		EJE T	
			Azim.	Buza.	Azim.	Buza.
27	SEW-4		230	52	48	32
28	MS-119	C	29	4	297	54
29	MS-123	A	270	6	4	27
	P-29		264	16	4	17
30	MS-105	C	71	34	251	56
31	MS-126	A	257	29	130	47
	D-5	A	248	33	116	46
	AL-1		291	24	157	60
	*		347	25	123	56
32	MS-114	B	137	3	218	4
	R		304	9	35	5
	AL-2a,b		125	4	215	4
	*		279	14	188	6
33	BS-4		146	2	237	34
34	DD-65		164	30	277	30
35	KW-5		96	46	5	1
	D-6		102	2	11	18
36	SEW-5	C	58	52	226	39
	BS-5		321	18	227	11
	*		144	27	235	2
37	SEW-6	C	37	44	214	48
	BS-6		352	53	118	24
38	BS-7		75	22	211	62
39	KW-7		97	56	357	7
	D-7		298	12	183	62
40	SS		299	10	119	80
	*		144	27	235	2
41	NJ-1	C	173	40	352	50
	PA-8		158	47	344	54
	*		181	27	297	35
42	D-8		42	5	133	34
	P-42		18	25	138	54
43	DD-51		205	20	316	44
44	SEW-7		72	26	270	64
	BS-8		90	21	320	65
	*		93	27	304	52
45	R-39		34	54	282	7
46	BS-9		232	16	141	3
47	SEW-8		66	60	262	30
	BS-10		149	22	245	14
	*		66	51	237	39

No.	Fuente	Calidad	EJE P		EJE T	
			Asim.	Dusa.	Asim.	Dusa.
48	SEW-9		323	10	66	20
	BS-11		318	3	226	31
49	SEW-10		160	23	252	5
	BS-12		151	39	60	2
50	SEW-11		90	71	270	19
	BS-13		266	29	174	4
51	SEW-12	C	48	35	207	55
	BS-14		129	6	220	14
52	KW-6		97	56	357	7
	D-9		89	21	272	69
53	KW-4		242	16	138	38
	D-10		33	0	302	50
54	KW-1		9	15	100	73
55	NJ-2		208	36	114	5
56	LA-4	B	28	14	122	13
57	KW-3		130	14	34	14
58	NJ-3		224	4	132	29
59	BS-15		92	75	271	17
60	P-47		275	4	6	37
61	P-43		250	30	114	54
	*		256	13	147	53
62	NJ-4	C	141	15	234	11
	PA-7		184	42	93	3
63	BS-16		48	4	145	58
64	MDNH		206	61	318	11
	SEW-13		160	77	340	13
	BS-17		170	75	271	17
	*		177	72	344	17
65	P-36		338	0	68	14
66	NJ-5	C	132	28	224	2
67	NJ-6	C	210	25	117	4
68	P-30		90	0	0	0
69	KS		202	4	292	4
70	LA-1		40	4	310	11
	*		93	30	233	49
71	SEW-14	C	340	37	174	52
72	SEW-15		343	23	136	66
73	SEW-16		138	56	250	15
74	SEW-17		339	25	114	61
	*		339	17	94	50

No.	Fuente	Calidad	EJE P		EJE T	
			Azim.	Buza.	Azim.	Buza.
C-1	M-M14		336	31	174	68
C-2	M-A18		43	8	140	40
C-3	M-A17		206	4	114	29
C-4	M-A16		303	52	210	2
C-5	M-A15		330	5	235	40
C-6	LA-3		198	8	102	40
C-7	LA-2		258	69	26	13
C-8	LB-d		36	6	128	21
C-9	LB-c		36	66	271	15
C-10	LB-a		346	63	131	23
C-11	LB-b		218	6	110	6
C-12	LB-e		287	7	197	7
C-13	PA-4		201	18	291	4
C-14	PA-3		310	3	40	12
C-15	PA-2		249	45	47	45
C-16	PA-1		121	32	15	24
C-17	AF		54	19	300	50

TABLA 1 Parámetros de los ejes P y T tomados directamente u obtenidos mediante procesamiento de los mecanismos focales publicados. Las claves que aparecen en la columna "Fuente" corresponden a:

WK- (Wickens, A.J.; Hodgson, J.H.; 1967)
MS- (Molnar, P., Sykes, L.R.; 1969)
SEW- (Stein, S.; Engeln, J.F.; Wiens, D.A.; 1982)
SB- (Stauder, W.; Bollinger, G.A.; 1964)
KW- (Kafka, A.L.; Weidner, D.J.; 1979, 1981)
BS- (Bonneton, J.R.; Scheidegger, A.E.; 1981)
D- (Dewey, J.W.; 1972)
HK- (Hgui -Lin; [illegible]; M.; 1980)
P- (Pennington, W.P.; 1981)
AL- (Avendaño León, J.R.; 1982)
R- (Rial, J.A.; 1978)
DD- (Deen, B.W.; Drake, Ch.L.; 1978)
SS- (Sykes, L.R.; Sbar, M.L.; 1974)
MJ- (John, M.; 1981)
PA- (Pérez, O.J.; Aggarwal, Y.P.; 1981)

000047

LA- (Alvarez, L. y otros, 1984)
MMH- (Mc Cann, W.R. y otros, 1982)
KS- (Kanamori, H.K.; Stewart, G.S.; 1978)
M- (Mendiguren, J.A.; 1966)
LB- (Langer, C.J.; Bollinger, G.A.; 1979)
AF- (Frankel, A.; 1982)

- Cuando todas las determinaciones estaban algo alejadas se determinaron los ejes $\bar{P}, \bar{T}$ como solución con calidad 3.
- Cuando resultó imposible determinar los ejes medios $\bar{P}, \bar{T}$ debido a la gran dispersión de las diferentes determinaciones, se tomaron los parámetros de los ejes P y T de una sola de estas determinaciones teniendo en cuenta la cantidad de datos utilizado para cada autor y la metodología empleada.

En la tabla 1.4 se presentan las determinaciones medias de los parámetros de los ejes $\bar{P}$ y $\bar{T}$ obtenidas.

Adicionalmente fueron calculados los mecanismos focales de 17 terremotos usando la metodología desarrollada por (Klima, K.; Ruprechtova, L. 1981). En la tabla 5 se presentan los parámetros obtenidos. En este caso, el procesamiento fue realizado con un programa confeccionado para una minicomputadora del Instituto de Geofísica de la Academia de Ciencias de Checoslovaquia. Estos resultados no se utilizaron en el procesamiento conjunto de los datos regionales de mecanismo focal.

1.2.2 Comportamiento regional de la distribución de los ejes P y T de los mecanismos focales.

Los terremotos de la tabla 1.1 no se encuentran distribuídos uniformemente en la región; los mismos se concentran en diferentes zonas del arco del Caribe. Considerando el carácter de esta distribución y las características tectónicas fundamentales de la región fueron delimitadas 10 zonas para el análisis de la distribución de los ejes P y T de los mecanismos focales.

En la figura 1.17 se presentan estas zonas y 6 epicentros de terremotos no incluídos en ninguna de ellas.

La distribución de los epicentros dentro de ellas se presenta de forma detallada en la fig. 1.18, donde se emplearon diferentes signos convencionales para mecanismos correspondientes a los diferentes clases en que se clasificaron los terremotos en la tabla 1.1

No.	Decisión	Calidad	Eje P		Eje T		Eje más confiabl
			Azim.	Buza	Azim.	Buza	
6	*	1	232	22	140	12	
9	*	1	28	80	181	10	
10	*	1	38	4	308	13	
13	MS - 127	4	45	0	135	0	
16	*	3	144	28	280	54	T
18	S	1	144	21	284	60	
21	*	1	109	18	7	6	
22	*	3	28	6	294	39	T
25	*	1	270	3	4	44	
26	S	1	58	30	209	52	
29	*	1	269	11	4	22	
31	*	2	226	30	123	56	T
32	*	1	302	4	212	5	
35	*	1	102	28	8	10	
36	*	3	112	25	212	28	T
37	*	3	18	54	162	33	P
39	KW - 7	4	97	56	357	7	
40	S	4	144	27	235	2	
41	S	1	181	27	297	35	
42	*	1	30	18	136	44	
44	S	1	93	27	304	52	
47	S	2	66	51	237	39	T
48	*	3	320	7	230	10	P
49	*	1	156	30	248	3	
50	SEW-11	4	266	29	174	4	
51	*	3	111	20	214	32	T
52	KW - 6	4	97	56	357	7	
53	*	3	116	68	224	8	P
61	S	1	256	13	147	53	
62	*	3	162	31	256	7	P
64	S	2	177	72	344	17	P
70	*	3	54	25	300	44	-
74	S	1	339	17	94	50	

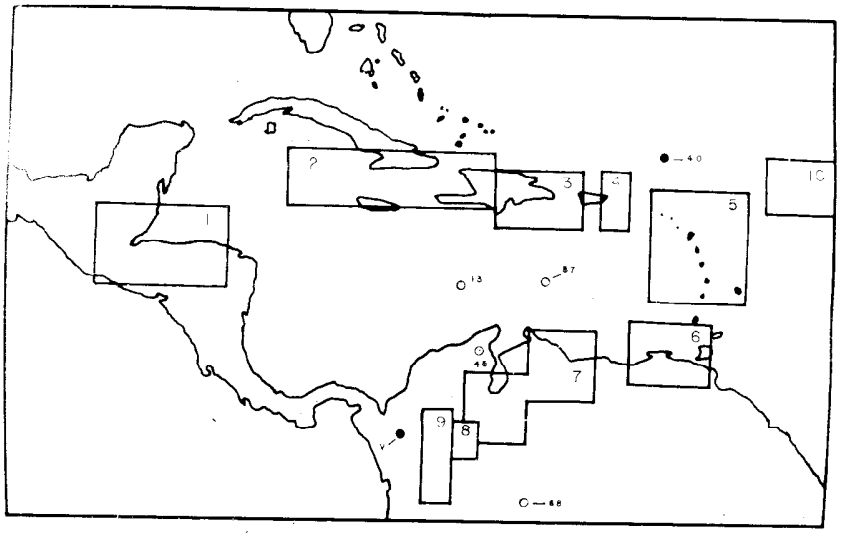
Tabla 4 Soluciones promedio para los ejes P y T ($\bar{P}$, $\bar{T}$). En la columna decisión aparecen los símbolos: (*) - determinación media, (S) - solución dada por el programa SOURCE, (clave) - corresponde a las indicadas en el pie de la Tabla 3

000950

			Eje X		Eje Y		Eje Z		Eje P		Eje T	
HA	HORA	Lat. Lon. h	Buza.	Azim.	Buza.	Azim.	Buza.	Azim.	Buza.	Azim.	Buza.	Azim.
6/71	12 56 02.7	18.02 69.79 35	74.9	180	15	0	0	270	60	0	30	180
6/71	15 47 35.0	19.02 68.03 51	68	195	21.9	15	0	285	66.9	15	23.1	195
9/73	04 18 01.5	17.95 69.73 42	14.2	244.4	4.7	153.1	75	45	6.7	289.5	13.4	198
9/72	01 36 48.1	19.55 70.22 33	19.9	270	70.1	90	0	180	25.1	90	64.9	270
8/73	15 44 26.9	19.97 73.05 24	62.5	226	22.5	8.6	15	105	63.8	342	20.9	200.9
1/74	16 52 43.4	18.82 69.34 82	18.5	345	71.5	165	0	255	26.5	165	63.5	345
1/78	03 04 26.9	18.65 73.39 13	55.6	278.1	30.1	66.1	15	165	69.8	28.3	13.2	258.6
10/76	00 09 44.3	19.77 75.5 33	38.0	203.6	20.3	96.7	45	345	10.9	243.9	42.9	143.5
2/76	13 59 59	19.85 76.87 10	9.9	100.1	43.3	200	45	6	37.3	139.7	21.3	247
2/76	11 28 34.2	19.75 77.25 37	55.5	138.1	5.2	237	30	330	42.3	208.3	33	82
11/78	07 43 18.0	19.85 76.02 0	37.2	199.1	308.4 ↔ 72.2		30	315	0.7	45.4	60	0.4
2/80	20 38 50.2	19.56 75.56 53	2.2	158.4	18.8	249	75	60	12	202.8	8.8	294.7
4/71	17 40 50.8	17.02 85.32 6	5.5	48.2	59.4	147.6	30	315	42.6	77	32.7	203.2
9/71	13 19 32.4	17.96 81.66 0	59.9	159.6	2.3	253.7	30	345	39.8	226.2	35.7	99.5
3/75	01 13 53.0	16.39 86.88 33	19.8	24.5	64.8	244.6	15	120	23.6	216.7	61.6	0.4
9/76	09 52 33.8	18.9 80.65 50	0	2.9	0	272.7	90	0	0	227.9	0	137.9
6/81	18 34 23.6	16.72 86.11 33	6	158.3	13.7	249.8	75	45	14	203.4	5.3	294.7

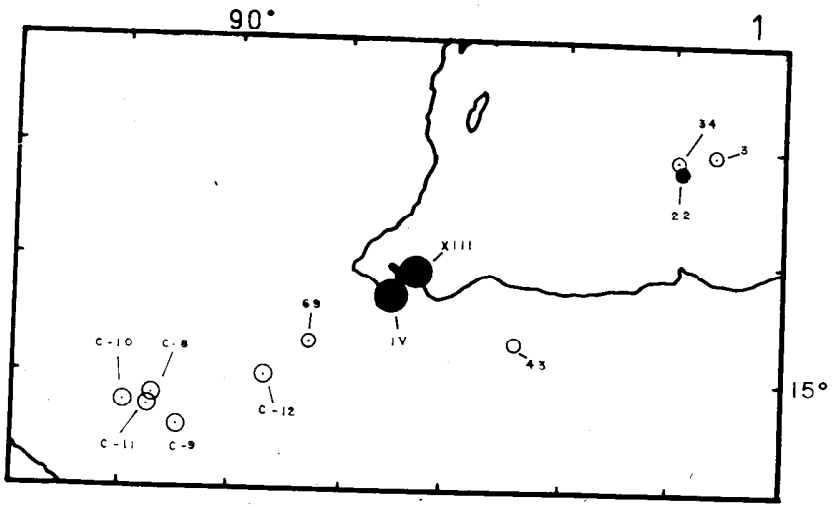
LA 1.5 Mecanismos focales calculados por la metodología de Klima y Ruprechtova

Fig 1.17 Zonas en que se analiza la distribución espacial de los eventos P y t. Se señalan algunos eventos no incluidos en el análisis - Los números corresponden a la tabla 1-1



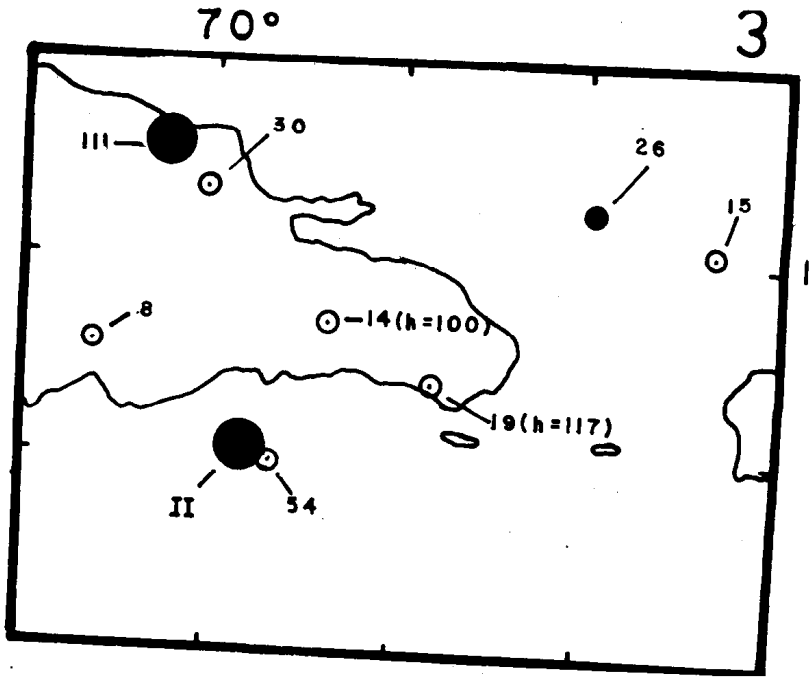
1.17

Fig 1.18 Ubicación dentro de cada zona de los epicentros de los terremotos usados en el análisis - Los números corresponden a la tabla 1-1

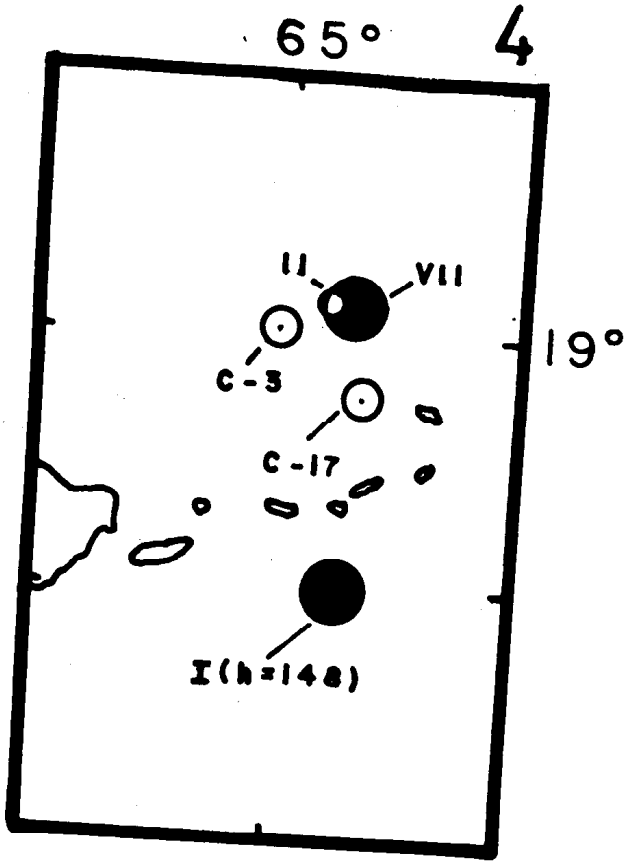


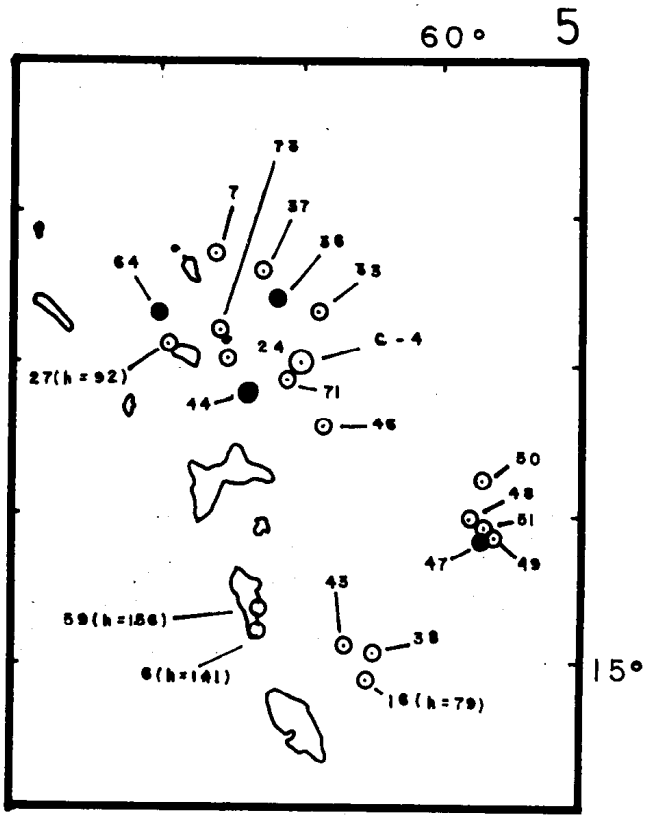
1.18

00052

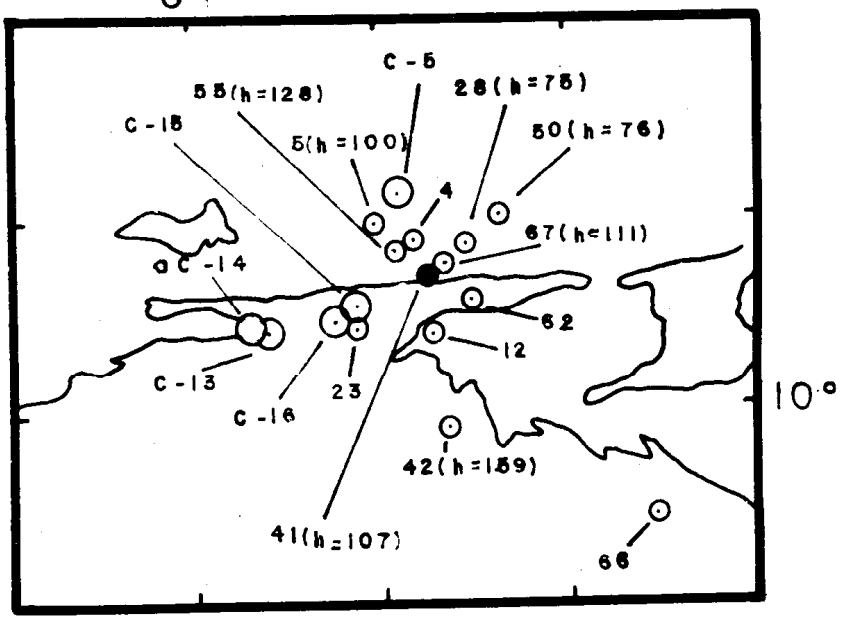

70°
3
19
111
30
26
15
8
14(h=100)
19(h=117)
II
34

1.18

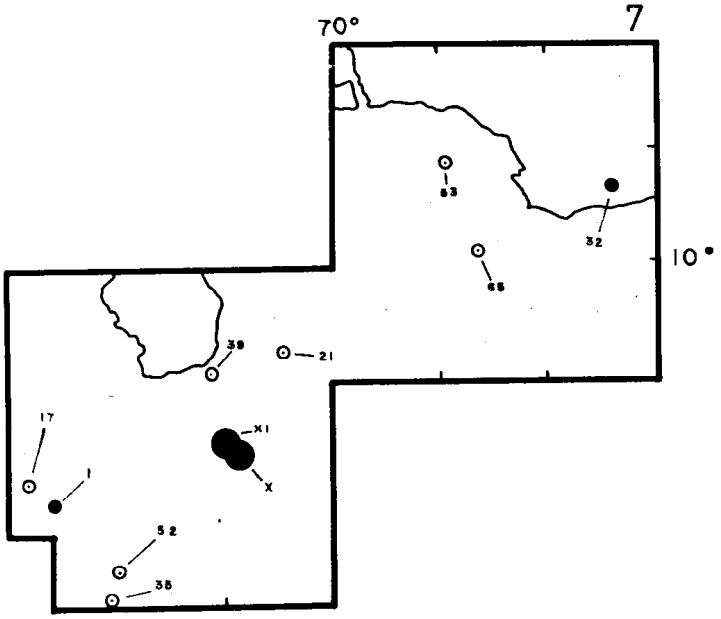

65°
4
19°
II
VII
C-3
C-17
I(h=148)


60°
5
15°
73
7
37
36
33
64
24
C-4
27(h=92)
44
71
46
50
48
51
47
49
43
38
59(h=156)
6(h=141)
16(h=79)

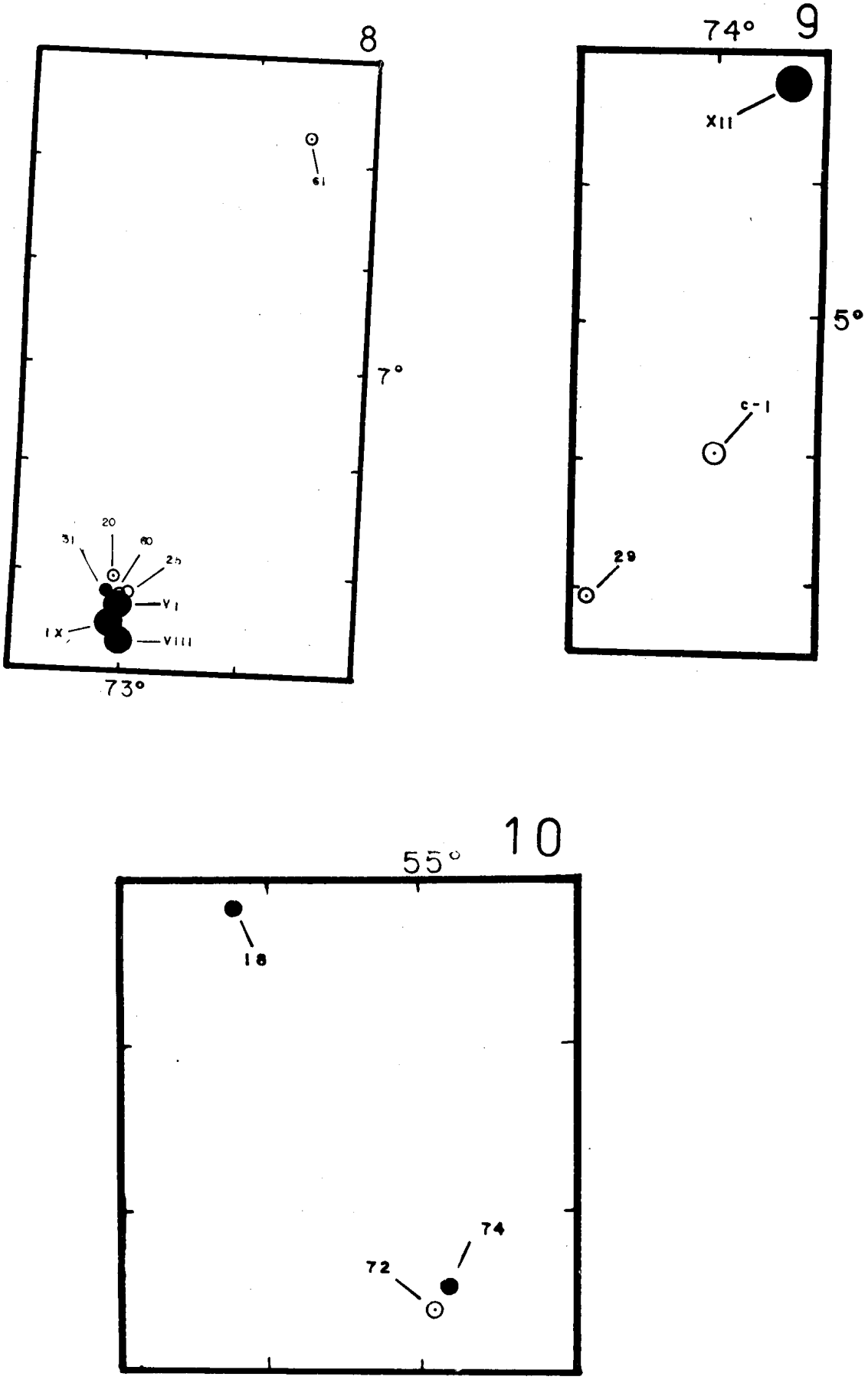
100053


64°
6
C-5
55(h=128)
28(h=75)
C-15
5(h=100)
50(h=76)
4
67(h=111)
aC-14
62
12
C-13
23
C-16
10°
42(h=159)
41(h=107)
66

148


70°
7
63
32
10°
68
39
21
17
X1
1
X
52
38

100054



000055

Todos los mapas originales están en escala 1:5000 000 con excepción del correspondiente a la zona H que está en escala 1:500 000.

Para cada zona fue estudiada la distribución de los ejes P y T según sus azimutes y ángulos de buzamiento. Para ello fueron construídos histogramas del número de ejes con buzamiento en intervalos de 15° desde 0° hasta 90° y diagramas en forma de rosa de los vientos del número de ejes con azimut en intervalos de 30° desde 0° hasta 360°. Los mismos se presentan en las figs. 1.19-1.29. Se muestran los resultados considerando todos los terremotos y sombreada la parte de los eventos que corresponde a terremotos profundos (h> 70 km).

Las características de las distribuciones de estos ejes se comentan a continuación reflejando el tipo de movimiento tectónico predominante. En la tabla 6 se indican los criterios usados para clasificación del tipo de movimiento.

Zona 1 (fig. 1.19). Las orientaciones azimutales predominantes son: eje P-NS-NE eje T-EW-NW. La mayor parte de los eventos tienen el buzamiento de ambos ejes comprendido entre 0° y 15° y una pequeña parte tienen ángulos menores para T que para P, lo que significa que en el foco predominan corrimiento por el rumbo y una mezcla de éste con fallamiento normal. Para algunos casos aislados (terremotos 20,43 y C-1 de la tabla 1.1). La situación es inversa por lo que se está en presencia de una mezcla de corrimiento por el rumbo con fallamiento inverso.

Zona 2 (fig. 1.20). Las orientaciones azimutales predominantes son: eje P-NE, eje T-NW. De acuerdo a los buzamientos debe predominar corrimiento por el rumbo y una mezcla de rumbo con fallamiento normal, aunque

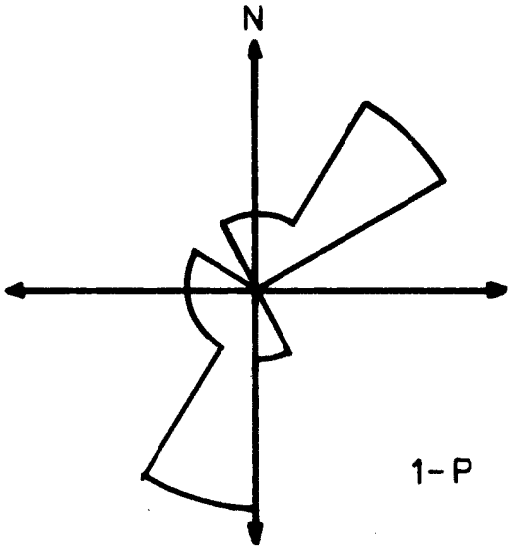
TIPO	CRITERIO DE CLASIFICACION
Rumbo	B_z (P) $\approx$ B_z(T) $< 15^\circ$
Normal	B_z (P) $\gg$ B_z(T)
Inverso	B_z (P) $\ll$ B_z(T)
N-R	B_z (P) $>$ B_z(T)
I-R	B_z(P) $<$ B_z(T)
R-N	B_z(P) $>$ B_z(T), (B_z(P), B_z(T)) $< 15^\circ$
R-I	B_z(P) $<$ B_z(T), (B_z(P), B_z(T)) $< 15^\circ$

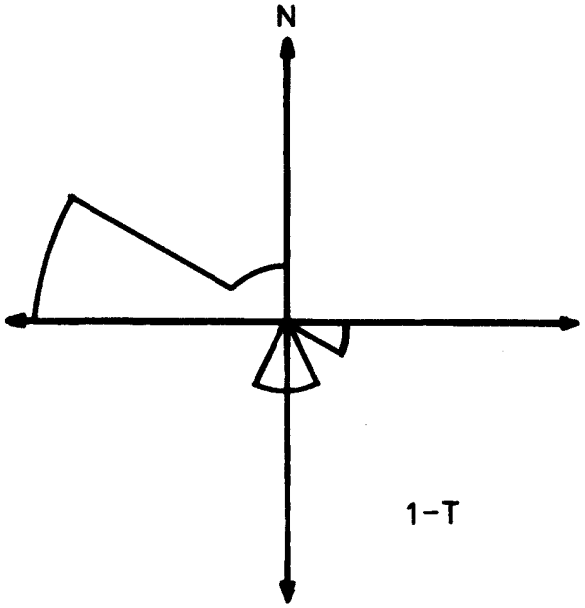
Simbología empleada: B_z-buzamiento, P,T-ejes de presión y tensión respectivamente, R-corrimiento por el rumbo, N- fallamiento normal, I- fallamiento inverso.

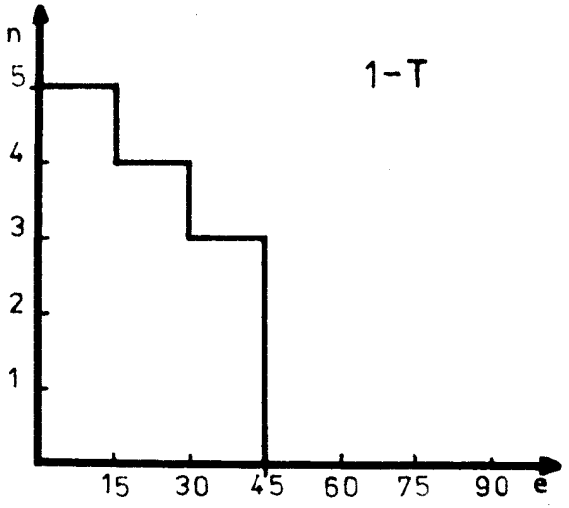
Tabla 6 Criterios de clasificación del tipo de movimiento tectónico en base a datos de mecanismo focal

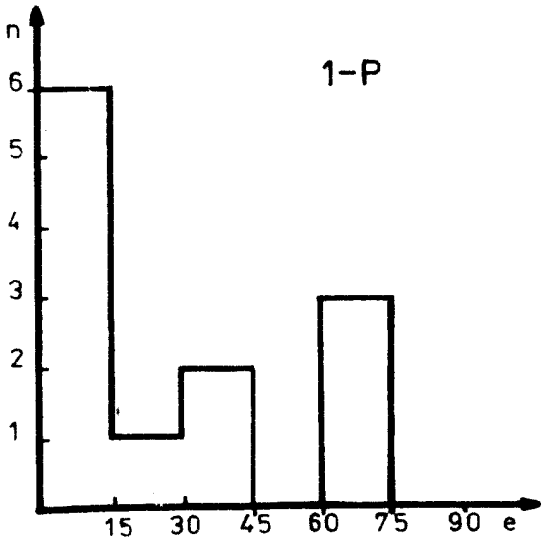
000057

Fig 1.19 Distribución espacial de los ejes P y T en la Zona 1



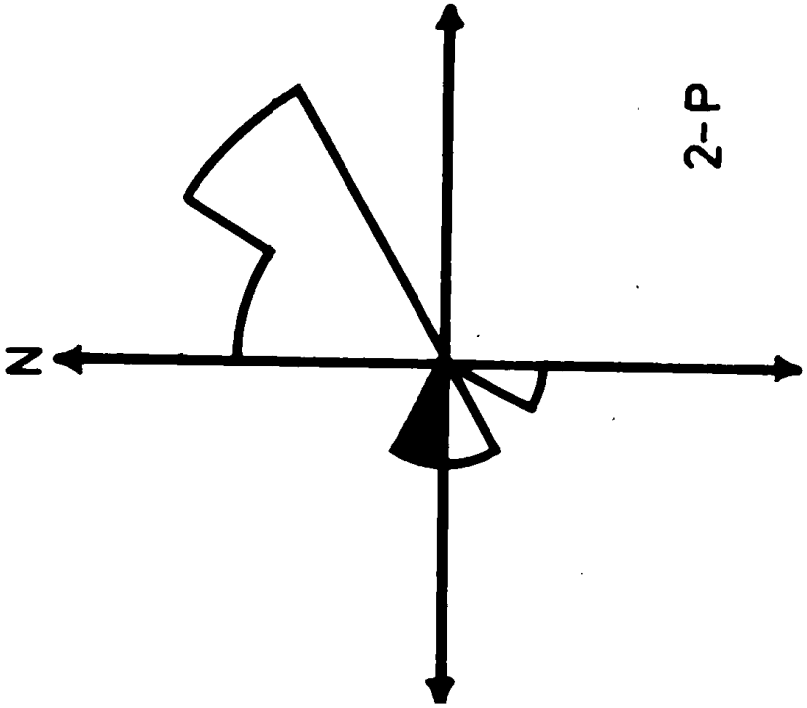


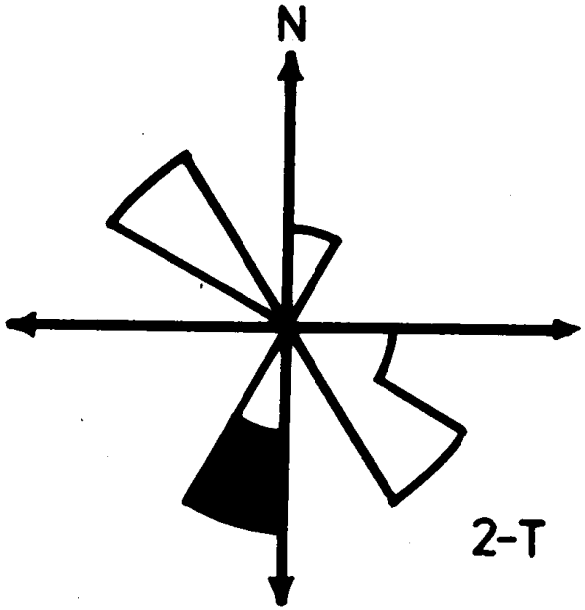


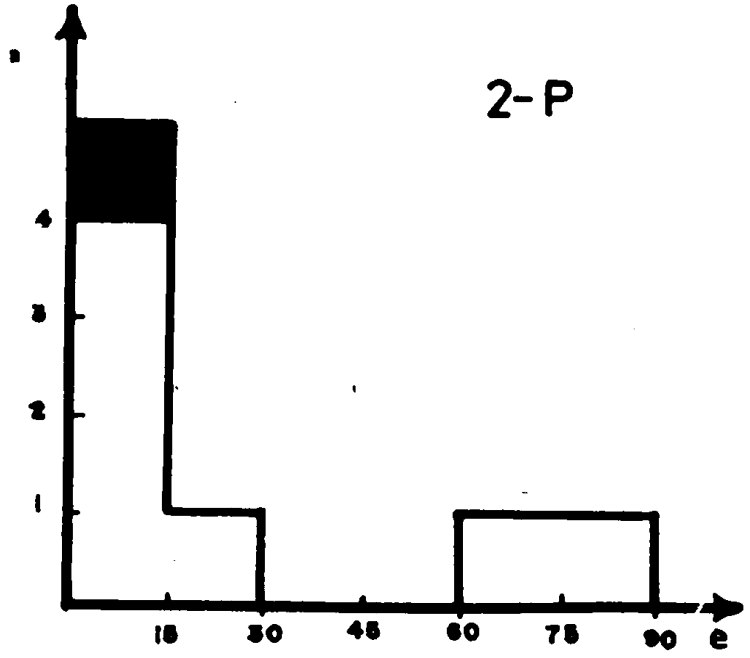


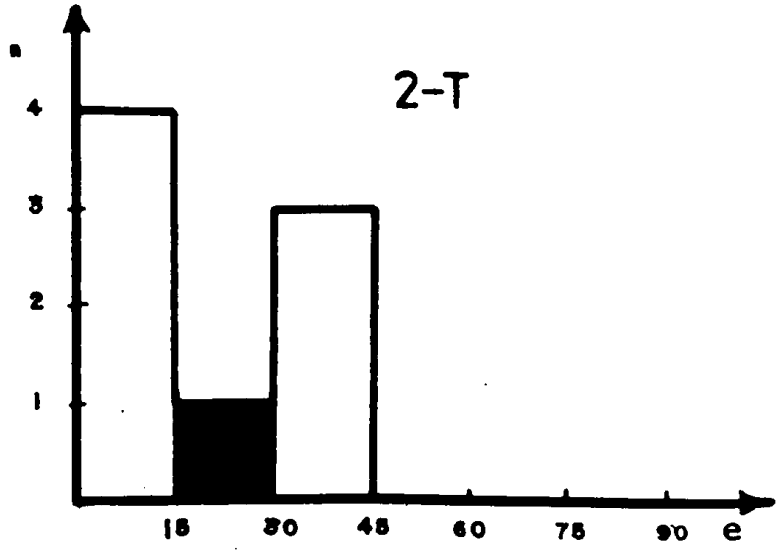
T. 19

000058









650001

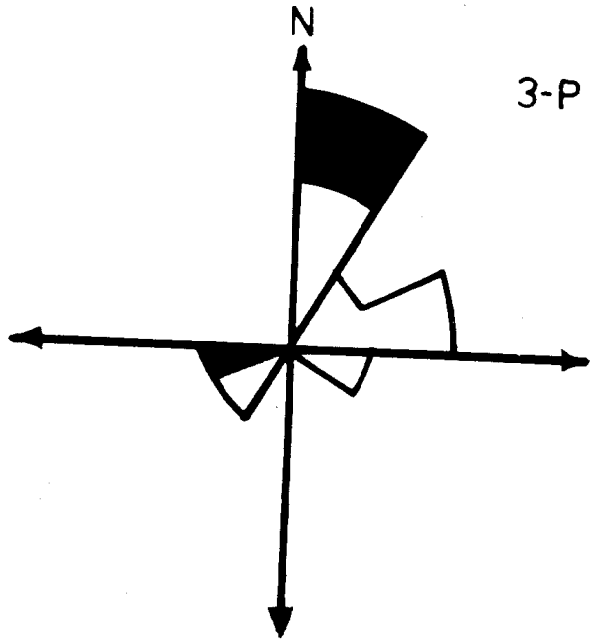
para tres casos particulares (70, C-2, C-6) el mecanismo corresponde a una mezcla de fallamiento inverso con corrimiento por el rumbo.

Zona 3 (fig. 21). El eje T tiene una orientación azimutal predominante EW, no así el eje P que tiene un rango muy amplio de posibles valores del azimut. En la mayoría de los casos el buzamiento del eje T es mayor que el de P, lo que significa el predominio de fallamiento inverso y una combinación de éste con corrimiento por el rumbo. Sólo hay una excepción (II) donde ocurre a la inversa, lo que corresponde a una combinación de fallamiento normal con corrimiento por el rumbo.

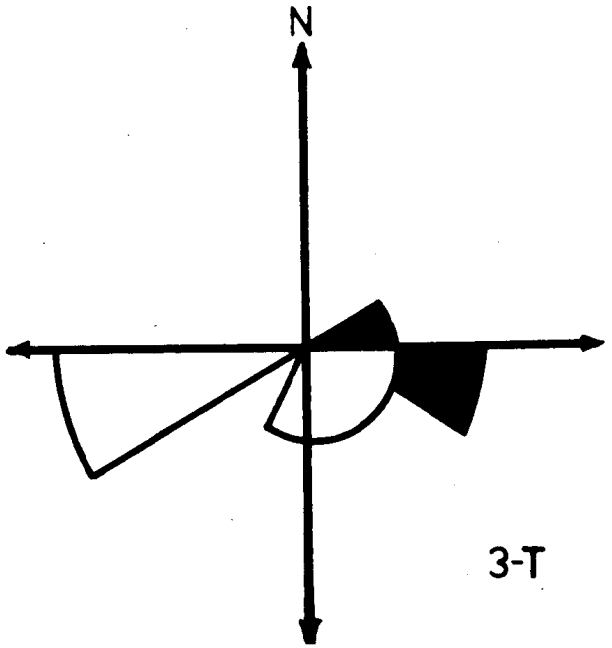
Zona 4 (fig. 22). Para el eje P no existe una orientación predominante del azimut y para el eje T aparece una orientación aproximadamente EW. Con respecto al buzamiento, el eje P no presenta valores predominantes mientras que el eje T tiene sus valores concentrados en el intervalo 30^{o}-60^{o}. No se pueden determinar los movimientos predominantes en el foco.

Zona 5 (fig. 23). Para ambos ejes se tienen orientaciones azimutales predominantes; al eje T corresponde una dirección aproximadamente SE, para el eje P la dirección coincide que la perpendicular a la orientación del arco. En el buzamiento existe una gran variedad de valores para ambos ejes, pero existe cierto predominio de casos para los cuales el buzamiento del eje P es menor que el del eje T. En general en la región deben predominar movimientos

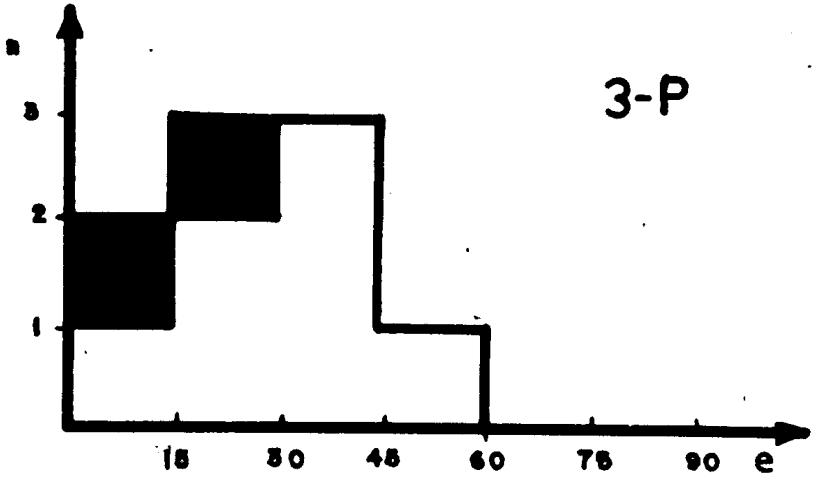
100030



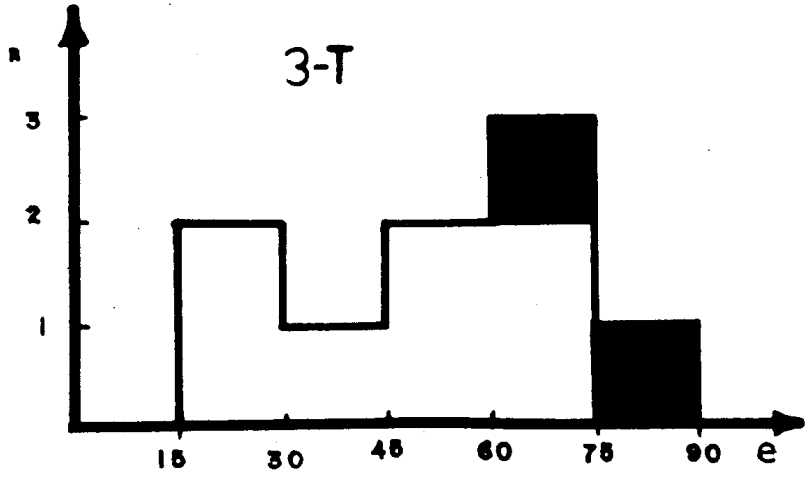
3-P



3-T



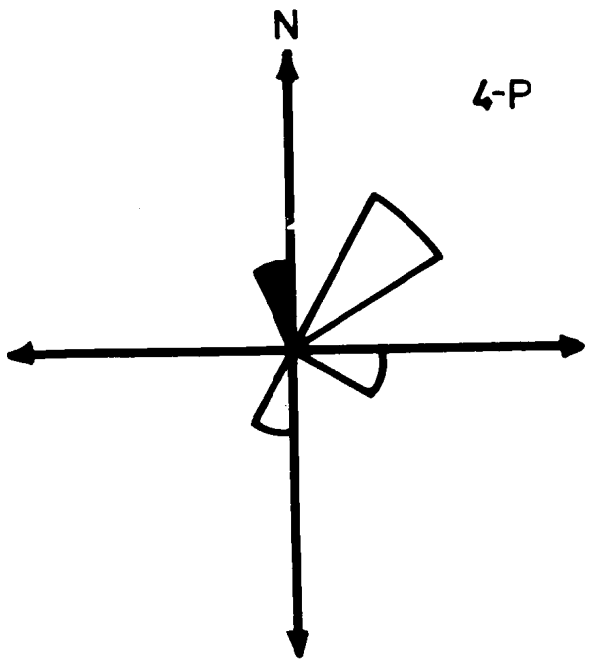
3-P

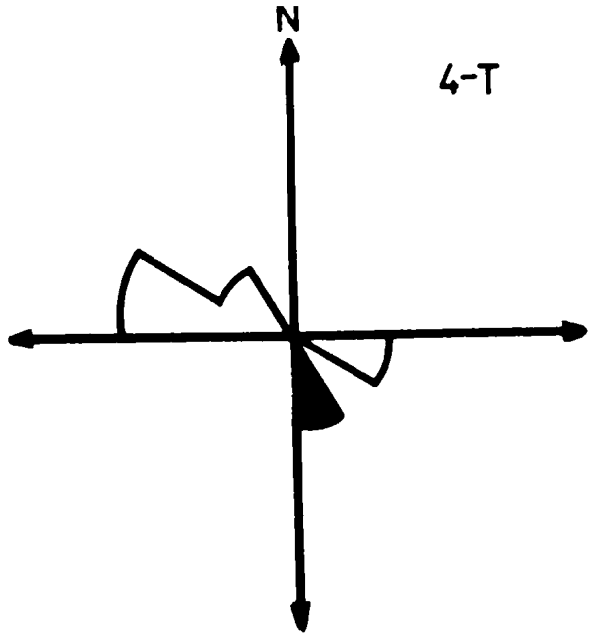


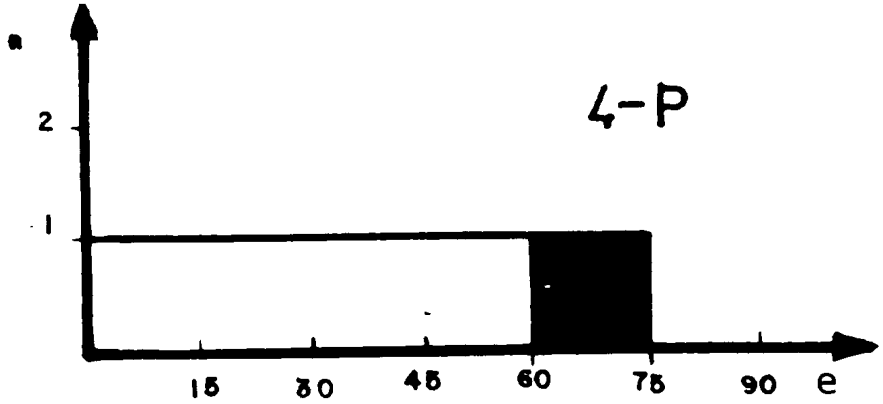
3-T

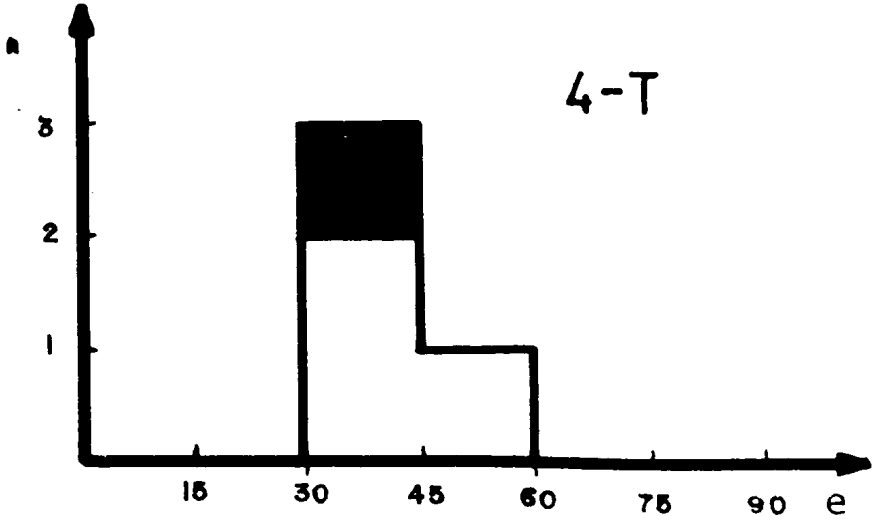
19000

Fig 1.22 Distribución espacial de los ejes P y T en la zona 4





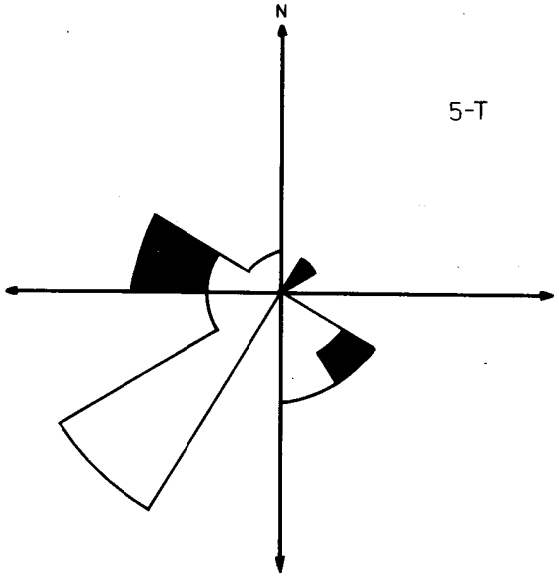


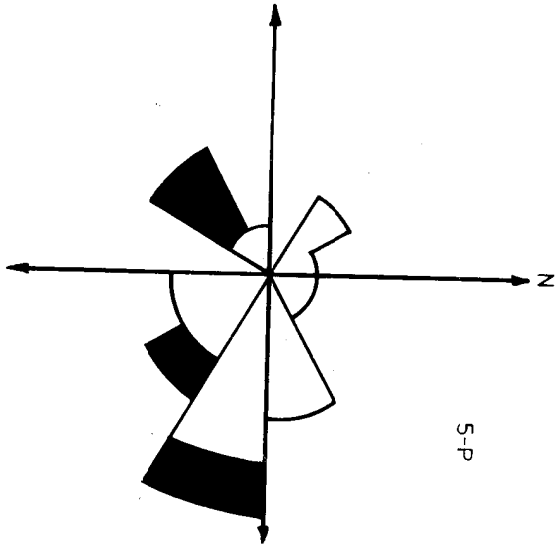


250001

Fig 1.23 Distribución espacial de los ejes P y T en la zona 5

1.23





39000
00063

del tipo fallamiento inverso corrimiento por el rumbo, No obstante, en siete casos (37,47,49,50,64,73,C-4) el buzamiento de T es mayor que el de P lo que corresponde a movimientos de tipo fallamiento normal-corrimiento por el rumbo.

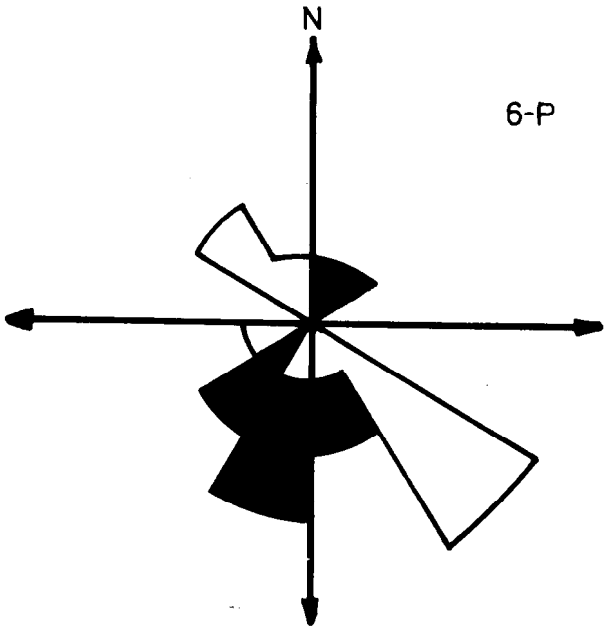
Zona 6 (fig.24). Corresponde a la zona de Fallas El Pilar. Aparecen orientaciones azimutales predominantes de los ejes P y T para terremotos someros ($h \leq 70$ km) e intermedios ($h > 70$ km). Estas orientaciones son practicamente perpendiculares entre sí para ambos ejes y grupos. Para el eje P se tienen las direcciones SE ($h \leq 70$ km) y SW ($h > 70$ km) y para el T son SW ($h \leq 70$ km) y SE($h > 70$ km).

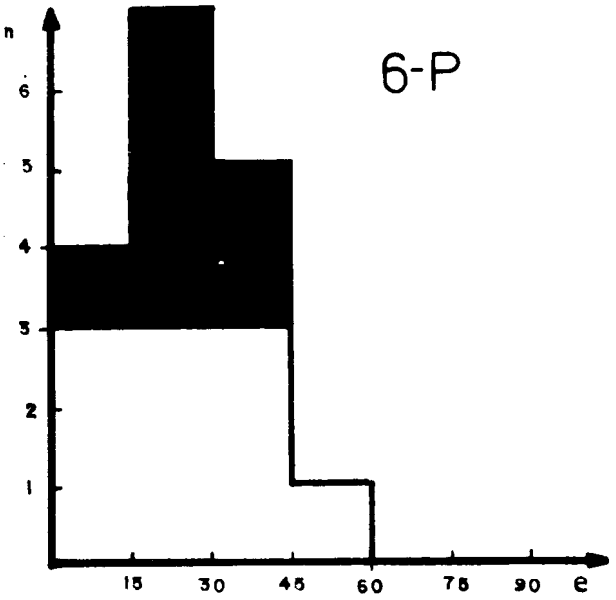
Para los terremotos intermedios y el buzamiento del eje P es con más frecuencia menor que el del eje T lo que indica el predominio en los focos de fallamiento inverso-corrimiento por el rumbo, con la excepción de 2 casos (55,67) en los que el eje T es más horizontal, lo cual corresponde a fallamiento normal con corrimiento por el rumbo. Para los terremotos someros, con excepción de 2 casos (C5,C4) se está en presencia de desplazamientos del tipo corrimiento por el rumbo o una mezcla de éste con fallamiento normal.

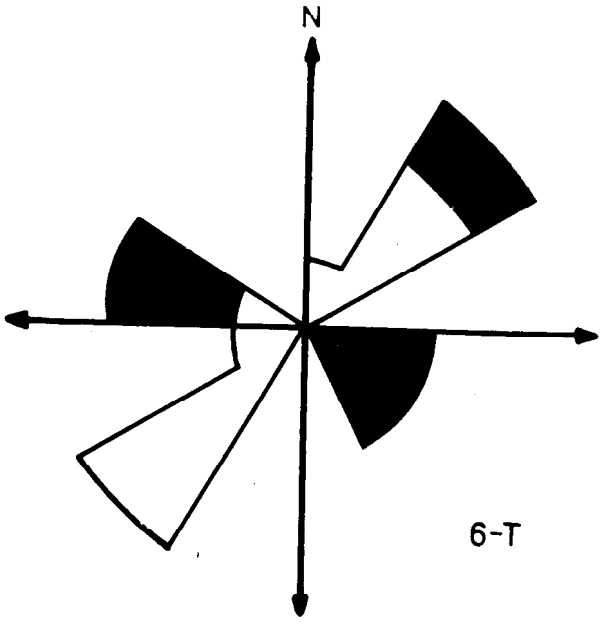
Zona 7 (fig.25). Corresponde al sistema de fallas Boconó. Para el eje P se tiene una orientación azimutal predominante ESE, mientras que para el eje T no se tiene ninguna. Con respecto al buzamiento, en general el eje T es más horizontal por lo que en los focos debe predominar en primer lugar corrimiento por el rumbo, y en segundo, fallamiento inverso con corrimiento por el rumpo. Hay 2 excepciones (65,XI) que corresponden a fallamiento normal-corrimiento por el rumbo.

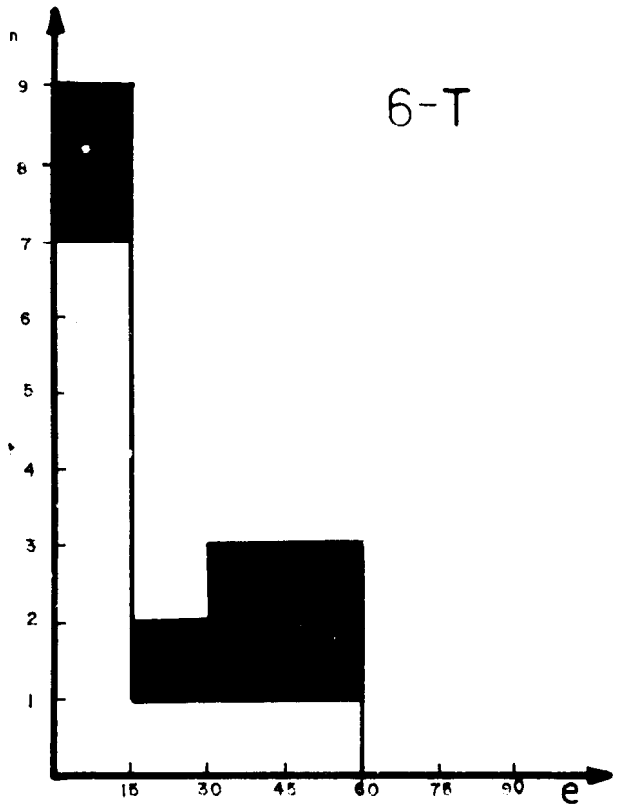
Zona 8 (fig.26). Esta zona corresponde a los terremotos profundos de la región de Bucaramanga, Colombia. Presenta una orientación azimutal predominante EW para el eje P, mientras que para el T presenta 2:NS y SE. En general los ejes T son algo más ho-

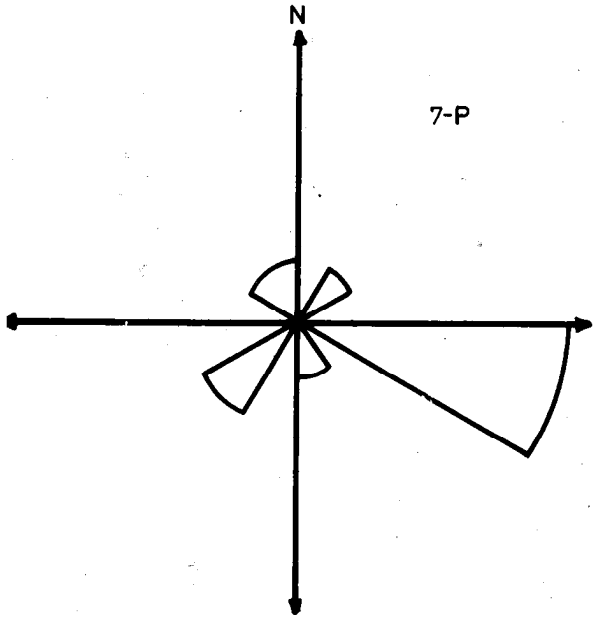
Fig 1.24 Distribución estacional de los ejes P y T en la zona 6

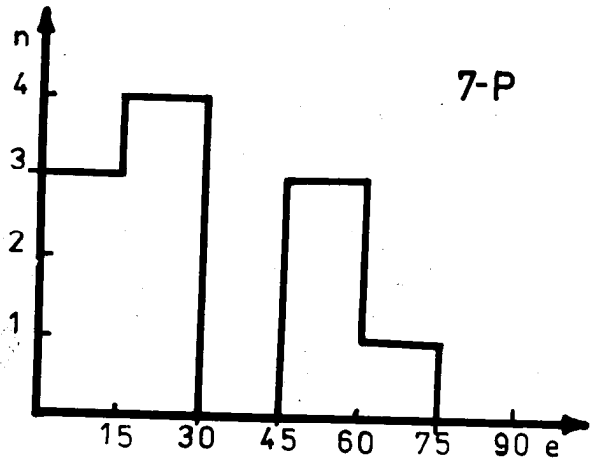


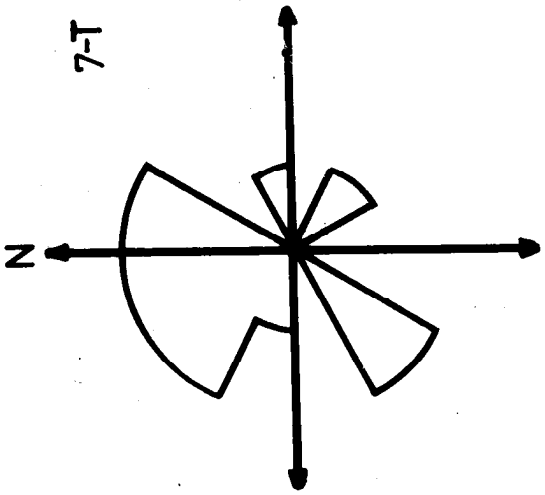












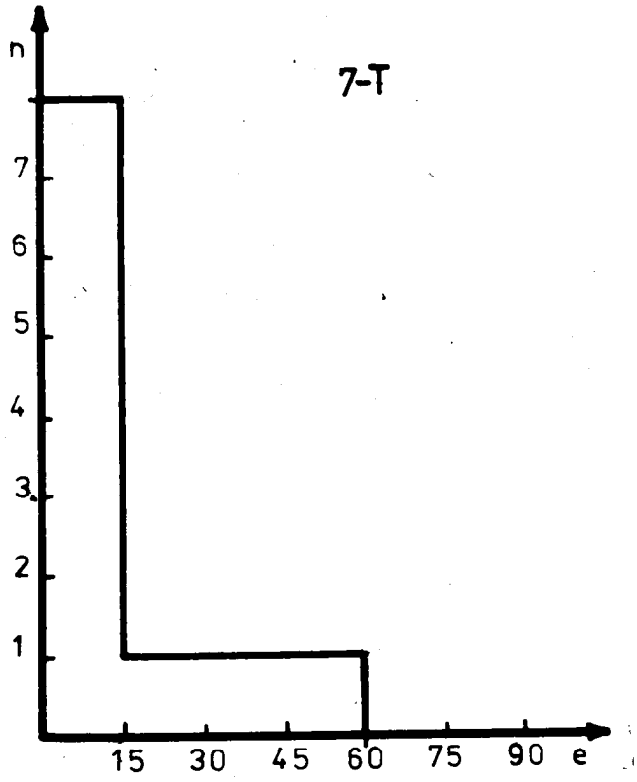
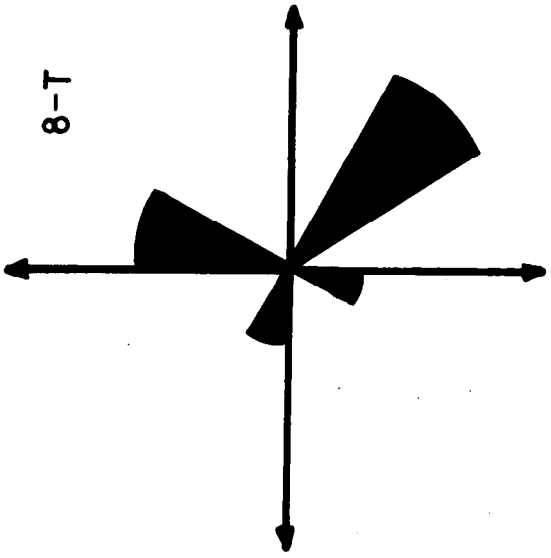
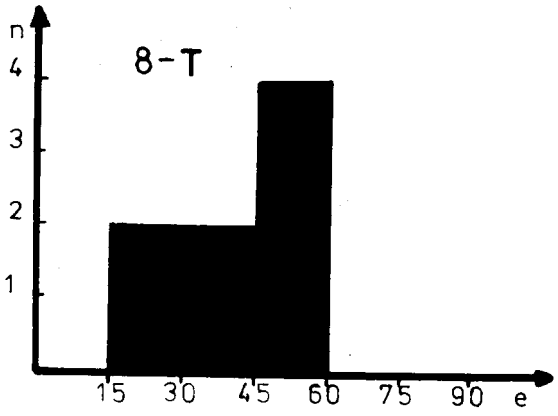


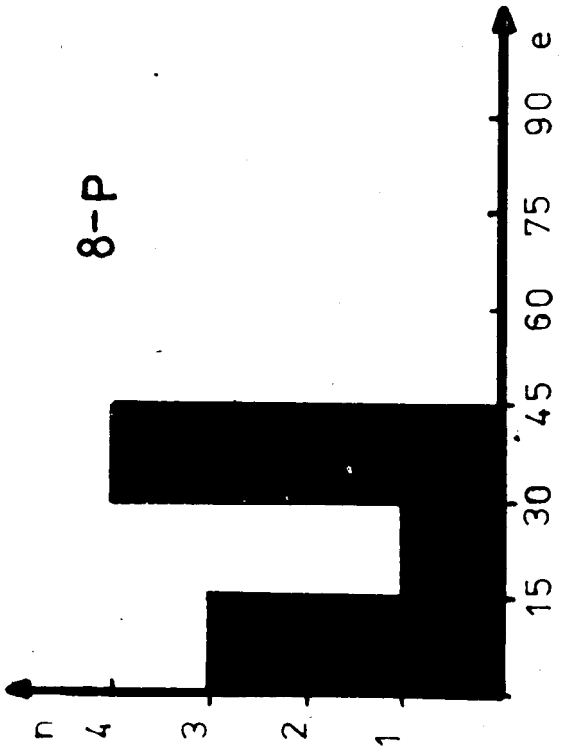
Fig 1.25 Distribution angulaire de la vitesse P_1T au cours de la journée

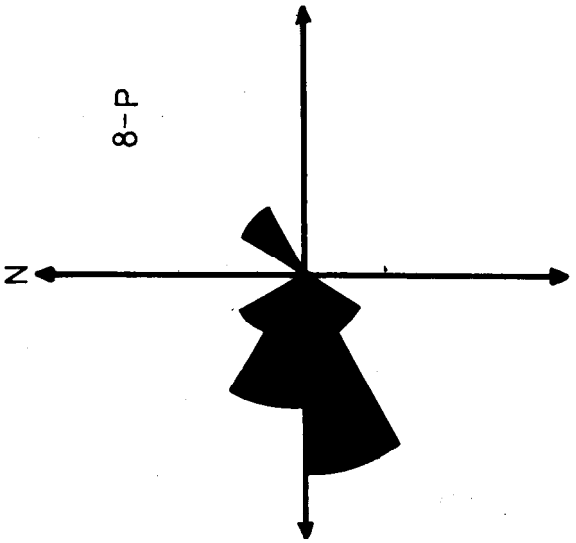
100066

Fig 1.26 Diagramme polaire de la zone P4 et zone 8.









rizontales que los ejes P, aunque el rango de variación de los mismos es grande. En el foco pueden existir procesos de fallamiento normal, una combinación de éste con corrimiento por el rumbo e incluso la combinación fallamiento inverso-corrimiento por el rumbo (65,XI).

Zonas 9 y 10 La escasez de datos no permite realizar análisis de este tipo, sólo se muestran los gráficos correspondientes (figs 1.27-1.28).

En la tabla 1.7 aparece resumida la interpretación tectónica realizada

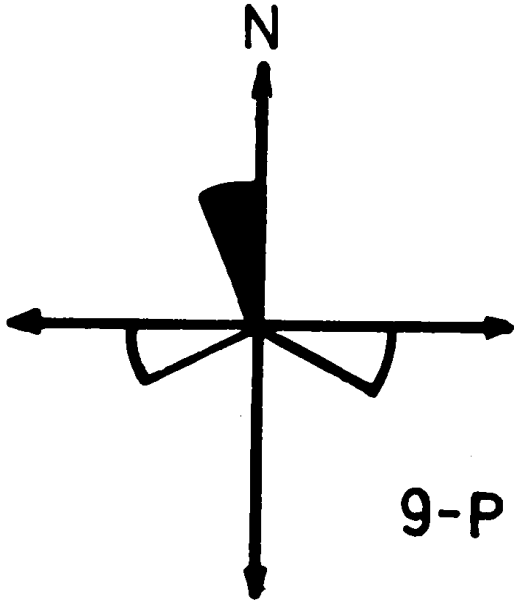
ZONA	TENDENCIA PREDOMINANTE DEL MOVIMIENTO TIPO	# CASOS	EXCEPCIONES TIPO	# CASOS
1	R,R-N		R-I	3
2	R,R-N		I-R	3
3	I,I-R		N-R	1
4	?		?	
5	I-R		N-R	
6super.	R,R-N		I-R	2
interm.	I-R		N-R	2
7	R,I-R		N-R	2
8	N,N-R		I-R	2
9	?		?	
10	?		?	

Tabla 1.7 Resumen de la interpretación tectónica de la distribución espacial de los ejes P y T.

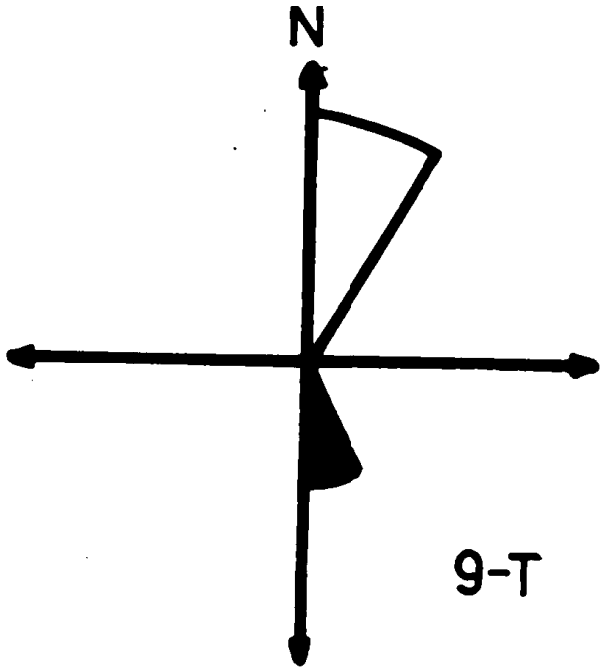
N- normal

I - inverso

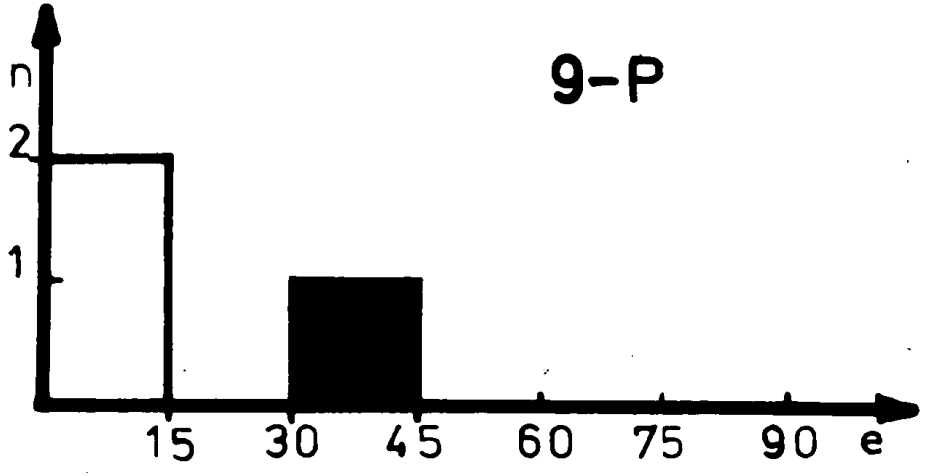
R- corrimiento por el rumbo



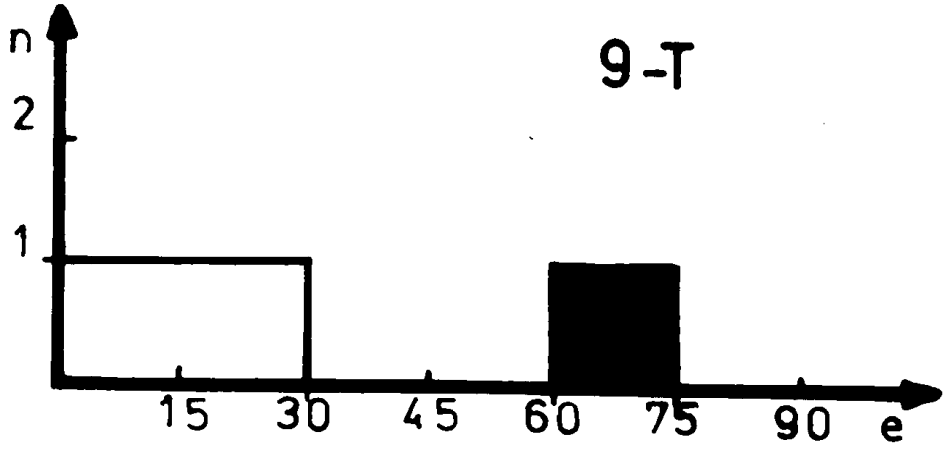
9-P



9-T



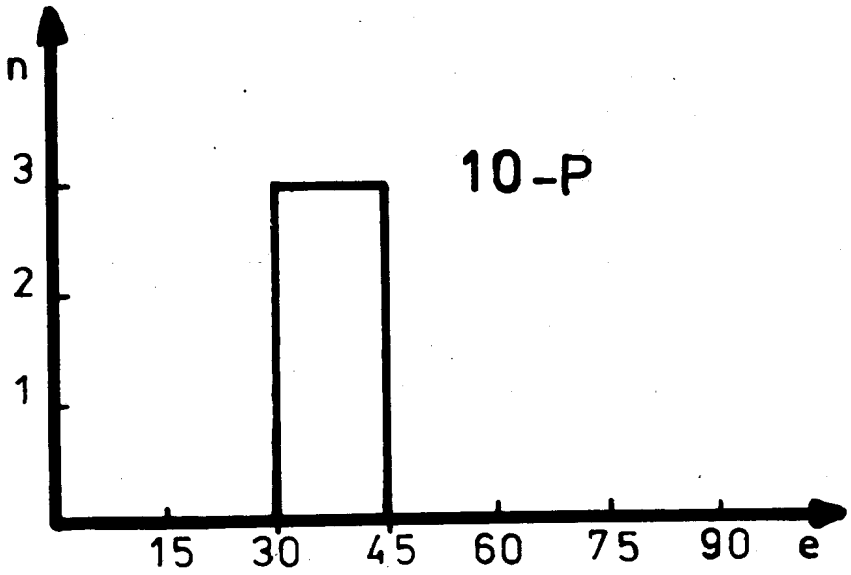
9-P



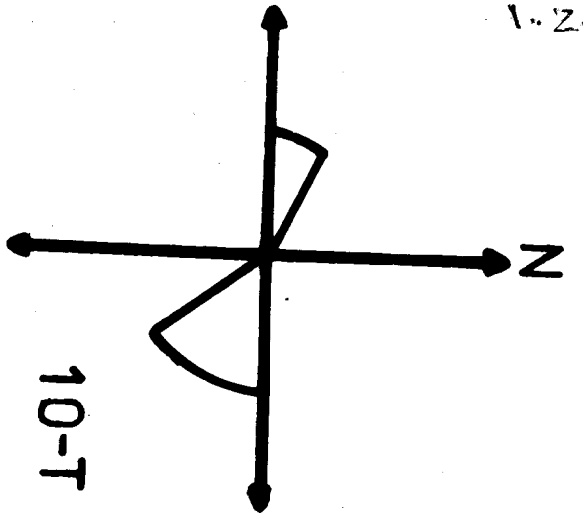
9-T

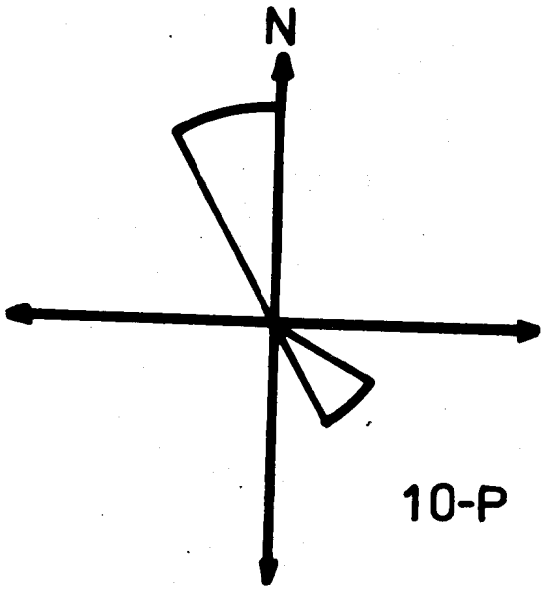
630000

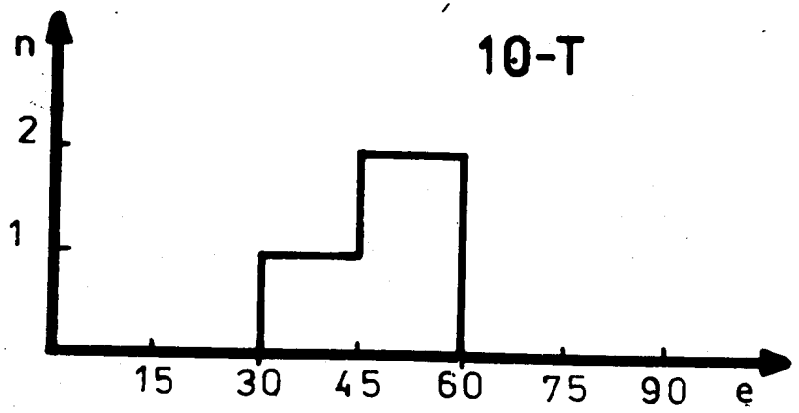
Fig 1.28 Distribución espacial de los ejes P y T en la zona 10



1.28







0200007

1.2.3 Discusión

En primer lugar salta a la vista el hecho de que para un mismo terremoto, diferentes autores obtienen soluciones diferentes, y en algunos casos francamente divergentes. En esto juega un papel importante el método de determinación empleado. Por ejemplo, algunos autores simultáneamente han empleado dos técnicas de determinación de mecanismo focal, una de ellas basada en la construcción de sismogramas sintéticos y la tradicional del trazado de planos nodales sobre la proyección en la red de Wulf de los datos de signo de P (Stein y otros, 1982) obteniendo ciertas diferencias entre ambas soluciones. Gran número de autores no indican el error de sus soluciones por lo que resulta difícil juzgar sobre la calidad de las mismas. Otr aspecto que influye en la divergencia de resultados es la utilización en algunos casos de datos tomados de boletines y en otros de lecturas directas de sismogramas por el que realiza la determinación de mecanismo focal.

Es por ello que no siempre resulta posible realizar una interpretación tectónica confiable de los mecanismos focales de terremotos, debiendo limitarse ésta a los casos en que todos los autores obtienen soluciones similares o próximas. La interpretación tectónica realizada en el epígrafe 1.2.2 fue una forma de soslayar este problema, ya que no se discutieron los casos particulares, sino se analizaron las tendencias predominantes regionales.

Si se analiza la tabla 7 se ve que existe una correspondencia general con el esquema de la tectónica de placas del área del Caribe discutido en el epígrafe 6.1. Esta correspondencia es mayor para las zonas 1,2,5 y 6 (intermedios) que son las secciones de las fronteras de la placa del Caribe donde parece ser más simple el movimiento, y algo menor en las demás.

Para la zona 4 no fue posible determinar las tendencias predominantes, sólo que la orientación del eje T coincidía con la correspondiente a la del de la zona 3. Esto puede deberse al hecho de que dicha zona corresponde a sección muy compleja de las fronteras de la placa del Caribe y los terremotos a los que se les ha determinado el mecanismo focal se distribuyen diferentes sectores de la misma.

El gran número de excepciones con respecto a la tendencia predominante del movimiento pudiera en cierta medida corresponder a determinaciones erróneas, pero en gran medida está condicionado por la complejidad tectónica de las fronteras de la placa del Caribe. Un caso típico de este fenómeno corresponde al terremoto de Antigua del 8/10/74 (M_s=7.2), que probablemente sea aquel en que más coinciden las determinaciones de mecanismo focal de diferentes autores. Dicho terremoto, con mecanismo cercano al normal ocurrió, no en la zona de Benioff, sino en la placa que está siendo subducida en una estructura perpendicular al arco de islas (Mc Cann, W.R. et al., 1982).

De todo lo anterior se puede concluir los mecanismos focales que aparecen en la literatura no pueden ser utilizados sin previamente realizar un análisis de su confiabilidad, y que los mecanismos focales determinados para el arco del Caribe en general se corresponden con el esquema de tectónica de placas, pero pueden ocurrir terremotos con mecanismos diferentes al previsto en dicho esquema en diferentes estructuras regionales.

)09072

1.3.1 Primeros intentos de determinar un modelo de isosistas. Resultados y dificultades.

1.3.1.1 Introducción

En un trabajo previo al inicio de este tema se probó el ajuste de modelos teóricos de isosistas circulares a mapas de isosistas de terremotos en la región norte del Caribe (Alvarez, L., Buné V.I., 1977). En el mismo se llegó a la conclusión de que el modelo de isosistas de Fedotov (Fedotov, S.A., Shumilina, L.A. 1971) podía con buena aproximación usarse para los terremotos de esta región. La fórmula del campo macrosísmico correspondiente es:

$$I = 1.5M - 2.63 \lg r - 0.0087 r + 2.5 \qquad (1.16)$$

No obstante, como esta conclusión fue establecida sobre la base de una cantidad limitada de material se realizó un trabajo amplio de recopilación de datos macrosísmicos de terremotos del arco del Caribe utilizando diversas fuentes, entre ellas: (Fielding, H., Taber, S., 1919), (Lynch V.J., Boole R.R., 1948), (Tomblon J.F., Aspinall, W.P., 1970), (Seismological Notes, 1911-1974), (Coffman, J.L., von Halve, C.A., 1973), (Taber S., 1920), (Robson, G.R., 1964) (Schever, J., 1912), (ISC, 1966-1976).

Con este material se confeccionó un atlas de intensidades sentidas por terremoto, en mapas a escala 1:5000 000, en un número aproximado de 200.

000073

1.3.1.2 La variación de los parámetros de la fórmula de campo macrosísmico con la dirección.

Tomando en consideración el marcado carácter elíptico de algunas isosistas de terremotos en el área, se intentó buscar una variante de fórmula de campo macrosísmico que pudiera explicar este fenómeno. El método empleado fue similar al usado para la región norte de Viet-Nam, consistente en considerar que a lo largo de la estructura que genera el terremoto y perpendicular a ella, las fórmulas de campo macrosísmico tienen diferentes coeficientes (Nguyen Din Suen, 1978).

De tal forma, se partió del supuesto de que en cada caso hay 2 fórmulas de campo macrosísmico; esto es, para el caso de fórmulas con 4 coeficientes.

$$I = b_{\perp} M - K_{\perp} \lg r - P_{\perp} r - d_{\perp}$$
$$I = b_{\parallel} M - K_{\parallel} \lg r - P_{\parallel} r + d_{\parallel} \qquad (1.17)$$

o para el caso de fórmula con 3 coeficientes

$$I = b_{\perp} M - S_{\perp} \lg r + c_{\perp}$$
$$I = b_{\parallel} M - S_{\parallel} \lg r + c_{\parallel} \qquad (1.18)$$

Considerando que las variables M, r y lgr son independientes (lo cual no es cierto en realidad para r y lgr) se redujo el problema a una estimación de parámetros por análisis de regresión.

A partir de este planteamiento general se analizaron diferentes variantes del problema:

-todos los parámetros de las fórmulas (1.17) y (1.18) desconocidos.

-el parámetro b conocido, los demás no.

-conocido alguno de los otros parámetros de las fórmulas (1.17) y (1.18) excepto b.

-conocidos simultáneamente los parámetros b y d en (1.17) o b y c en (1.18)

Para la estimación de los parámetros de la regresión y sus dispersiones se confeccionó el programa COEFIC, que utiliza como datos iniciales: magnitud y profundidad del terremoto, así como intensidades sentidas y distancia al epicentro en cada caso. En el epígrafe 1.5 aparece su descripción en la biblioteca de programas.

tabla 1.9 Resultados del ajuste de las funciones de la forma del campo mareomotriz considerando la dispersión con respecto al eje principal de la estructura y días antes del terremoto.

	4 Coeficientes								3 Coeficientes					
Caso	b	%	k	%	p	%	d	%	b	%	s	%	c	%
TS ±15	1.0		-3.28		0.003		6.6		1.0		4.43		8.6	
Hdif c/u	±0.1	10	±0.95	29	±0.002	67	±1.8	27	±0.1	10	±0.41	9	±0.9	10
TS=±15	0.6		-3.49		0.003		8.1		0.6		-2.32		6.2	
Hdif c/u	±0.1	17	±0.96	28	±0.002	67	±1.8	22	±0.1	17	±0.41	18	±1.0	16
TS 45±15	0.7	14	-3.19		0.001		7.5		0.7		-2.91		7.0	
Adif c/u	±0.1		±0.98	31	±0.002	200	±1.8	24	±0.1	14	±0.41	14	±1.8	

tabla 1-8 Resultados del ajuste sin considerar dispersión y con profundidad fija

TABLA 1.8

Todos los terrem.	0.8		-2.31		-0.002		5.3		0.8		-2.91		6.3	
VD A=20	±0.1	13	±0.41	18	±0.001	50	±0.7	13	±0.1	13	±0.19	6	±0.4	6
Todos los terrem.	0.6		-4.17		0.003		9.6		0.6		2.66		6.9	
VD H=80	±0.1	17	±1.2	29	±0.002	67	±2.2	23	±0.1	17	±0.41	15	±0.9	13

000075

Tabla 1.10 Resultados del ajuste considerando otro agrupamiento de los datos de dirección

TABLA 1.10

Caso	b	%	k	%	p	%	d	%	b	%	s	%	c	%
TSWDirec.	0.8		-2.85		-0.001		6.6		0.8		-3.22		7.3	
Hdif c/u	±0.1	13	±0.54	19	±0.001	100	±1.0	15	±0.1	13	±0.24	7	±0.6	8
TS ±45°	0.9		-3.37		-0.002		7.1		0.9		-4.05		8.3	
Hdif c/u	±0.1	11	±0.75	22	±0.002	100	±1.4	20	±0.1	11	±0.33	8	±0.7	8
TS ± 45°	0.7		-3.26		0.003		7.5		0.7		-2.34		5.9	
Hdif c/u	±0.1	14	±0.83	25	±0.002	67	±1.5	20	±0.1	14	±0.34	15	±0.9	15

940076

PARALELO +/- 45°

b	k	Δ k	%	Δ p	p	%	d	d	%	Evaluac.	s	Δ s	%	c	Δ c	%
0.6	-3.19	0.82	26	0.003	0.002	66	7.9	1.4	18		-2.24	0.33	15	6.3	0.7	11
0.7	-3.26	0.82	25	0.003	0.002	66	7.4	1.4	19		-2.34	0.33	15	5.9	0.7	12
0.8	-3.34	0.82	25	0.003	0.002	66	7.0	1.4	20		-2.43	0.33	14	5.5	0.7	13
0.9	-3.42	0.83	24	0.002	0.002	100	6.5	1.5	23		-2.52	0.33	13	5.0	0.7	14
1.0	-3.5	0.84	24	0.002	0.002	100	6.1	1.5	25		-2.62	0.33	13	4.6	0.7	15
1.1	-3.57	0.85	24	0.002	0.002	100	5.6	1.5	27		-2.71	0.34	13	4.2	0.7	17
1.2	-3.65	0.87	24	0.002	0.002	100	5.2	1.5	29		-2.81	0.35	12	3.8	0.8	21

PERPENDICULAR +/- 45°

b	k	Δ k	%	Δ p	Δp	%	d	Δ d	%		s	Δ s	%	c	Δ c	%
0.6	-2.96	0.75	25	-0.001	0.002	200	8.3	1.4	17		-3.58	0.29	8	9.3	0.6	6
0.7	-3.09	0.74	24	-0.001	0.002	200	7.9	1.3	16		-3.73	0.29	8	9.0	0.6	7
0.8	-3.23	0.74	23	-0.002	0.002	100	7.5	1.3	17		-3.89	0.29	7	8.6	0.6	7
0.9	-3.36	0.74	22	-0.002	0.002	100	7.1	1.3	18		-4.04	0.29	7	8.3	0.6	7
1.0	-3.49	0.74	21	-0.002	0.002	100	6.7	1.3	19		-4.2	0.29	7	8.0	0.6	8
1.1	-3.62	0.74	20	-0.002	0.002	100	6.3	1.3	20		-4.35	0.29	7	7.6	0.6	8
1.2	-3.75	0.75	20	-0.002	0.002	100	6.0	1.4	23		-4.51	0.29	6	7.3	0.6	8

TABLA 1.11

Tabla 1.11 Resultados del ajuste para diferentes valores prefijados de b

000077

El procesamiento de los datos fue el siguiente:

a) Del atlas de intensidades sentidas se tomaron 130 terremotos que fueron asociados a las profundidades de 20 u 80 km. Se calcularon los parámetros de las regresiones sin diferenciación de dirección. Los resultados se muestran en la tabla 1.8 Se obtuvo un mejor ajuste para la fórmula del tipo (1.8) y los resultados son muy inestables a las variaciones en la profundidad asociada a cada grupo.

b) De este grupo de terremotos fueron seleccionados los 30 terremotos que tenían un cuadro macrosísmico más claro, y utilizando datos de la tectónica local fueron asociadas las intensidades sentidas a 3 direcciones fundamentales: perpendicular a la estructura $\pm 30^{\circ}$, paralelo a la estructura $\pm 30^{\circ}$ y en los sectores dados por $(45^{\circ}+15^{\circ})$ $(45^{\circ}-15^{\circ})$ con respecto a la dirección de la estructura. Los datos correspondientes a los 2 primeros grupos así como a la unión de los 2 últimos fueron procesados considerando la profundidad real a que ocurrieron los terremotos; los resultados se muestran en la tabla 1.9 se obtuvo un mejor ajuste para la fórmula del tipo (1.18)

c) Se agruparon los datos en 2 grupos: dirección perpendicular $\pm 450^{\circ}$ y dirección paralela $\pm 45^{\circ}$, Se procesaron ambos casos por separado así como el caso de no consideración de deficiencias direccionales. Los resultados se muestran en la tabla 1.10 se obtuvo nuevamente el mejor ajuste para la fórmula del tipo (1.18)

d) Fue realizado un experimento de cálculo de los parámetros para valores fijos de b, en el caso de los 2 grupos direccionales señalados anteriormente.

Los resultados se muestran en la tabla 1.11 se obtuvo el mejor ajuste para la fórmula de 3 coeficientes.

Cuando se confeccionaron los modelos de isosistas correspondientes nos encontramos que ocurrían 2 casos (además del trivial de isosista circular para parámetros iguales):

-isosistas exteriores elípticas e interiores tendientes a circulares.

-isosistas exteriores elípticas intermedias tendientes a circulares e interiores elípticas pero con eje mayor orientado perpendicularmente al de las exteriores, el 2° de ellos mucho más común que el primero.

Las causas de este fenómeno se analizaron teóricamente a partir de las fórmulas (1.18) Considerando que $A \gg h$ se puede suponer que aproximadamente $A = r$. Sean A el semieje a lo largo y B el perpendicular a la estructura de la elipse descrita por dichas fórmulas. Despejando lgr de ellos y evaluando para el semieje correspondiente.

$$\lg B = b_\perp M - I + C_\perp \quad , \lg A = b_\parallel M - I + C_\parallel$$

$$\lg A/B = \frac{b_\parallel M - I + C_\parallel}{S_\parallel} - \frac{b_\perp M - I + C_\perp}{S_\perp} = \quad (1.19)$$

$$= \left[\frac{C_\parallel}{S_\parallel} - \frac{C_\perp}{S_\perp}\right] + M\left[\frac{b_\parallel}{S_\parallel} - \frac{b_\perp}{S_\perp}\right] - I\left[\frac{1}{S_\parallel} - \frac{1}{S_\perp}\right]$$

Para diferentes valores del miembro derecho de la igualdad se obtienen diferentes formas de la elipse

	0	- $a/b=1$	isosista
>	0	- $A>B$	elipse alargada a lo largo de la estructura.
	0<	- $A<B$	elipse alargada perpendicular a la estructura.

Como se ve de la fórmula (1.19) para $S_\perp > S_\parallel$ (lo que resulta obvio que debe ocurrir siempre), el grado de alargamiento de la elipse en la dirección de la estructura disminuye con el aumento de la intensidad independientemente del valor de los otros parámetros. La dependencia de M no es tan sencilla, sólo en el caso $b_\parallel > b_\perp$ se puede decir que el grado de alargamiento en la dirección de la estructura aumenta con el incremento de la magnitud.

De tal forma se ve que para el caso óptimo se tendrá un modelo de isosistas elípticas con aumento del alargamiento según disminuya la intensidad. Los resultados obtenidos para la muestra analizada no se encuentran en este caso, lo que se considera debido a la desigual distribución por intensidades de los datos. En

ellos predominan las intensidades 3,4 y 5, que son precisamente los valores de intensidad para los cuales se obtuvieron las isosistas más próximas a las reales. Debido a la imposibilidad de aumentar el volumen de la muestra en el rango de las intensidades mayores se abandonó esta vía de solución del problema.

1.3.1.3 Las variaciones regionales de la forma de las isosistas y de la atenuación de las intensidades.

Otro enfoque del problema de determinar un modelo de isosistas fue el de caracterizar cualitativa y cuantitativamente el campo macrosísmico en la región de las Antillas Mayores.

En primer lugar se buscó una relación entre la intensidad en el epicentro I_o y las magnitudes M_s y m_b. Fueron obtenidas las regresiones.

$$I_o = 1.17\, M_s + 0.1 \qquad M_s > 5.6 \qquad (1.20)$$

$$I_o = 1.75\, M_s - 3.2 \qquad M_s \leq 5.6$$

$$I_o = 1.85\, m_b - 2.5 \qquad (1.21)$$

en la fig 1.29 (pag. 64 ESN) se muestran estas rectas sobre la base de datos de que fueron obtenidas (Alvarez, L. Godzikovskaya, A.A., Rautian T.G., 1983).

No obstante, se debe señalar que si se superponen las rectas definidas por (1.20) a la familia de rectas obtenidas para la intensidad en el epicentro y diferentes profundidades usando la fórmula (1.16) las primeras se encuentran comprendidas entre las líneas correspondientes a h=30 y h=50 fig 1.30 (Fig. 7.4.3). Esto no se corresponde con los criterios sobre profundidad de focos en las diferentes partes de la región. Sin embargo, si se tienen en cuenta que las fórmulas (1.20) fueron obtenidas sobre la base de determinaciones de magnitud por las estaciones SOR y RCC, determinaciones éstas que frecuentemente son más elevadas que las que publican las agencias internacionales, (Chuy, T.J., González, B.E., Vorobiova, E.O., 1983), se puede considerar que la parte izquierda de la curva pudiera inclinarse hacia arriba y entonces la regularidad observada coincide con la teoría calculada por la fórmula (1.16) para el intervalo de profundidades 10-50 km, lo que confirma

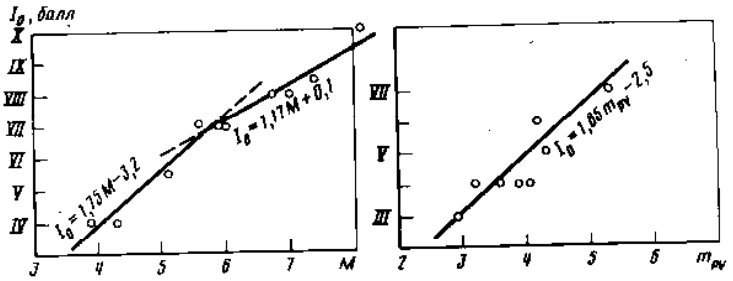


Fig 1.29 Relaciones Io vs M

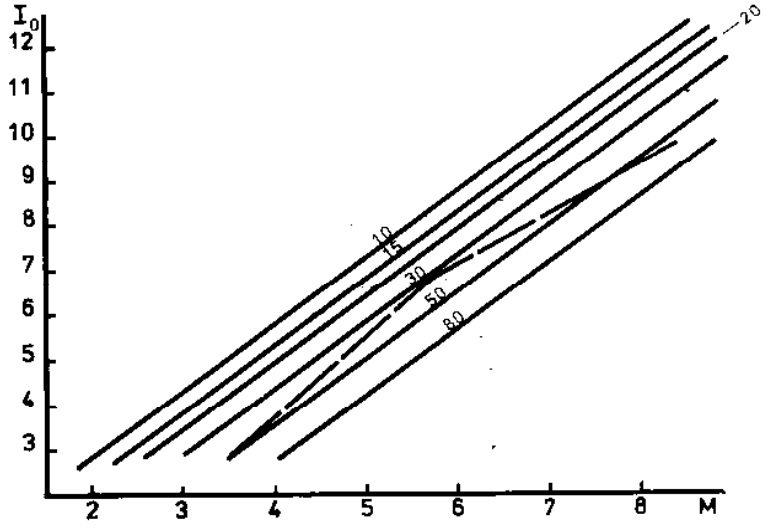


Fig 1.30 Comparación de las formulas 1.16 y 1.20. Los números sobre cada recta simbolizan la profundidad

000081

su aplicabilidad en término medio a esta región.

Para investigar las variaciones regionales de la forma de las isosistas y de la atenuación de las intensidades se utilizó el atlas de isosistas antes mencionado. Fueron analizados separadamente los datos de Cuba Occidental, Cuba Central, Cuba Oriental, La Hispaniola y Puerto Rico.

Debido a la pobreza de los datos macrosísmicos se analizaron conjuntamente los de varios terremotos en cada región. El método utilizado fue el construir las isosistas generalizadas - $\delta I = 0,1$, donde $\delta I = I_o - I$, independientemente de la magnitud y profundidad del terremoto. Para aquellos casos en que el epicentro instrumental practicamente coincidía con la zona de máxima intensidad, en calidad de I_o se tomó Imax. En caso de epicentros en el mar, lejos de la costa se calculó I_o por las fórmulas (1.24) Las isosistas generalizadas se construyeron para todos los casos, excepto Cuba Occidental y se muestran en las figs. 1.31-1.34 ~~(1(88), 4(90), 6(91) y 7(91))~~. La atenuación de las intensidades se analizó para todos los casos, excepto Puerto Rico; las curvas se muestran en las figs. 1.35-1.37 ~~(2(89), 5(90) y 8(92))~~ donde se simbolizan de forma diferente diferentes direcciones con respecto a la orientación de las estructuras. Un gráfico resumen de la atenuación se presenta en la fig. 1.38 ~~(9(92))~~; en ella fueron añadidos datos de la atenuación entre Cuba y Jamaica y se trazaron las curvas teóricas obtenidas por la fórmula (1.16) para h=30.

El análisis de todos estos gráficos conduce a las siguientes conclusiones:

-La relación A/B entre los semiejes mayor (A) y menor (B) de las elipses toma los valores siguientes: Cuba Central -2.4, Cuba - Oriental (Santiago Guantánamo)-1.2, La Hispaniola-3.3 y Puerto Rico 3.7.

-La atenuación de las intensidades en Cuba Central es mayor que la dada por la fórmula (1.16) tanto perpendicular a la estructura

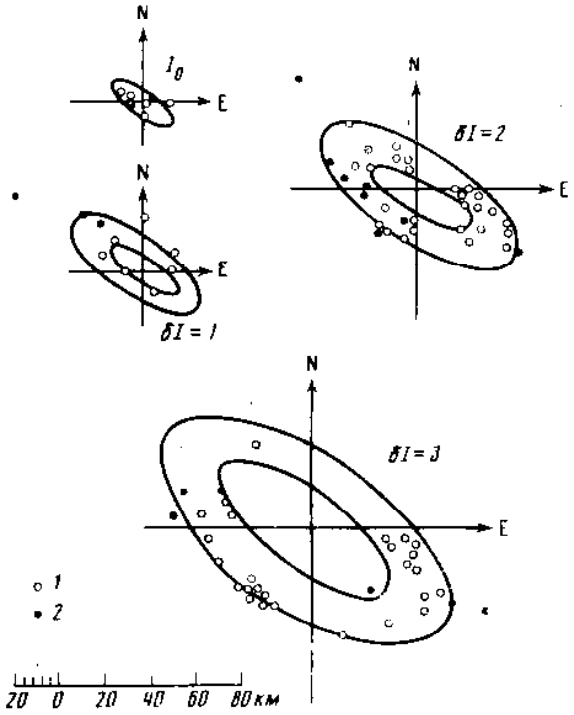


Fig 1.31 Isoanes generalizadas para cuba central

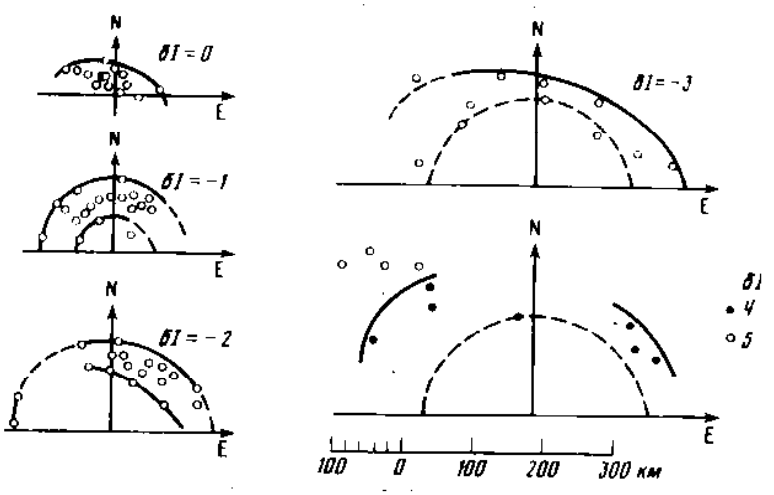


Fig 1.32 Isoanes generalizadas para cuba Oriental

000083

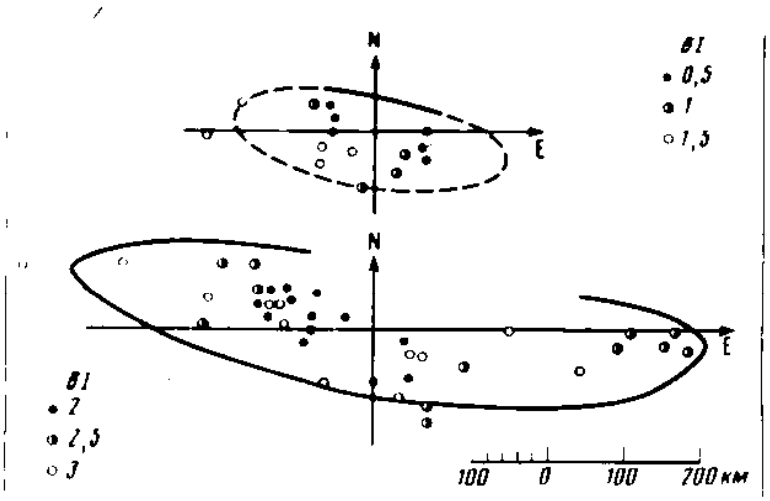


Fig 1.33 Isoseistas generalizadas para la Hespanola

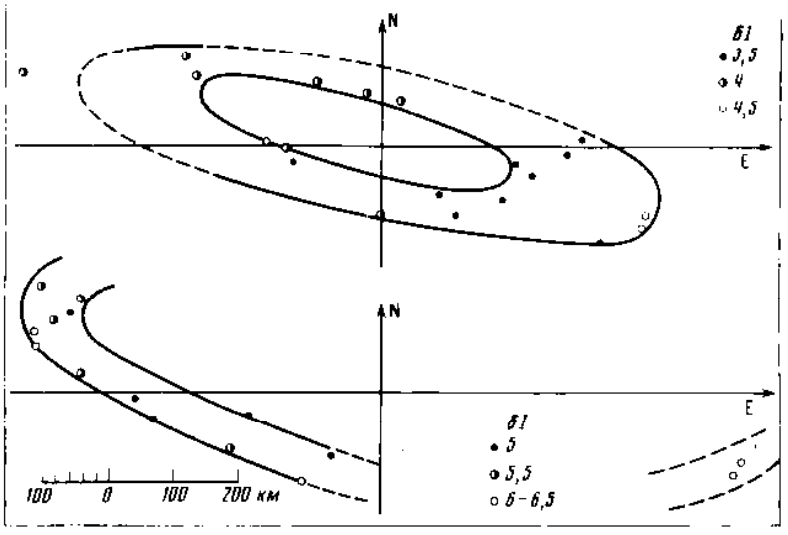


Fig 1.34 Isoseistas generalizadas para Puerto Rico

JAMAR4

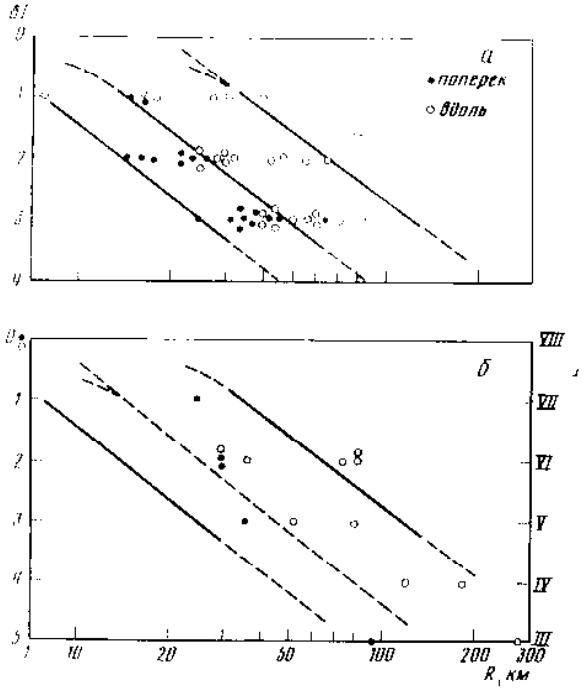


Fig 1.35 Atenuación de las intensidades en Cuba central (a) y Occidental (b)

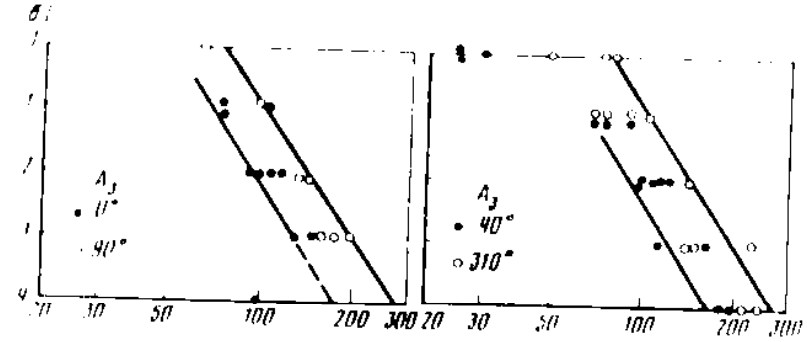


Fig 1.36 Atenuación de las intensidades en Cuba Oriental.

000085

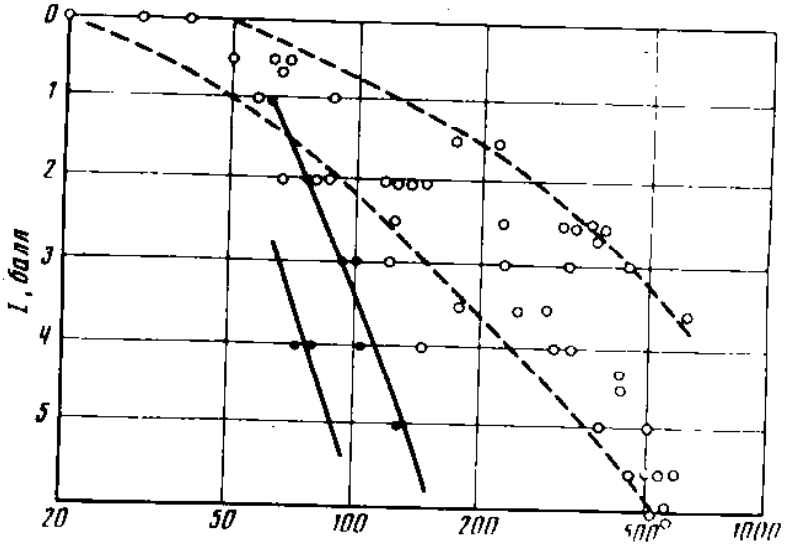


Fig 1-37 Figura resumen de la atenuación en la Hispanica los puntos representan atenuación entre Lota y Temuco

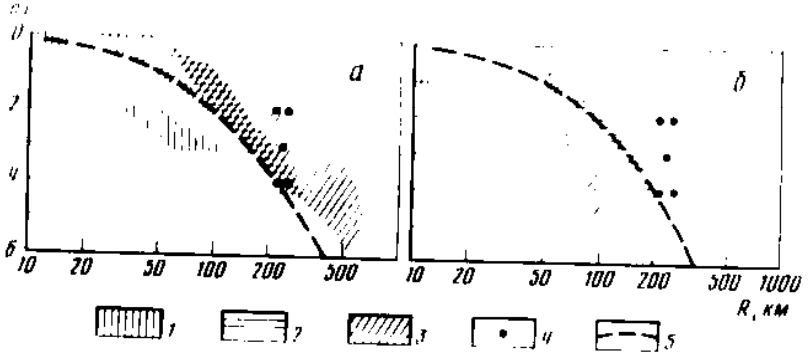


Fig 1-38 Figura resumen de la atenuación en los Cuellos Mayores - los puntos representan atenuación entre Lota y Temuco

000086

como paralela a ella.

-La atenuación de las intensidades en Cuba Oriental aproximadamente corresponde a la dada por la fórmula (1) en cualquier dirección.

-La atenuación de las intensidades en La Hispaniola es mayor que la dada por la fórmula (1) en la dirección perpendicular a la estructura y menor en dirección paralela a ella.

Pese a las limitaciones relacionadas con el pequeño volumen del material utilizado y las inherentes al grado de confiabilidad de las propias evaluaciones de las intensidades sentidas, se logró con este trabajo realizar una caracterización preliminar del campo macrosísmico de los terremotos en las Antillas Mayores, y en forma resumida se puede plantear que éste es sumamente complejo, correspondiendo en general a isosistas elípticas con diferente grado de alargamiento y una atenuación de las intensidades sumamente variable con un acusado comportamiento direccional.

1.3.1.4 Discusión

Si bien el primero de los métodos utilizados no condujo a resultados de aplicabilidad inmediata, el segundo de ellos sentó las bases para la elaboración de un modelo de isosistas adecuado para la región. No obstante, todo modelo teórico debe ser ajustado a los datos experimentales, y los datos para esta región eran muy disímiles, ya que consistían en estimaciones de intensidades sentidas realizadas por diferentes autores y muchas veces sobre una base de datos bastante pobre.

De tal forma, los trabajos posteriores se dirigieron en 2 direcciones; el desarrollo de un modelo teórico de isosistas elípticas que pudiera ser ajustado a las variaciones regionales de forma y atenuación, y la reevaluación de los datos macrosísmicos de los terremotos en Las Antillas Mayores, fundamentalmente los fuertes, con vistas a confeccionar mapas confiables de sus isosistas.

1.3.2 Modelo teórico de isosistas elípticas

1.3.2.1 Teoría general

Los modelos teóricos de isosistas elípticas que se encuentran comunmente en la literatura relacionan el área de las isosistas con la magnitud de la forma general

$$\lg Q_I = A_I + B_I M \qquad (1.22)$$

donde Q es el área, A y B coeficientes y M la magnitud. Los coeficientes son diferentes para cada valor de intensidad (Buné V.I., Katrick I.V.,1978), (Radu, & Apopei, I., 1978).

Un modelo más complejo es planteado en el trabajo (Ananin, I.V. Kronrod, T.L. 1975)

$$\lg Q(I,M) = a(I) + b(I) M + \sigma_{\alpha} \varepsilon \qquad (1.23)$$

donde el último término es una magnitud aleatoria. En dicho trabajo es considerada también la orientación del eje mayor con relación a la dirección de las estructuras fundamentales a las que se asocian los epicentros.

Sin embargo, en todos estos modelos la intensidad en un punto no puede ser calculada directamente, sino a través del trazado de las isosistas correspondientes a los diferentes valores de intensidad.

Con vistas a poder calcular directamente los valores de intensidad en puntos aislados, lo que facilitaría la utilización del modelo en estimaciones automatizadas de la peligrosidad sísmica, se enfocó el problema de describir las isosistas elípticas por dos factores: La relación entre sus semiejes A/B y el campo macrosísmico expresado a través de una ecuación del tipo de V. Kövesligethy.

$$I = bM - k \lg r - pr + d \qquad (1.24)$$

donde la distancia r es medida desde el hipocentro hasta un punto en el contorno de la elipse en una dirección que puede variar entre la del eje mayor A y la del eje menor B.

Un modelo así descrito tiene la ventaja de permitir un rango de variación de la atenuación dado por la variación en direc-

ción de aplicación de la fórmula (1.24) y la dificultad de imponer un valor constante de la relación A/B para todas las isosistas.

La deducción de las fórmulas que caracterizan a dicho modelo parte del esquema sencillo que aparece en la fig. (1.39) En ella se muestra una elipse con una circunferencia inscrita de radio B y otra circunscrita de radio A. Las coordenadas de un punto P serán: cartesianas P (x,y) y polares P(Δ,α), mientras que las coordenadas paramétricas de la elipse serán:

$$x = A \cos\theta = \Delta \cos\alpha$$
$$y = B \operatorname{sen}\theta = \Delta \operatorname{sen}\alpha \qquad (1.25)$$

de donde se deduce que

$$y/x = B/A \quad \frac{\operatorname{sen}\theta}{\cos\theta} = \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\therefore \quad \theta = tg^{-1}\left[A/B\, tg\,\alpha\right] \qquad (1.26)$$

$$\Delta = A\left|\frac{\cos\theta}{\cos\alpha}\right| = B\left|\frac{\operatorname{sen}\theta}{\operatorname{sen}\alpha}\right| \qquad (1.27)$$

Las fórmulas (1.26) y (1.27) determinan el valor de la distancia desde un punto cualquiera del contorno de la elipse hasta el centro en función de los semiejes. Para determinar completamente el modelo es necesario seleccionar la dirección de validez de la fórmula de campo macrosísmico. Por simplicidad se tratarán sólo 3 casos, correspondientes al semieje mayor A, al radio medio $\bar{A}$ y al semieje menor B. De tal forma se calculará la distancia hipocentral efectiva para la aplicación de la fórmula de campo macrosísmico de la forma

$$he = \sqrt{\Delta^2 e + h^2} \qquad \Delta e = A, \bar{A}, B \qquad (1.28)$$

El radio medio de una elipse se calcula de la forma:

$$\bar{\Delta} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \Delta\, d\alpha \qquad (1.29)$$

Además, la elipse en coordenadas cartesianas se expresa por

$$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{B}\right)^2 = 1$$

Sustituyendo (1.25)

$$\frac{\Delta^2 \cos^2\alpha}{A^2} + \frac{\Delta^2 \operatorname{sen}^2\alpha}{B^2} = 1 \qquad (1.30)$$

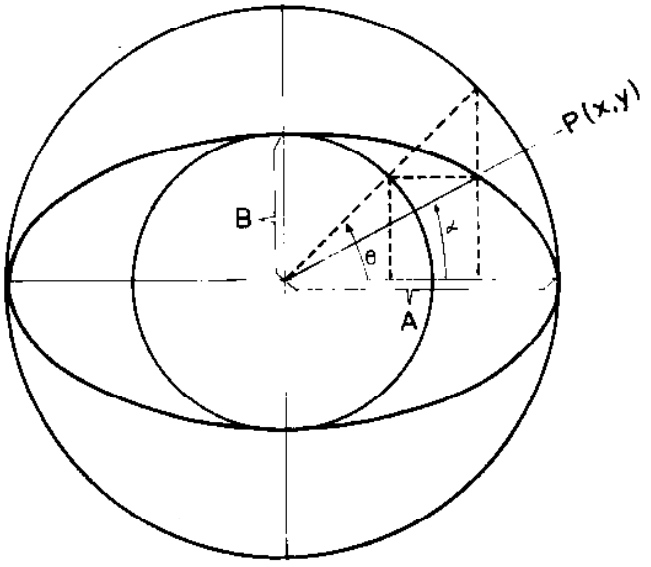


Fig 1.39 Esquema usado para la deducción de la fórmula 1.27

)00090

$$\Delta = 1/\left[\frac{\cos^2\alpha}{A^2} + \frac{\operatorname{sen}^2\alpha}{B^2}\right]^{1/2} = B/\left[\operatorname{sen}^2\alpha + B^2/A^2 \cos^2\alpha\right]^{1/2} = B\left[1-\left(1-\frac{B^2}{A^2}\right)\cos^2\alpha\right]^{1/2}$$

$$\therefore \bar{\Delta} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \frac{B}{\left[1-\left(1-\frac{B^2}{A^2}\right)\cos^2\alpha\right]^{1/2}}\, d\alpha$$

Sean

$\theta = \pi/2 - \alpha$, $d\theta = -d\alpha$

$\alpha = 0 \Rightarrow \theta = \pi/2$ $\alpha = \pi/2$, $\theta = 0$

$\cos^2\alpha = \operatorname{sen}^2\theta$

Se obtiene $\rightarrow$ $1 - B^2/A^2 = m > 1$

$$\bar{\Delta} = \frac{2B}{\pi}\int_0^{\pi/2} \frac{1}{[1-m\operatorname{sen}^2\theta]^{1/2}}\, d\theta = \frac{2B}{\pi} K(\pi/2, m) = \frac{2B}{\pi} K(m) \quad (1\cdot31)$$

donde K(m) es una integral elíptica de primer tipo, cuyos valores aparecen tabulados. En la fig.(1·40)se representan las relaciones $\bar{\Delta}/B$ y $\bar{\Delta}/A$ en función de A/B

El valor del ángulo $\bar{\alpha}$ correspondiente a $\bar{\Delta}$ se calcula sustituyendo $\bar{\Delta}$ en (1·30)

$$\frac{\bar{\Delta}^2\cos^2\bar{\alpha}}{A^2} + \frac{\bar{\Delta}\operatorname{sen}^2\bar{\alpha}}{B^2} = 1$$

$$\cos^2\bar{\alpha} + \frac{A^2}{B^2}\operatorname{sen}^2\bar{\alpha} = A^2/\bar{\Delta}^2 \Rightarrow 1 - \operatorname{sen}^2\bar{\alpha} + \frac{A^2}{B^2}\operatorname{sen}^2\alpha = A^2/\bar{\Delta}^2$$

$$\operatorname{sen}^2\bar{\alpha} = \frac{1 - A^2/\bar{\Delta}^2}{1 - A^2/B^2} = 1 - \frac{A^2/B^2\,(\pi/2 - K(m))^2}{1 - A^2/B^2}$$

$$\bar{\alpha} = \operatorname{sen}^{-1}\left[\frac{1 - A^2/B^2\,(\pi/2 - K(m))^2}{1 - A^2/B^2}\right]^{1/2} \quad (1\cdot32)$$

En la fig.(1·41)se muestra la dependencia funcional $\bar{\alpha}$ vs A/B

La consideración de que la fórmula de campo macrosísmico puede ser válida en una dirección cualquiera entre el eje mayor y el menor permite considerar diversos comportamientos de la atenuación. Por ejemplo, si esta dirección es la del eje mayor, la elipse correspondiente a una isosista cualquiera estará inscrita en la isosista circular correspondiente determinada por la fórmula(1·24) Por el contrario, si esta dirección es la del eje menor, la isosista elíptica circunscribirá a la circular. Resulta evidente que la diferencia en áreas entre ambas puede llegar a ser considerable para elipses muy alargadas. Estos casos son los dos extremos; para cualquier otra dirección intermedia la elipse --

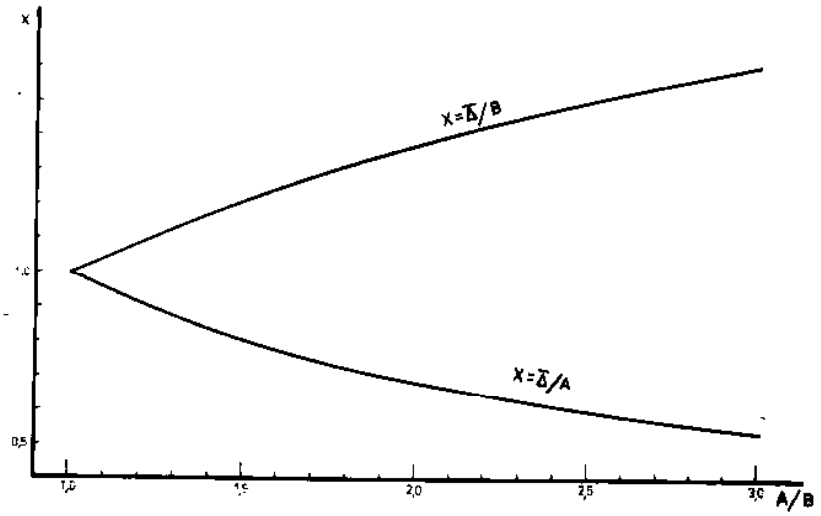


Fig 1.40 Comportamiento del valor del radio medio de la elipse del modelo con respecto a la relación A/B

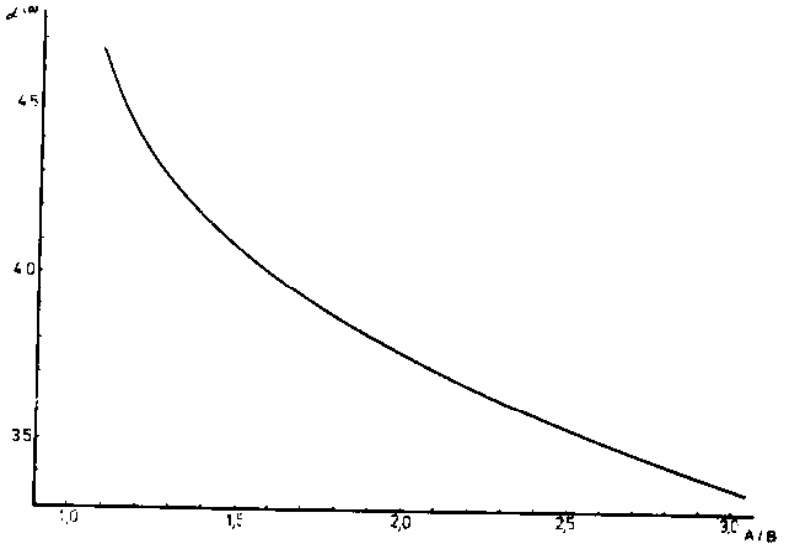


Fig 1.41 Comportamiento del ángulo α correspondiente a la relación A/B

000092

correspondiente es mayor que la del primer caso y menor que la del segundo, intersectando al círculo determinado por (1.24) en 4 puntos.

Para representar gráficamente lo anteriormente expresado fueron trazadas las isosistas de 5 grados para un terremoto de magnitud M_s=6, profundidad 15 km y coeficientes de la fórmula (1.24) semejantes a los de la (1.16). Se consideraron varios casos: las direcciones A, $\bar{A}$ y B, y los valores de la relación entre semiejes A/B 1.2, 1.6 y 2.0 (fig. 1.42). En cada uno de los 2 gráficos aparecen dibujadas las isosistas elípticas correspondientes a las 3 direcciones de validez de la fórmula (1.24) la isosista circular dada por la propia fórmula, así como los ejes coordenados y la dirección correspondiente al ángulo $\angle$ donde se intersectan la isosista circular y la elíptica correspondiente a la dirección $\bar{A}$ de validez de (1.24) Como se ve de estas figuras la diferencia entre las isosistas se acentúa con el aumento del valor A/B. El radio de la isosista circular es de 120 km aproximadamente.

1.3.2.2. Programa ISOSISTA

Para el ajuste del modelo teórico a los diferentes casos experimentales se confeccionó el programa ISOSISTA en lenguaje FORTRAN. El mismo grafica el campo macrosísmico de terremotos en cualquier escala hasta unas dimensiones lineales limite de 37.2 cm x 30.2 cm a partir de la intensidad I=3. Las intensidades se simbolizan por números arábigos hasta I=9, la intensidad igual 10 por una x (X), y las intensidades mayores que 10 por un asterisco. Las distancias entre símbolos para el caso de la impresora de la computadora EC-1022 son de 0.418 cm a lo largo del eje mayor y de 0.254 cm a lo largo del eje mayor. Los datos iniciales son: coeficientes de la fórmula (1.24) profundidad, razón A/B, magnitud M_s, escala y dirección de validez de la fórmula (1.24) (A, $\bar{A}$, B). En la fig. (1.43) se muestra un ejemplo de los resultados del mismo. En el epígrafe 1.5 se incluye la documentación del programa en el manual de utilización.

000093

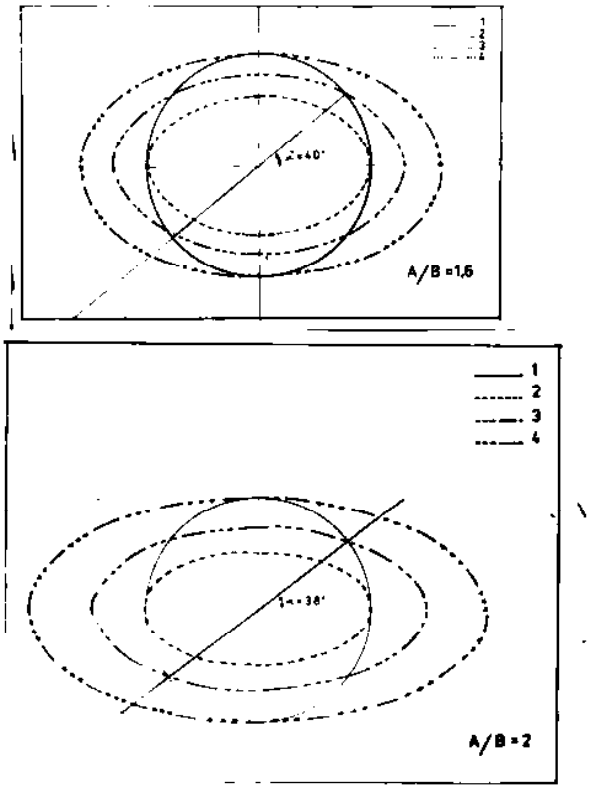


Fig 1-12 comparación entre las diferentes isosistas que se pueden obtener usando el modelo para 2 valores de la relación A/B. 1- isosista circular, 2- elípticas con $r_e = A$, 3- elípticas con $r_e = \bar{A}$, 4- elípticas con $r_e = B$

000094

1.3.3 Reevaluación de los datos macrosísmicos y confección del catalogo de terremotos fuertes de las Antillas - Mayores.

1.3.3.1 Metodología de reanálisis de los datos macrosísmicos.

La confección del catálogo de terremotos fuertes ocurridos en esta región de las Antillas Mayores, implicó desde su inicio, una dirección de trabajo encaminada a la recopilación de investigaciones realizadas por otros autores, en las que se incluyeran catálogos de sismos perceptibles de cada uno de los países del área, o al menos la descripción de los datos macrosísmicos de algún terremoto fuerte ocurrido en esta región.

Colateralmente, se planteó la necesidad de unificar las evaluaciones de intensidad sísmica de estos terremotos, debido a que las referencias consultadas no presentaban los datos en una misma escala sísmica. Debemos señalar que una parte de los materiales consultados, fueron publicados utilizando los textos de sus fuentes originales, lo que facilitó nuestro trabajo; otros sólo presentaban las descripciones sin evaluar o bien sus evaluaciones de intensidad sísmica con escalas en desuso actualmente. Como escala única se escogió la MSK, por la facilidad que ofrece para comparar los efectos producidos por un terremoto en cada grado de intensidad y por ser utilizada actualmente en nuestro país. Este último factor contribuyó grandemente a nuestra selección, ya que una parte de los terremotos estudiados están reportados en Cuba y evaluados por la escala MSK.

No obstante, en el desarrollo del trabajo surgió una dificultad adicional que implicó una revisión más detallada de la información recopilada y fundamentalmente de los datos macrosísmicos propiamente dichos. Esta dificultad se refiere a que al chequear algunos datos de terremotos reportados por varios autores y en particular al convertir las intensidades sísmicas a la MSK se encontraron incongruencias significativas en estos valores.

De esta forma, se hizo necesario un cambio de dirección en este trabajo, en la que no solamente se efectuó una conversión de intensidades de acuerdo con la table 1.12 (Medvedev, S.V. et al, 1965), sino que se realizó una revisión detallada, hasta donde fue posible, de los datos macrosísmicos de base de cada uno de los terremotos considerados.

Para cumplimentar esta revisión, se tomaron los datos macrosísmicos reportados para cada terremoto por las fuentes conocidas y se evaluaron directamente utilizando la escala MSK. Sólo en el caso de que el sismo careciera de información de base, se utilizó la conversión directa de escalas, aunque teniendo en cuenta los criterios para evaluar los datos macrosísmicos de cada autor, de acuerdo con la escala de intensidades utilizada.

Sin embargo, queremos señalar que nuestras evaluaciones de intensidad sísmica, de los terremotos ocurridos en las Antillas Mayores, están limitadas por la cantidad de información consultada. No obstante esto, las referentes a sismos fuertes con epicentro macrosísmico en la zona de la isla de Cuba y sus acuatorias, consideramos están suficientemente apoyadas por datos macrosísmicos.

Otro resultado de interés obtenido en nuestro trabajo, se refiere a que los datos de las diversas fuentes presentaban generalmente, las afectaciones de la zona donde estaban reportadas las intensidades mayores de cada terremoto, sin considerar que éste hubiera sido perceptible en más de una de las Antillas Mayores. Este factor fue tenido en cuenta por nosotros, sobre todo a la hora de confeccionar los mapas de isosistas de estos terremotos.

TABLA 1.12

Comparación de la escala MSK con otras escalas de intensidad sísmica.

ESCALA ROSSI FORELL 1873	ESCALA MERCALLI CANCANI STEBERG 1917	ESCALA MERCALLI MODIFICADA	ESCALA MSK 1978	ESCALA MAXWELL HALL * 1922
I	I	I	I	
II	II	II	II	I
III	III	III	III	I
IV	IV	IV	IV	II
V-VI	V	V	V	III
VII	VI	VI	VI	IV
VIII	VII	VII	VII	V
IX	VIII	VIII	VIII	VI
X	IX	IX	IX	VI
X	X	X	X	
X	XI	XI	XI	
X	XII	XII	XII	

* Esta comparación fue realizada durante el desarrollo de este trabajo, de acuerdo con las descripciones de sus distintos grados.

1.3.3.2 Datos macrosísmicos de la zona La Hispaniola

Con respecto a los datos macrosísmicos de la zona La Hispaniola, fueron utilizados los trabajos de Alvarez y Chuy -- (1986), Chuy (1982, 1984, 1985), Chuy y Alvarez (1984), Chuy y González (1980), Chuy y Fino (1982), datos instrumentales de la red mundial de estaciones sismológicas, Fielding y Taber -- (1919), García (1983), Iñiguez et al (1975), Lynch y Bodle -- (1948) Sherer (1912), Small (1948), Sodosísmica (1979), Taber (1922), Tomblin y Robson (1977), en los cuales aparecía información acerca de cómo habían sido percibidos y los daños producidos por los terremotos más importantes que han afectado esta zona de las Antillas Mayores.

En primer lugar se preparó un listado cronológico de los sismos, que por sus datos representaban haber producido VI grados o más de intensidad. Este fue confeccionado empleando como base de comparación los catálogos de R. García (1983), H. Iñiguez et al (1975), de Sodosísmica (1979) y de Tomblin y Robson (1977), por ser a nuestro juicio los más completos sobre esta zona.

De este listado, en el que mantuvimos las intensidades originales reportadas por sus autores (Mercalli-Cancani-Sieberg - los tres primeros y Mercalle Modificada el último), nos llamó la atención el que en la zona de La Hispaniola se reportaran sismos de grado XI en 1615, 1684 y 1842, y de grado X en 1673, 1751 y 1943; lo que implicaba, de acuerdo con la relación logarítmica de la frecuencia de eventos con respecto a los valores de magnitud (o intensidad), una considerable cantidad de eventos de grados VII, VIII y IX. Esta consideración, de la que podía inferirse un valor extremadamente alto de la peligrosidad sísmica en esta zona, nos indujo a revisar cuidadosamente los - datos de estos sismos, sobre todo porque los grados X y XI re-

portados, escala Mercalli-Cancani-Sieberg, equivalen al mismo grado en la escala MSK (ver tabla 1.8).

Del sismo de grado XI (M-C-S) de 1615, se informaba que dañó las fábricas en el reporte de Iñiguez et al (1975); sin embargo, García (1983), lo califica de exagerado y no aparece señalado en el catálogo de Tomblin y Robson (1977). Se encuentra adicionalmente la información en el listado de Sodosísmica (1979) de que "dio en tierra con lo más vistoso de sus fábricas", lo que coincide también con Iñiguez. Es evidente que con esta información no es posible asociarle grado XI de intensidad sísmica a este terremoto, sino VII en la escala MSK.

Del sismo de grado X (M-C-S) de 1673, Iñiguez et al (1975) y García (1983) señalan que todas las casas quedaron destruídas o inhabitables, Sodosísmica (1979) especifica que sufrieron destrucción los conventos de Santa Clara, Las Mercedes y de Los Franciscanos. Tomblin y Robson (1977) no lo reportan y Sherer (1912) señala solamente destrucción considerable. Partiendo de estos factores y teniendo en cuenta que el año anterior, 8 meses antes de éste, se reportó un sismo de grado VIII (Mercalli-Cancani-Sieberg) en la misma ciudad, además de la forma en que estos autores presentan otros reportes, nos hicieron considerarlo como de IX grados MSK como máximo.

El sismo de grado XI (M-C-S) de 1684, Iñiguez et al (1975) y García (1983) coinciden en señalarlo como uno de los más desastrosos. Sodosísmica (1979) y Sherer (1912) coinciden también en que fue desastroso en Santo Domingo y Azua, sin ninguna otra información adicional. En principio este terremoto no puede ser evaluado con un grado mayor de IX (MSK), considerando como criterio adicional la forma de evaluación de estos autores en otros terremotos.

El sismo de grado X (M-C-S) de 1751, se dejó en IX de la escala MSK, debido a que las fuentes se limitan a referir que

hubo daños considerables en los principales edificios de las localidades más afectadas, contando además de que produjo - Tsunami en la zona costera. Sin embargo Tomblin y Robson (1977) limitan los efectos a los de grado VIII (Mercalli Modificada) y Scherer (1912), aunque no da evaluaciones, tampoco describe efectos significativos.

La tendencia a sobreestimar el grado de intensidad de los sismos ocurridos en la zona La Hispaniola, no sólo se presentó en terremotos destructores, sino también con los de intensidad media. El sismo de 1734 por ejemplo, Iñiguez et al (1975) basándose en que produjo sacudidas fuertes lo evalúan en VII grados (M-C-S), sin embargo García (1983) que consultó las mismas fuentes no lo señala. Sodosísmica (1979) coincide con Iñiguez basado en la misma información y Scherer se limita a reportarlo como un sismo serio. De acuerdo con criterios semejantes en otros casos evaluados por estos autores, se le asignó grado VI en MSK.

Otro ejemplo es el sismo de 1805, evaluado en VIII grados (M-C-S) por Iñiguez et al (1975), basado en que causó gran alarma y produjo pérdidas de equilibrio en las personas, sin embargo estos autores señalan que no produjo daños de ningún tipo en las edificaciones. Este sismo García (1983) no lo reporta y Sodosísmica (1979) se limita a repetir lo planteado por Iñiguez. Este sismo fue evaluado en VI grados, escala MSK.

De esta forma, al analizar cada sismo en particular, se - hizo evidente la necesidad de reanalizar las intensidades de cada uno de ellos, utilizando directamente los datos macrosísmicos, ya que encontramos en general, que los diversos autores - con la misma información diferían en sus evaluaciones, sobreestimaban en unos casos y subestimaban en otros de acuerdo con - los datos macrosísmicos que señalaban en sus textos. Los resultados de nuestras reevaluaciones de acuerdo con la escala MSK, se presentan en las tablas 1.16 y 1.17 (apéndice 1.3.5)

100100

1.3.3.3 Datos macrosísmicos de la zona de Jamaica

Para la zona Jamaica se tomaron de base los siguientes trabajos: Alvarez y Chuy (1986), Alvarez et al (1983), Chuy (1984, 1985), Chuy y Alvarez (1984), Chuy y Pino (1982), datos instrumentales de la red mundial de estaciones sismológicas, Pereira (1978), Poey (1855a, 1855b, 1857), Taber (1920, 1922), Tomblin y Robson (1977).

Para la elaboración del listado de base de esta zona, se tomó de referencia el trabajo de Tomblin y Robson (1977), el cual presenta las evaluaciones de los terremotos utilizando dos escalas de intensidad sísmica: Mercalli-Modificada y Maxwell - Hall. Respecto a esta última, por no existir una relación conocida entre sus grados (I al VI) y la propia Mercalli-Modificada o la MSK, fue necesario establecerle en forma aproximada, de acuerdo con la descripción de los efectos con que evalúan distintos terremotos de Jamaica estos autores. (ver tabla 1-12)

Teniendo en cuenta las dificultades confrontadas, en la confección del listado cronológico de los terremotos fuertes de la zona La Hispaniola, se procedió a realizar, no ~~en las fuentes~~ solo las equivalencias de la escala utilizada en las fuentes a la MSK, sino también el reanálisis de los datos macrosísmicos directamente.

Sin embargo, debemos destacar que aunque también se presentaron incongruencias respecto a los grados con que se evaluaron algunos efectos producidos por los terremotos de esta zona, y que las descripciones de los sismos no presentaban el mismo grado de detallamiento en todos los casos, al ser reanalizados según la escala MSK, la distribución de intensidades era bastante aceptable, en correspondencia con la distribución de localidades en esa isla.

Los resultados de las reevaluaciones realizadas de los sismos de esta zona, se presentan en la tabla 1-16 (ver apéndice 1-3-5)

1.3.3.4 Datos macrosísmicos de la zona Cuba

Con respecto a los datos macrosísmicos de la zona Cuba, se tomaron como fuentes los siguientes trabajos: Alvarez y - Chuy (1985), Chuy (1982), Chuy y Alvarez (1984), Chuy y González (1980), Chuy et al (1980, 1983, 1984, 1985), Chuy y Pino (1982), González et al (1984), Jover (1917), Miyamura (1976), Montouliev (1968), Pastor (1917), Tomblin y Robson (1977). - En ellos aparecía la mayoría de la información conocida de los terremotos ocurridos en este territorio.

No obstante, durante las investigaciones del tema 31002 "Estudio del riesgo sísmico y de la variación de la intensidad de los terremotos en el territorio de la ciudad de Santiago de Cuba", sobre la base de consulta de periódicos y revistas de - las fechas en las que se conocía habían ocurrido sismos, se - incrementó el Fondo de datos macrosísmicos del Dpto. Sismología y fue posible presentar un catálogo de los terremotos -- ocurridos en esa zona.

Este Fondo de datos actualizado, conjuntamente con los datos de campo recopilados con motivo de los últimos terremotos perceptibles de la región suroriental, nos permitió acometer el estudio del campo macrosísmico de algunos sismos particulares, tales como el que en 1914 produjo de estremecimientos de VII - grados en Gibara. También fue posible con esta información, realizar estimados de los parámetros espacial-energéticos de los terremotos ocurridos en Cuba, los cuales sirvieron de apoyo a algunos de los trabajos señalados anteriormente.

Los resultados de estas evaluaciones se presentan en las tablas 1.16 y 1.18 (apéndice 1.3.5)

1.3.3.5 Datos macrosísmicos de la zona Puerto Rico

De la zona Puerto Rico propiamente no fue preparado un - trabajo particular, por la falta de fuentes en las que se describieran los datos macrosísmicos completos de los terremotos

ocurridos en esa área.

En este sentido, se realizó únicamente el reanálisis de los datos macrosísmicos del terremoto de 1918, sobre la base de los siguientes trabajos: Fielding y Taber (1919), Fondo de datos macrosísmicos, García (1983), Iñiguez et al (1975), Taber (1922a, 1922b), Tomblin y Robson (1977).

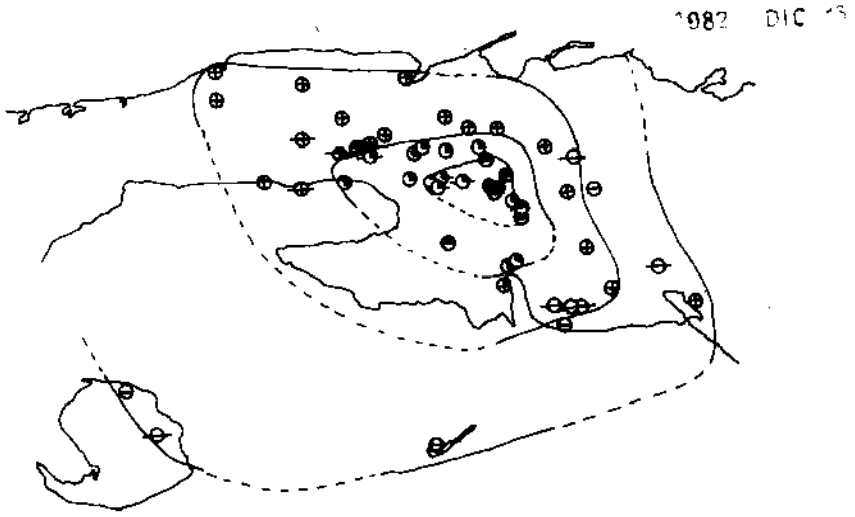
1.3.3.6 Isosistas de terremotos de Las Antillas Mayores

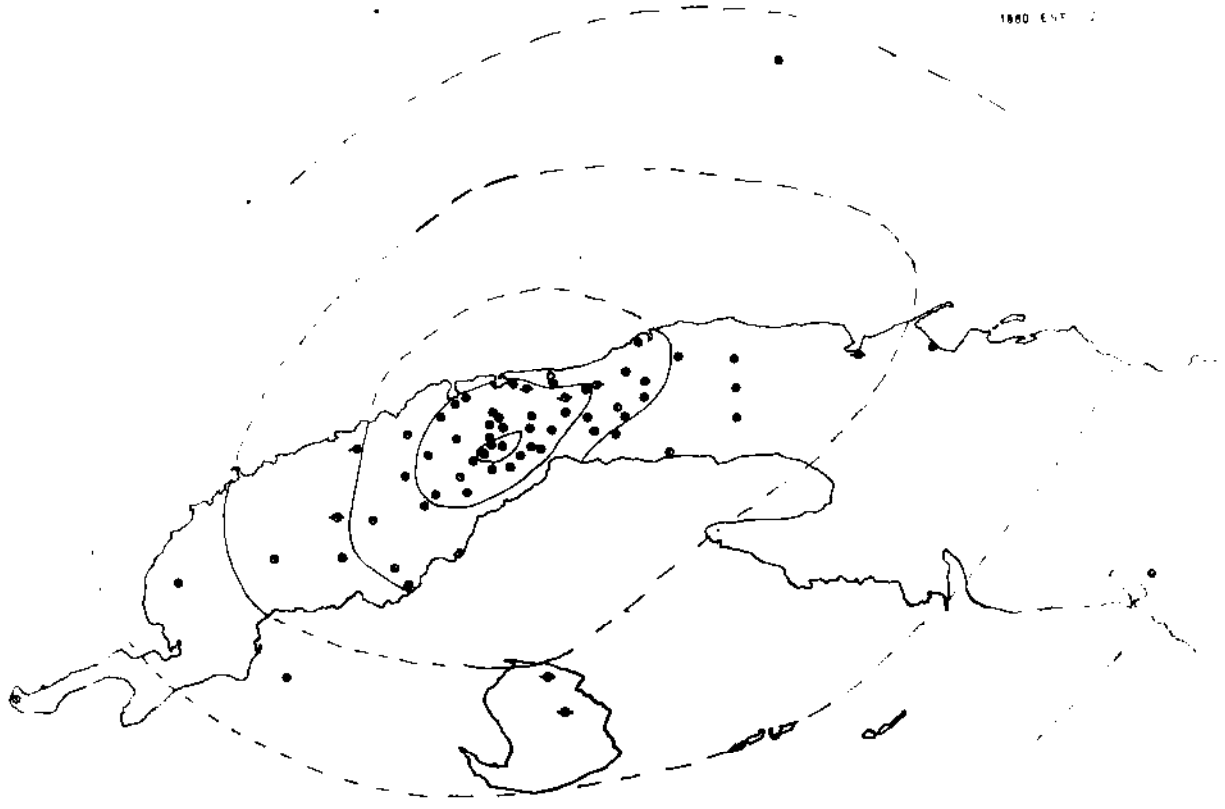
Para la confección de los mapas de isosistas, utilizando los datos macrosísmicos obtenidos de los terremotos analizados en el epígrafe 1.3.3, fueron utilizados los siguientes mapas: Academia de Ciencias de Cuba (1970), Archivo General de Indias (1669), Callejas (1875), Compañía Cubana de Electricidad (1927), Edwards (1794), ESSO (1948a, 1948b), Gentleman's Magazine (1762), Jefferys (1762), de Noya (1906), Shomburg (1858), United Nations (1949) y U.S. Air Force (1947), entre otros. Estos mapas sirvieron para la localización de los lugares donde se reportaban daños producidos por terremotos en las zonas estudiadas.

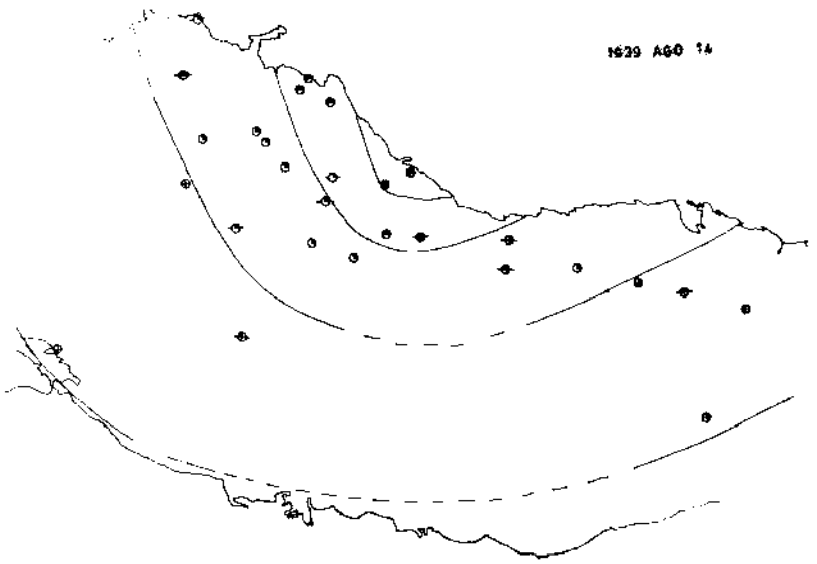
Los mapas de isosistas de terremotos ya publicados anteriormente, fueron revisados teniendo en cuenta la nueva información obtenida, aunque si en principio las isolíneas coincidían, no se presentan en este trabajo, con la excepción del sismo de 1982 de Torriente-Jagueyes Grande y los de 1972 y 1974 de Esmeralda, ambos de Cuba, por ser de interés presentar además la distribución de las localidades donde se reportaron perceptibles estos estremecimientos.

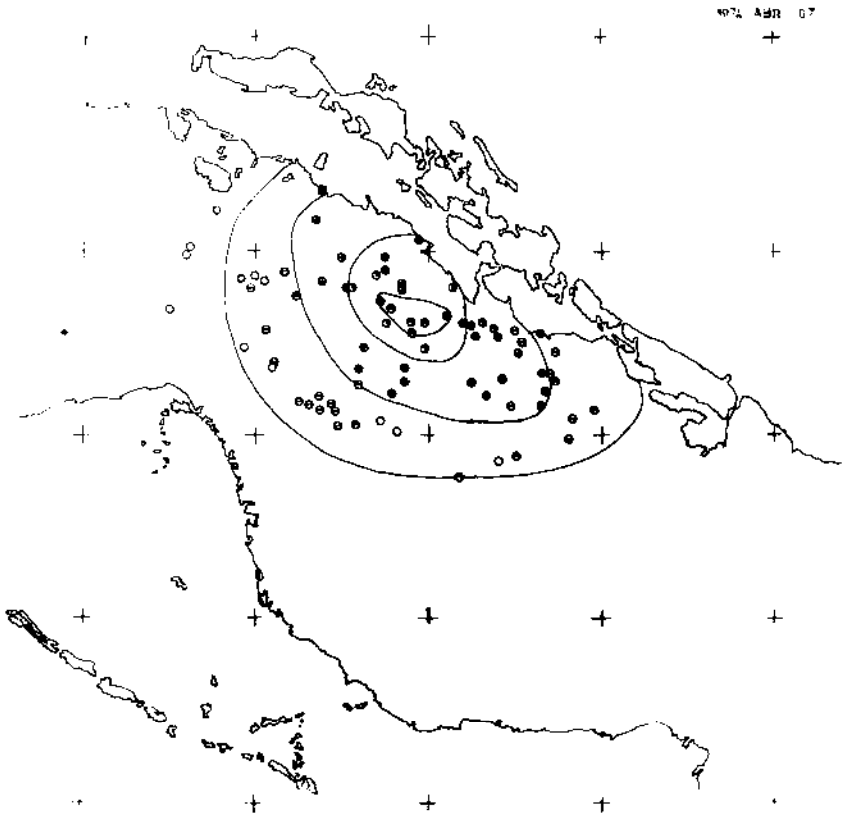
En las fig. (1.49) se muestran estos mapas de isolíneas.

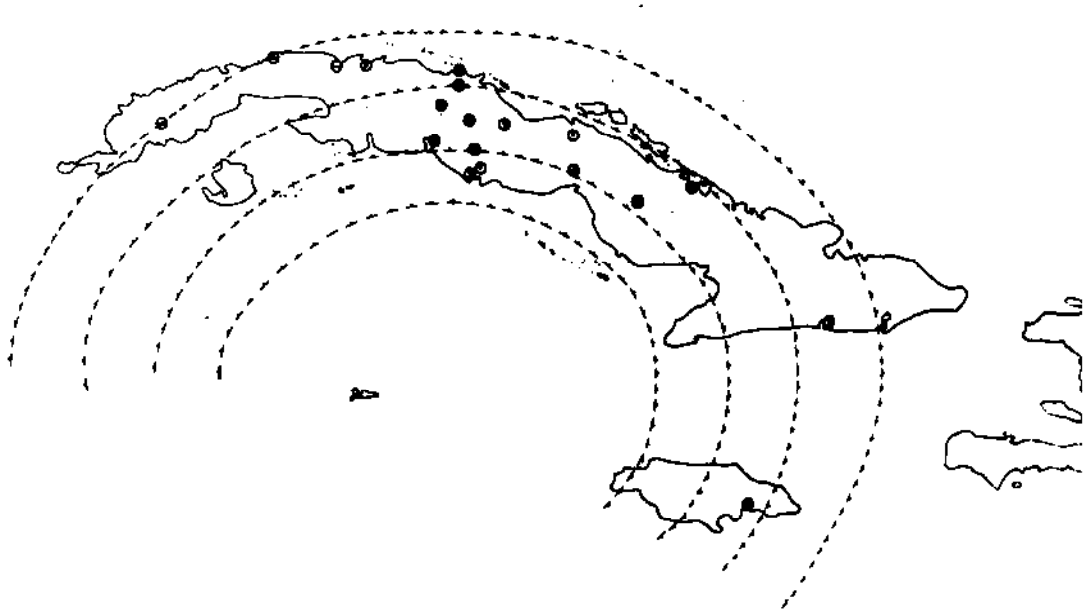
Fig 1.44 Epicentros de terremotos ocurridos en la región del Caribe.



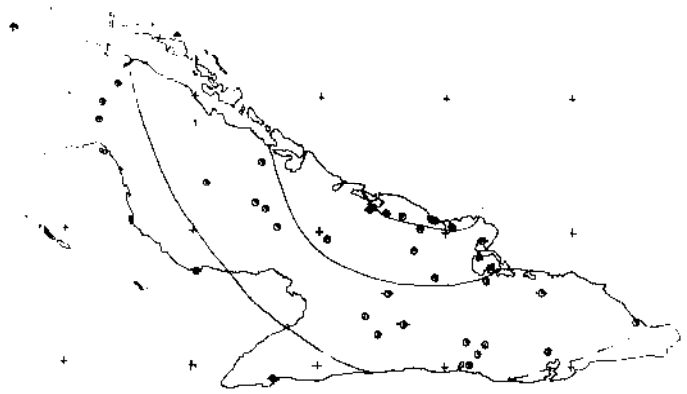


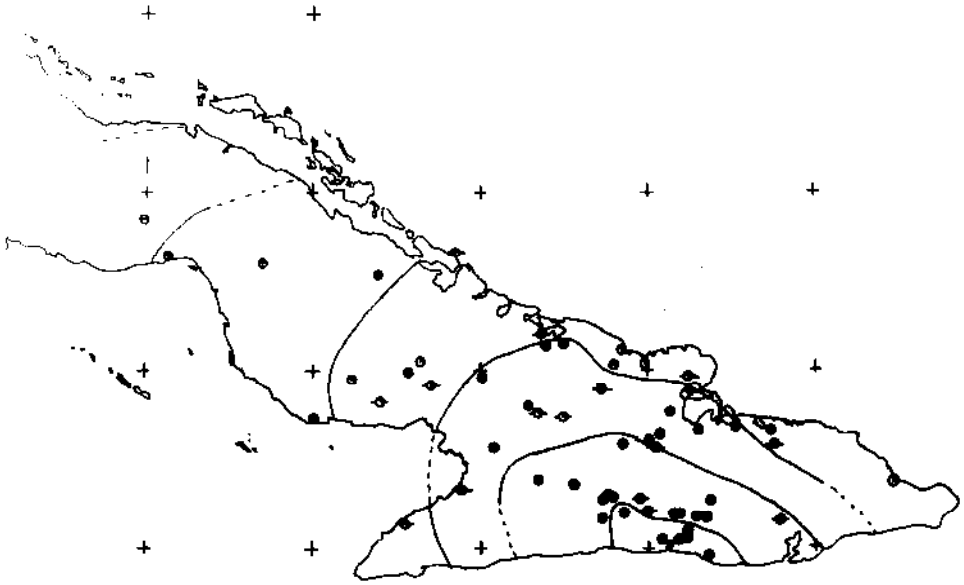

1939 AGO 14

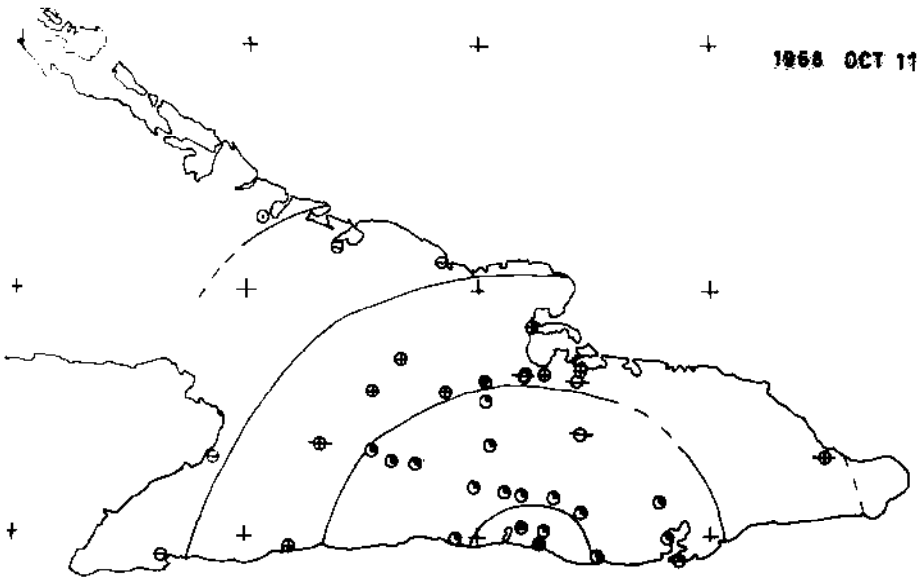

1974 ABR 07



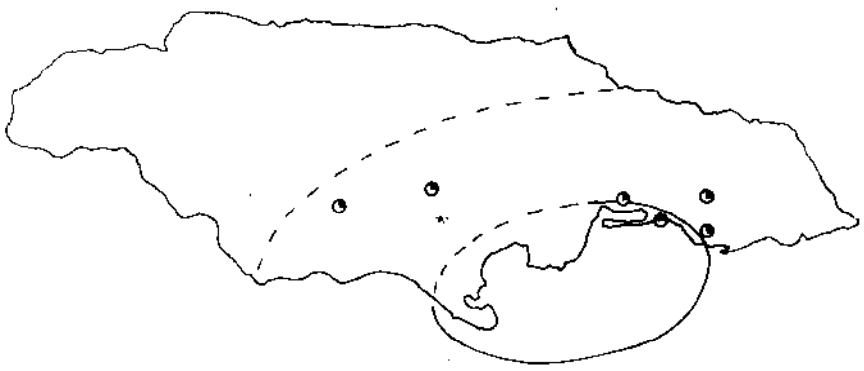
1854 FEB 27



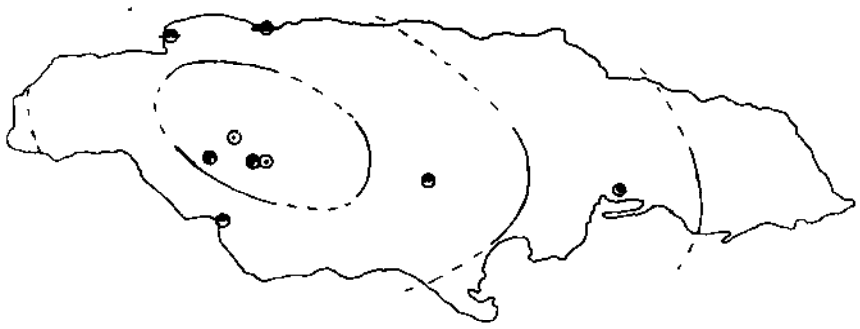



1968 OCT 11

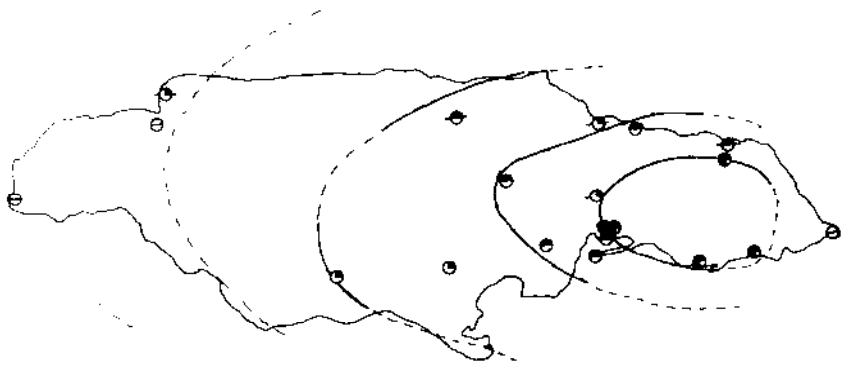
1907 MAR 22



1905 ENE 02

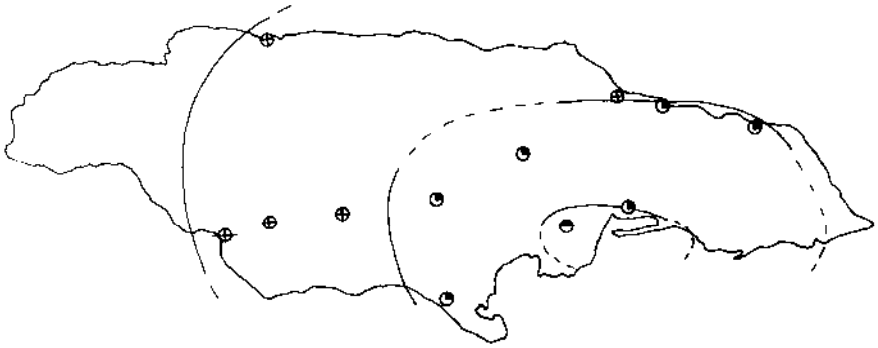


1914 AGO 03

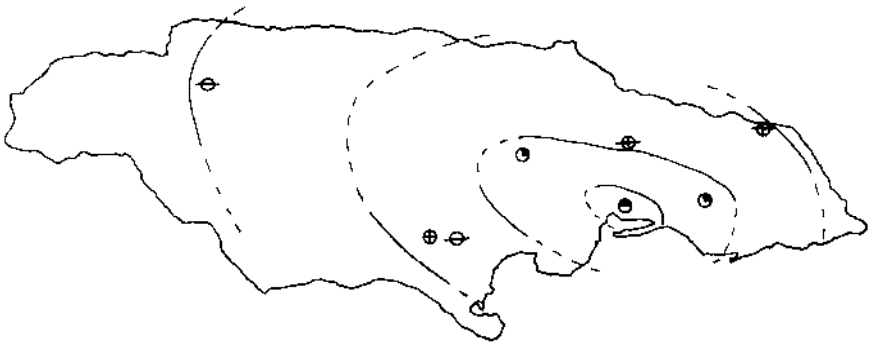


)00109

1914 OCT 14



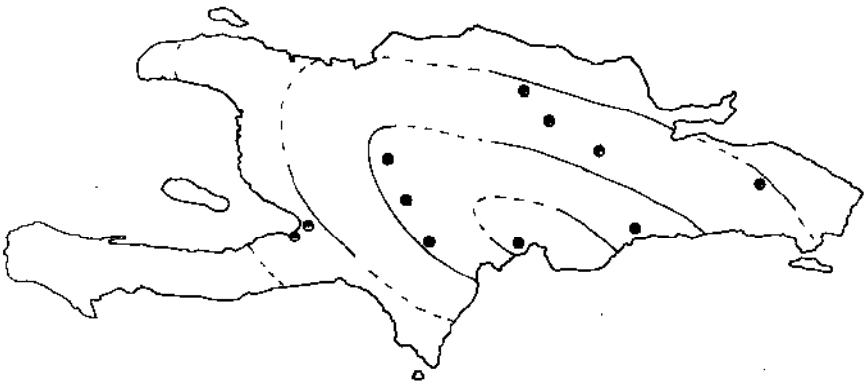
1915 SEP 11



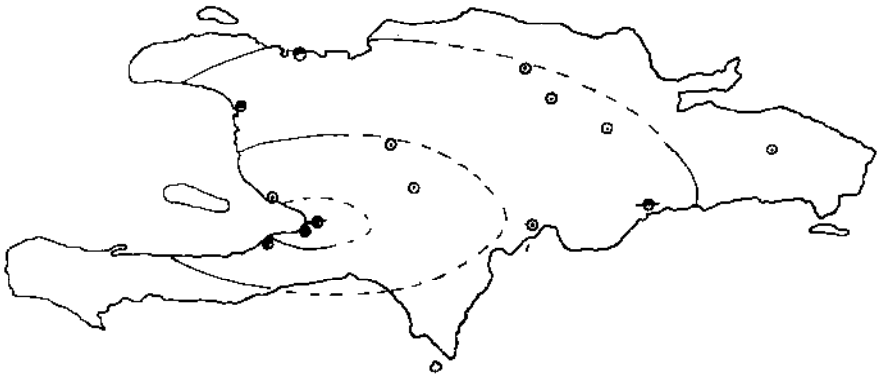
1916 ENE 30



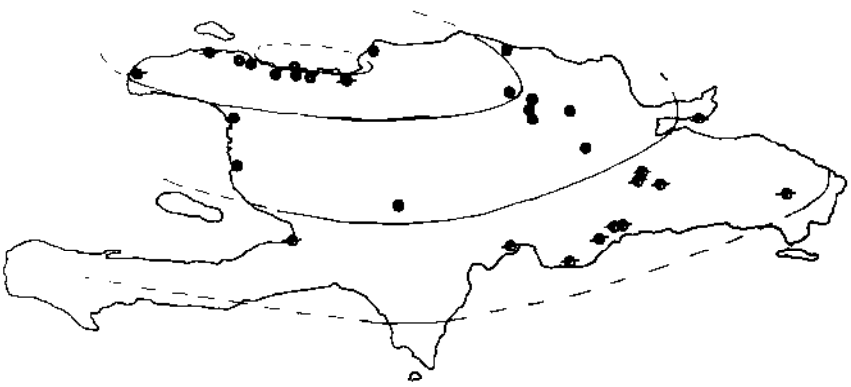
1751 OCT 18

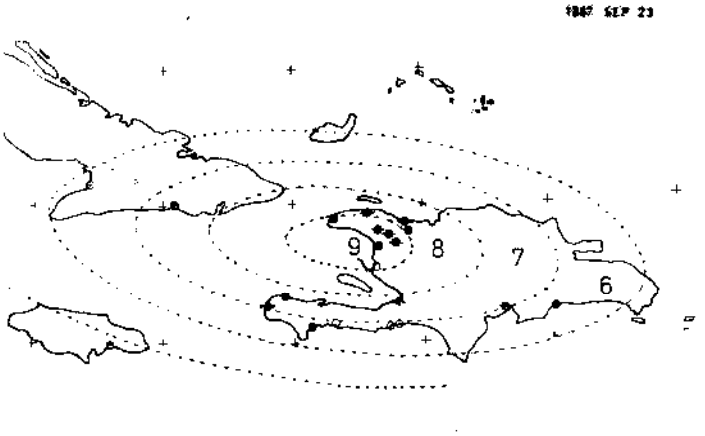


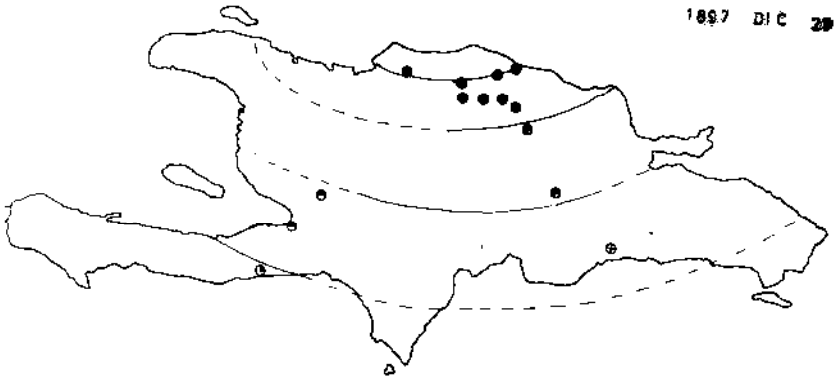
1751 NOV 21



1842 MAY 07

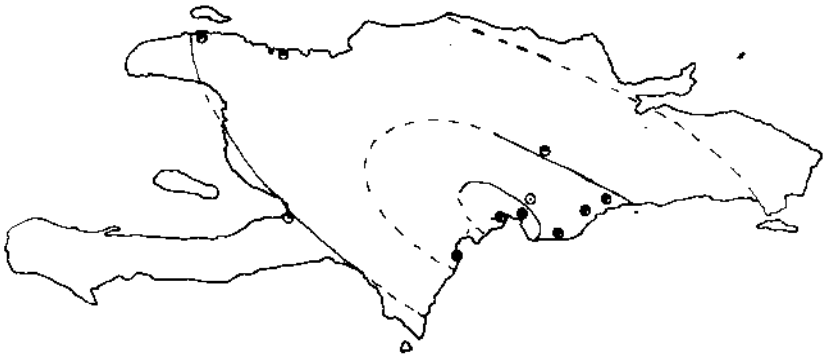



9
8
7
6

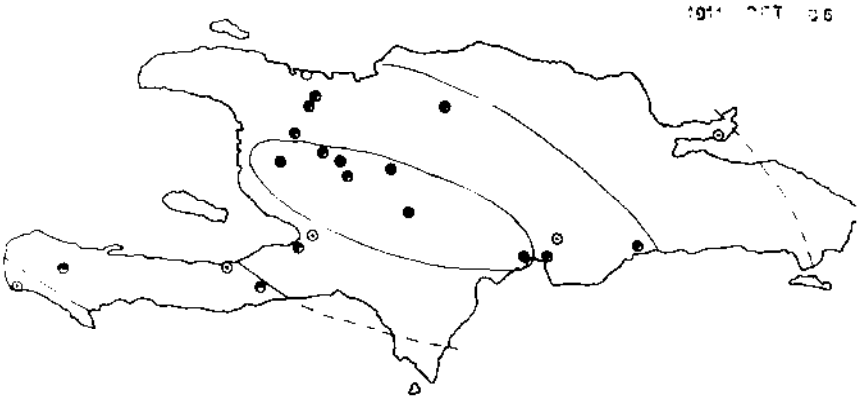




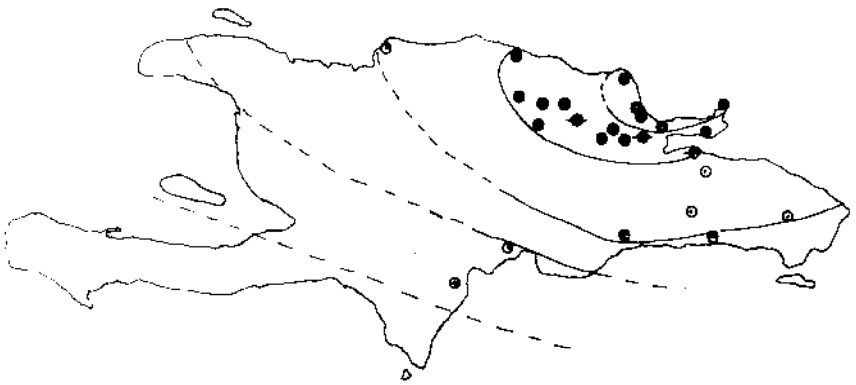
1910 MAY 11



1911 OCT 26



1945 AGO 04



1.3.4 Modelo de isosistas para las Antillas Mayores

1.3.4.1 Datos iniciales y método de análisis

Los mapas de isosistas presentados en el epígrafe 1.3.3 fueron ajustados con el modelo desarrollado en el epígrafe - 1.3.2. En total fueron analizados 32 casos, distribuídos en - la forma siguiente: Cuba occidental (2), Cuba central (5), Cuba nororiental (1), Cuba suroriental (6), región de las islas Caimásn (1), Hispaniola norte (4), Hispaniola sur (7) y Jamaica (7).

Se emplearon para esta región los coeficientes de la fórmula de campo macrosísmico obtenidos por Fedotov y Shumilina - (1973) para Kamchatka (fórmula 1.16).

De tal forma, las fuentes de variación de los parámetros del modelo se redujeron a profundidad, magnitud, relación A/B y dirección de medición de Δe (A,B o $\bar{\Delta}$). Para cada mapa de isosistas se determinó un valor aproximado de la relación A/B. Con este valor, con ayuda del programa **ISOSISTA**, se obtuvo un grupo de mapas teóricos de isosistas variando los otros parámetros. Los parámetros se fueron estimando por un método de prueba y error haciendo ajustes consecutivos de cada uno de ellos.

1.3.4.2 Resultados y discusión

En la tabla 1.13.1 se presentan los parámetros de los - terremotos conjuntamente con los de los modelos ajustados. En la fig. 1.45 se presentan algunos ejemplos del ajuste de los modelos.

Como se ve de esta tabla, los modelos fueron ajustados no solamente para terremotos con magnitudes conocidas, sino tam-- bién para terremotos fuertes históricos y para algunos débiles sin determinaciones instrumentales de M. En los casos de magnitudes instrumentales conocidas, las diferencias entre ellas y las determinadas por el modelo no son significativas, con excepción del terremoto del 7 de agosto de 1947 en Cuba suroriental.

Tabla 1.13

	PARAMETROS DEL TERREMOTO					PARAMETROS DEL MODELO			
FECHA	HORA	COORDENADAS		h	MAGNITUD	A/B	h	Ms	Δ_2
Cuba Occidental									
1880.01.23	04:10	(22.8	83)			1.6	20	5.9	A
1982.12.16	20:20	22.6	81.25		4.5b	1.8	20	4.7	A
Cuba Central									
1939.08.15	03:52	22.5	79.25		5.3-5.9s	1.6	15	5.5	A
1970.11.11	14:24	(21.85	79.2)			1.7	5	2.4	A
1971.07.26	15:26	(21.85	79.2)			1.7	5	2.5	A
1972.06.27	00:12	(21.8	78.05)			2.9	5	3.0	A
1974.04.08	03:18	(21.8	78.05)			1.8	5	3.7	A
Cuba Noreste									
1914.02.28	04:50	(21.3	76.2)			1.4	50	6.2	A
Cuba Sureste									
1932.02.03	06:16	19.7	75.5		6.75s	1.2	30	6.75	A
1947.08.07	00:40	19.75	75.2	50	6.75s	1.1	50	6.3	A
1968.10.11	02:38	19.85	75.95	33	4.2b	1.2	30	5.0	A
1976.02.19	13:59	19.87	76.87	15	5.7s	1.6	15	5.7	A
1983.12.01	00:09	19.9	75.9		3.6s	1.1	15	3.8	A
1984.03.05	17:47	19.95	75.30			1.0	10	3.0	A
Islas Caiman									
1852.07.07	12:25	(19.3	79.5)			1.2	30	7.8	A

001215

FECHA	HORA	COORDENADAS		h	MAGNITUD	A/B	h	Ms	Δ_p
Hispaniola Norte									
1842.05.07	22:25	(19.8	72.2)			2.7	60	8.2	$\overline{\Delta}$
1887.09.23	11:55	(19.5	74.2)			2.7	60	7.9	$\overline{\Delta}$
1897.12.29	11:32	(20.1	71.2)			1.9	50	7.5	$\overline{\Delta}$
1946.08.04	17:51	19.25	69.0		8.1s	2.5	50	7.75	$\overline{\Delta}$
Hispaniola Sur									$<$
1751.10.18	20:00	(18.4	70.6)			2.1	30	7.25	$\overline{\Delta}$
1751.11.21	13:00	(18.6	72.3)			2.1	30	6.5	$\overline{\Delta}$
1770.06.04	00:15	(18.5	72.3)			1.6	70	7.9	$\overline{\Delta}$
1860.04.09	03:30	(18.6	73.2)			2.1	50	6.7	$\overline{\Delta}$
1910.05.11	-	(18.5	70.8)			2.1	30	6.5	$\overline{\Delta}$
1911.10.06	10:16	19.0	70.5		7.0s	2.5	50	7.2	$\overline{\Delta}$
Jamaica									
1907.03.22	23:12	(17.8	76.8)			1.6	30	5.0	A
1908.01.02	13:09	(18.1	77.7)			1.6	20	5.5	A
1914.08.03	11:25	(18.0	76.3)			1.8	20	5.5	A
1914.10.14	07:15	(17.9	76.7)			1.6	30	4.8	A
1915.09.11	11:37	(18.0	76.7)			2.0	10	4.25	A
1916.01.30	08:34	(18.1	76.5)			1.9	10	4.25	A
1978.02.26	05:07	18.17	76.45	15	4.5b,3.9s	2.2	5	4.0	A

Tabla 1.13 Parámetros de los terremotos y modelos ajustados. Las coordenadas entre paréntesis corresponden a determinaciones por datos macrosísmicos.

Fig 1.45 Ejemplos de ajuste del modelo de isoíetas. 1 - isoyeta experimental real, 2 - isoyeta experimental supuesta, 3 - isoyeta teórica, 4 - pluviómetro instrumental

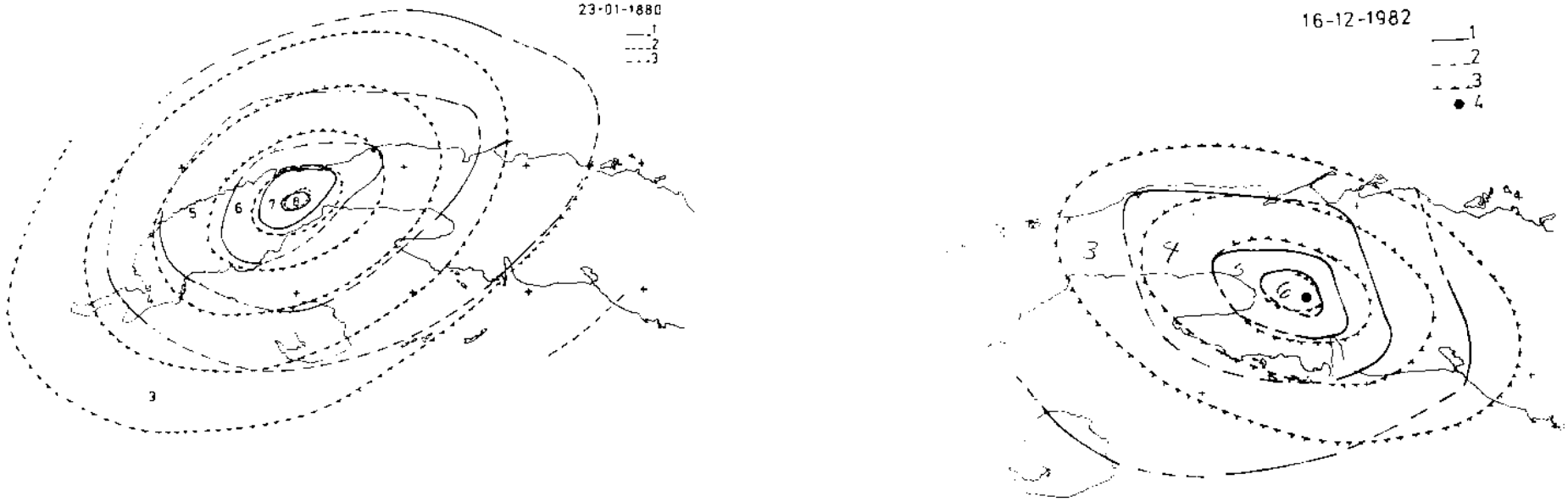
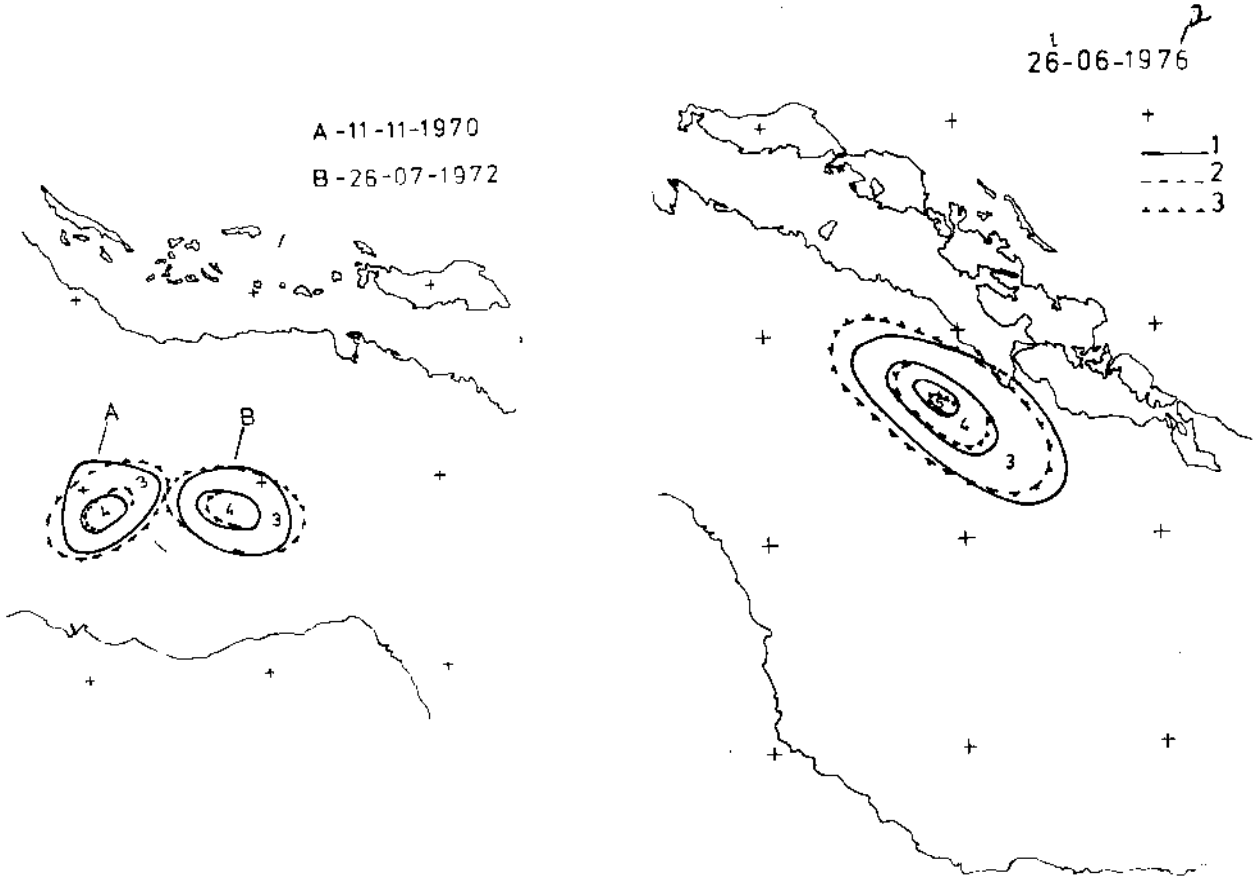
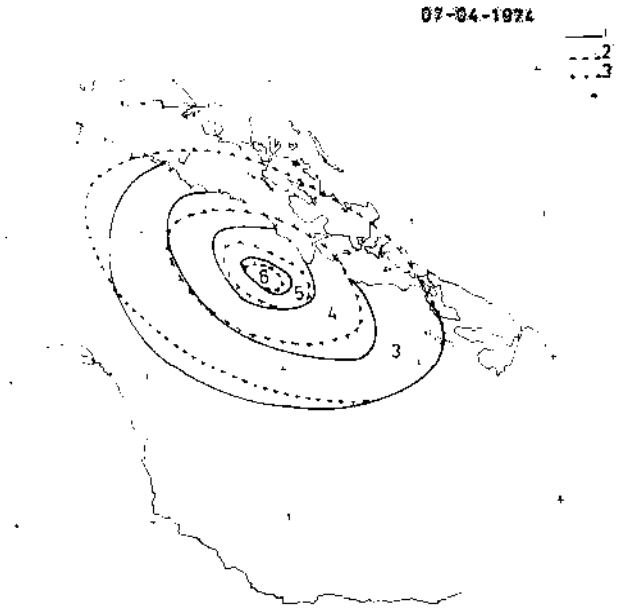


Fig 1.45

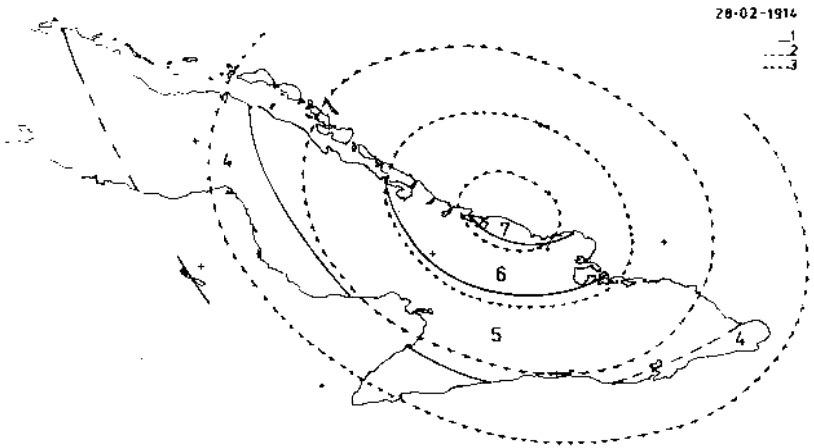
0117

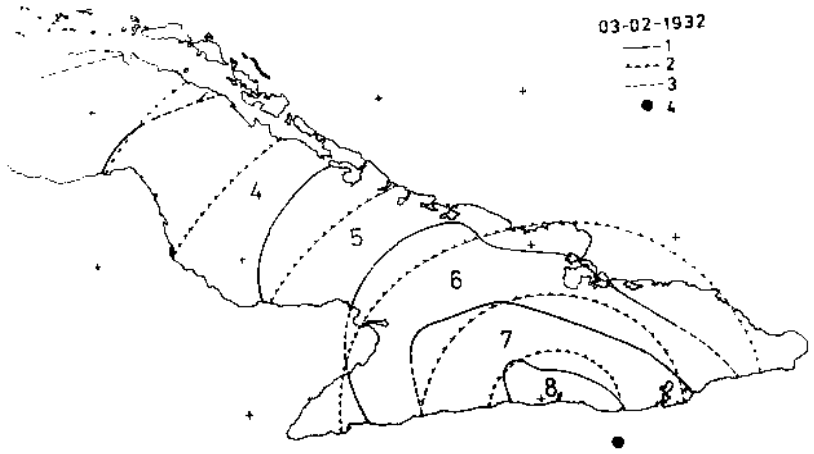


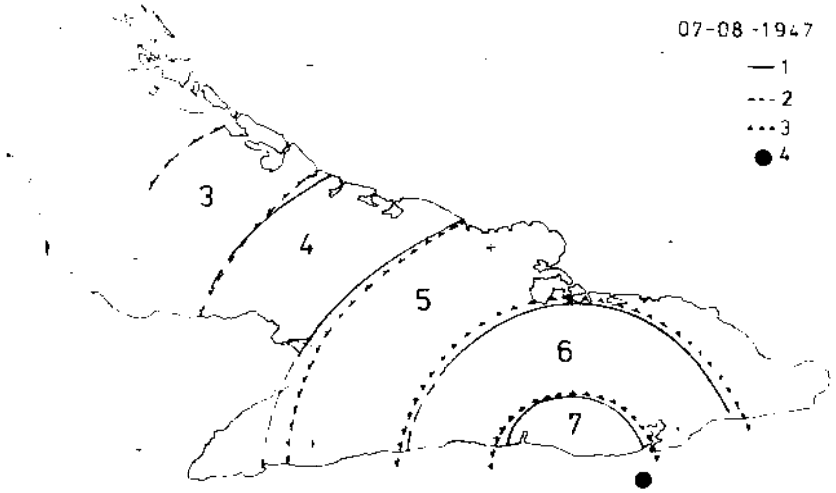


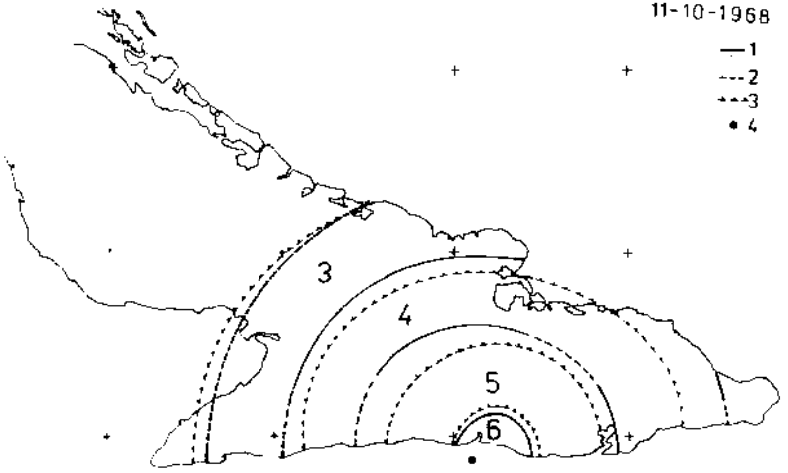
continuación

300119

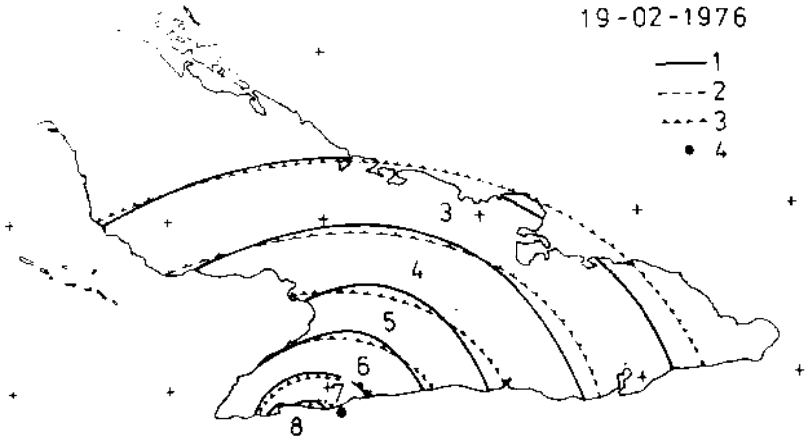

28-02-1914
1
2
3
4
5
6
7

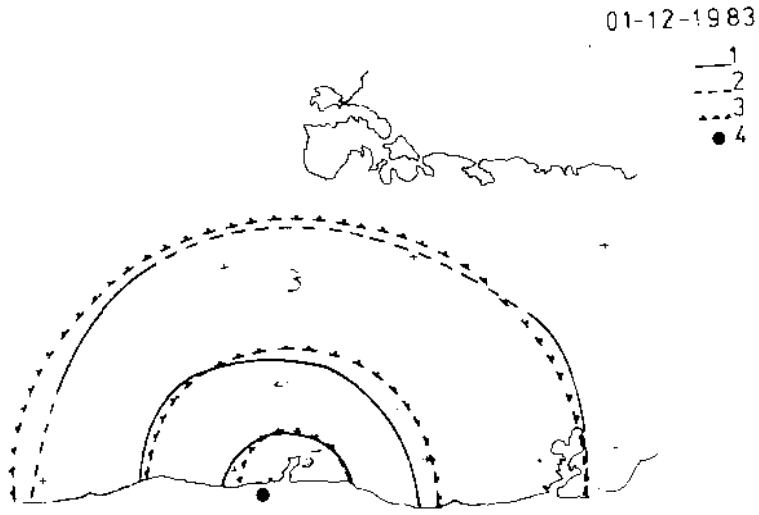

03-02-1932
1
2
3
4
4
5
6
7
8

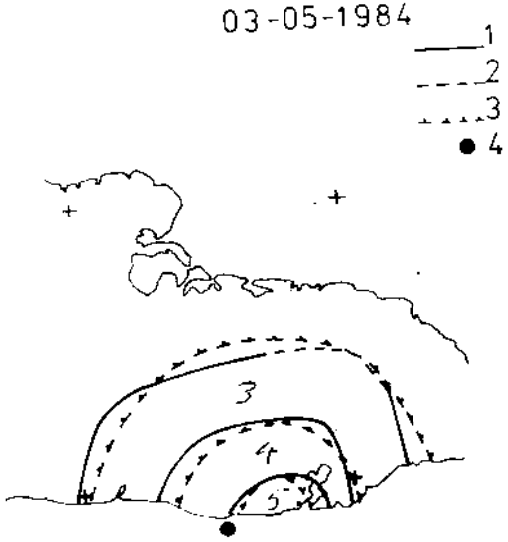

07-08-1947
1
2
3
4
3
4
5
6
7


11-10-1968
1
2
3
4
3
4
5
6

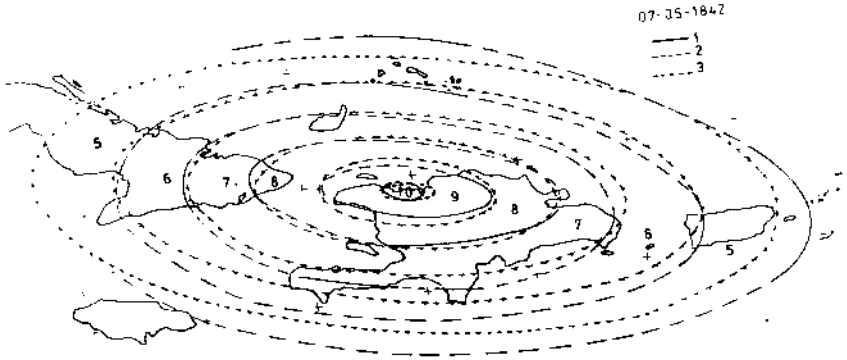
GT100 0014

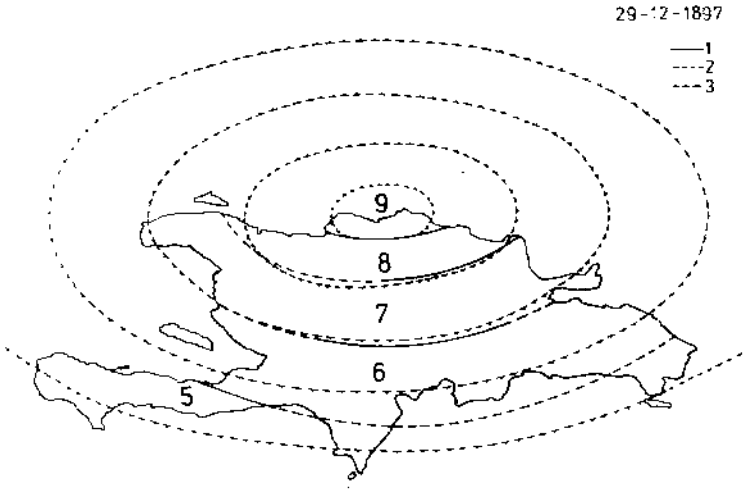


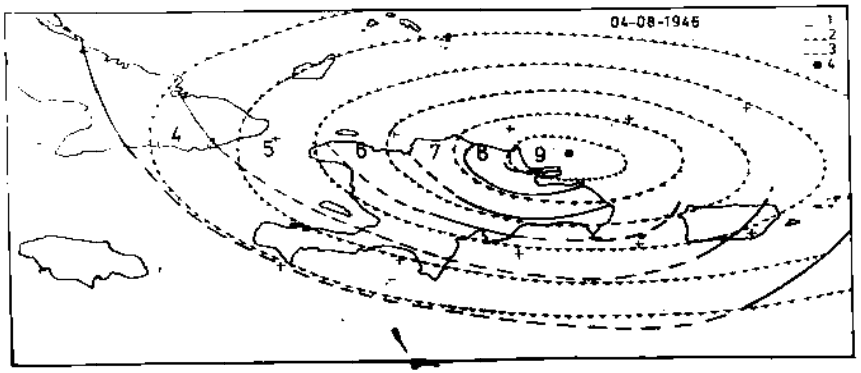




00120


07-35-1842
1
2
3
5
6
7
8
9
10
8
7
6
5


29-12-1897
1
2
3
9
8
7
6
5


04-08-1946
1
2
3
4
4
5
6
7
8
9

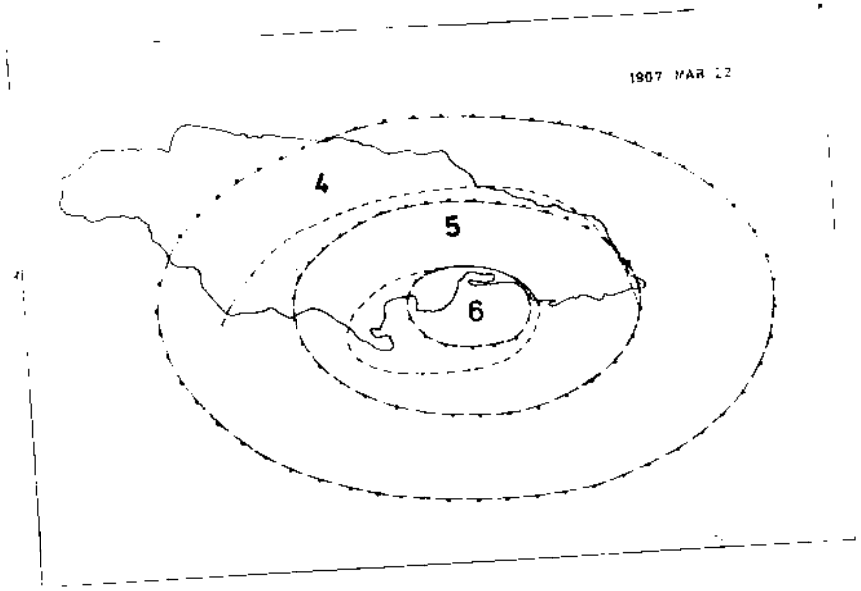
109121

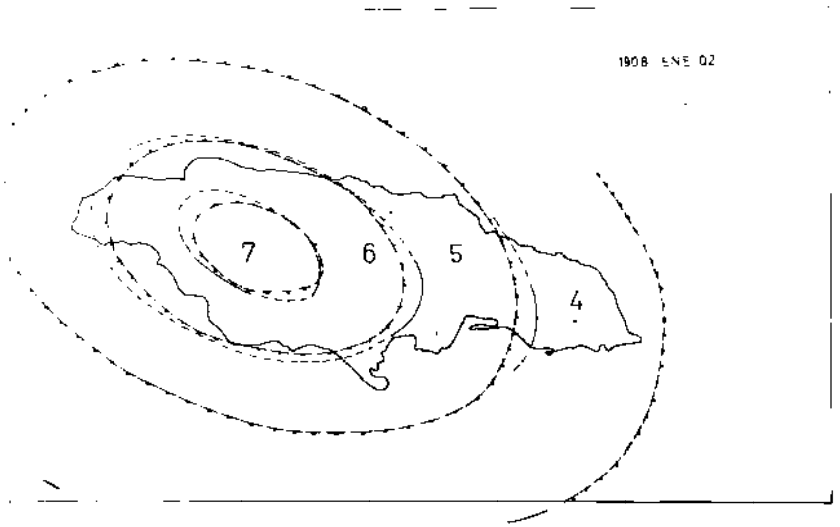
)00122

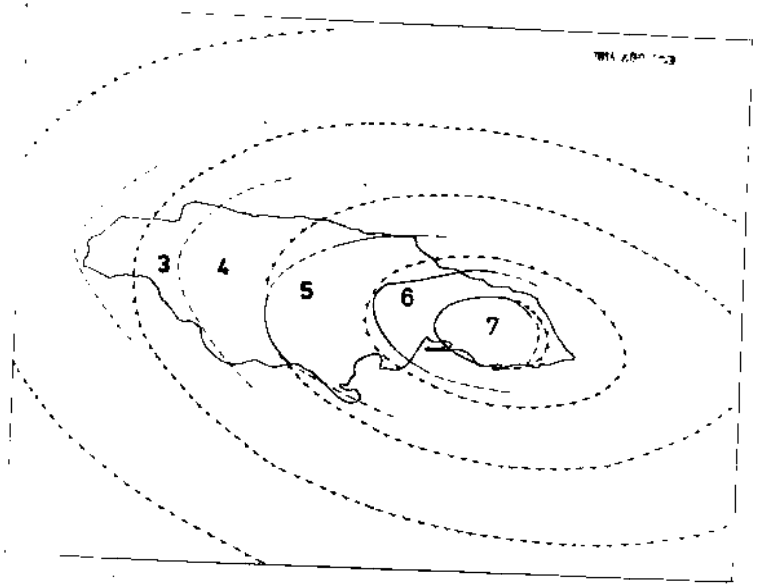
11-05-1910
1
2
3
6
7
8

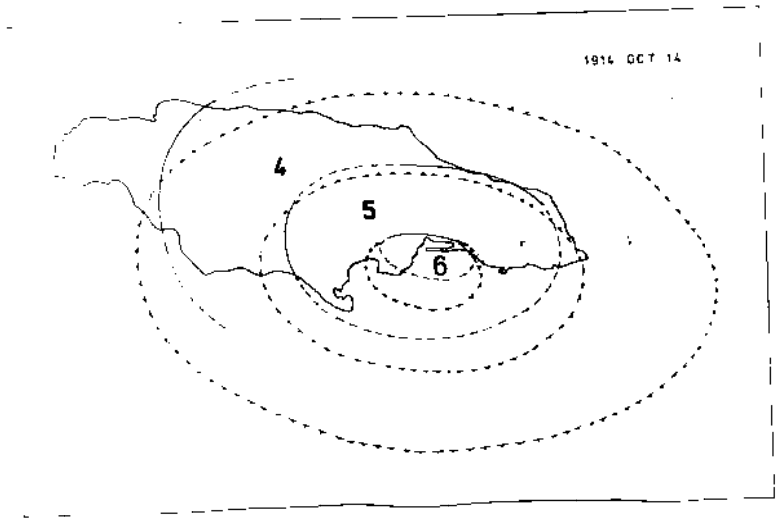
06-10-1911
1
2
3
6
7
8
7
6

09-04-1850
1
2
3
6
7
8

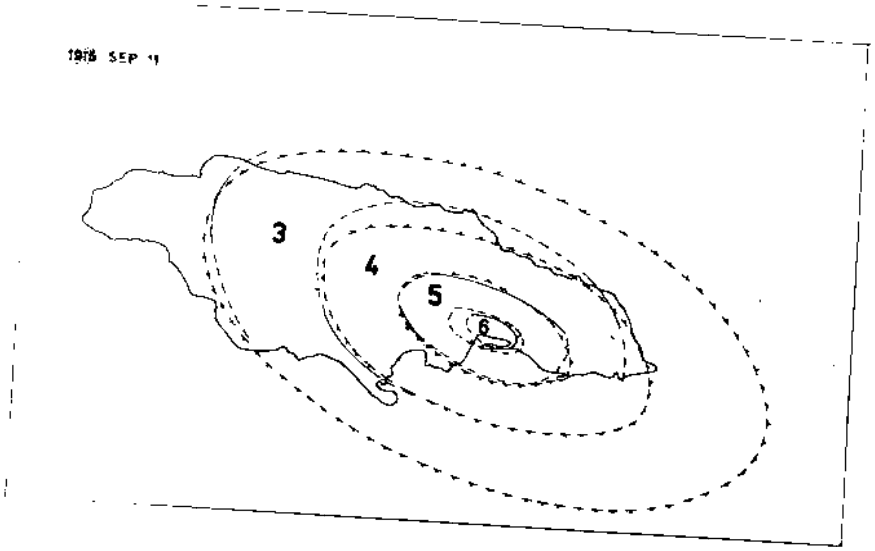


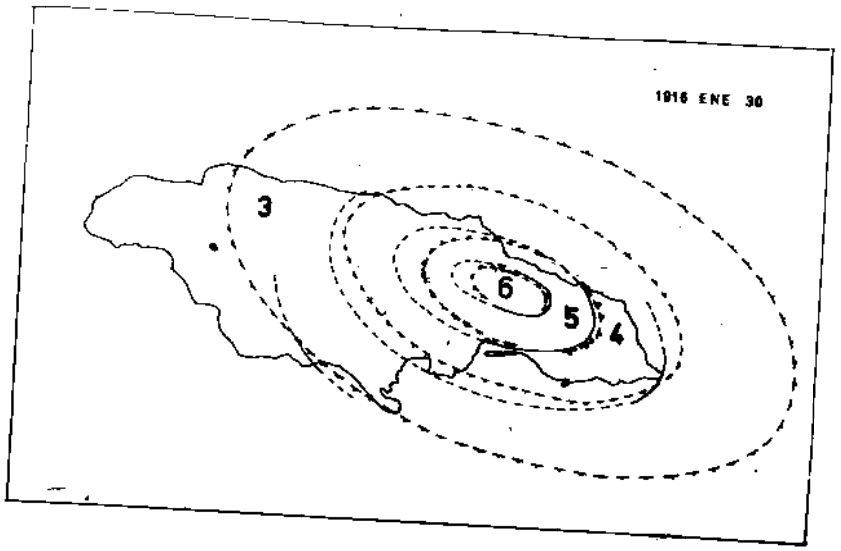


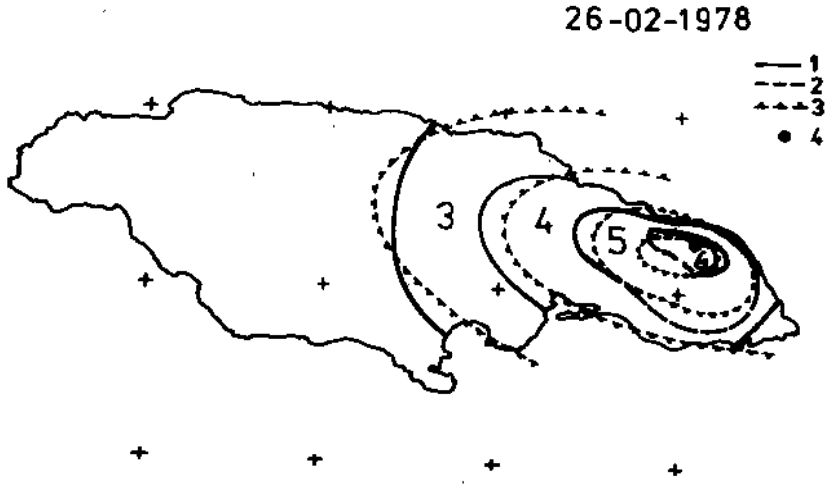




#21601







92100

No obstante la comparación entre los mapas de isosistas de este terremoto y el del 3 de febrero de 1932 con la misma magnitud instrumental, nos permite considerar que la magnitud instrumental del terremoto de 1947 fue sobreestimada, y que la magnitud estimada por el modelo es más razonable.

La calidad del ajuste de los modelos a los mapas de isosistas se ve facilmente en los diferentes casos presentados en la fig. 1.4.5. . En algunos casos practicamente no existen diferencias entre los mapas reales y los modelos calculados. En -- otros casos, las diferencias entre ellos puede ser asociada a - las características geológicas regionales, como la presencia de fallas que pueden actuar tanto como guías de ondas o como pantallas. Tal situación es discutida en los trabajos: (Chuy, T. et al, 1983; Alvarez, L. et al, 1984) con relación a los terremotos del 16/12/82 y 19/2/76 respectivamente. En general se puede considerar que el modelo de isosistas descrito en el epígrafe 1.5.2 constituye una buena aproximación del campo macrosísmico de las Antillas Mayores.

En la tabla 1.13 los casos analizados se agruparon por zonas en las cuales sus parámetros eran similares, en particular, la misma dirección de medición de Δe, y valores de la relación entre semiejes, A/B bastante cercanos. Esto permitió establecer - una zonación de los parámetros del modelo (tab. 1.14), la -- cual caracteriza el comportamiento regional del campo macrosísmico en esta región. Esta zonación puede hcerse aún más detallada subdividiendo las zonas estudiadas en varias partes, como es el caso de Cuba Central y Occidental, donde las isosistas - estudiadas pertenecen a diferentes fuentes o el caso de Cuba - suroriental, donde las diferencias entre los valores A/B están localizadas en diferentes secciones de la zona focal.

Este modelo de isosistas puede ser aplicado en cualquier región. Para ello sólo es necesario conocer los coeficientes re-

gionales de la fórmula de campo macrosísmico y tener un grupo de mapas de isosistas o información acerca de su forma. Por ejemplo, para los terremotos profundos de la zona de Vrancea, Radu, y - Apopei (Radu C., Apopei, I., 1978) publicaron datos acerca de la forma de las isosistas y la atenuación de las intensidades, que fueron utilizados por Alvarez y Bune (Alvarez, L., Bune, V.I., - 1985) para obtener los parámetros de un modelo de este tipo con vistas a realizar estimaciones de peligrosidad sísmica para la - región de los Balcanes orientales.

La amplia aplicabilidad del modelo de isosistas desarrollado en el epígrafe 1.3.2 y la calidad de su ajuste a los mapas - de isosistas reales nos permite afirmar que su uso en las estimaciones de peligrosidad sísmica garantiza la obtención de resultados de gran confiabilidad.

Región	A/B	Δe
Cuba Occidental	1.6-1.8	A
Cuba Central	1.5-2.9	A
Cuba Nororiental	1.4*	$\bar{A}$
Cuba Suroriental	1.0-1.6	A
Islas Caimán	1.2*	A
Hispaniola Norte	1.9-2.7	$\bar{A}$
Hispaniola Sur	1.6-2.1	$\bar{A}$
Jamaica	1.6-2.2	A

* Se analizó un solo caso

TABLA 1.14. Comportamiento regional de los parámetros del modelo.

1.3.5 Completamiento de los catálogos de terremotos mediante la estimación de coordenadas y magnitud por datos macrosísmicos.

1.3.5.1 Metodología de determinación de los parámetros

Para estimar los parámetros de los terremotos en base a datos macrosísmicos se utilizaron dos criterios diferentes. El primero de ellos corresponde al caso en que se pudo confeccionar el mapa de isosistas, ~~y consistió en confeccionar una serie de modelos para la relación A/B característica del terremoto en particular, y con las características del campo macrosísmico de la zona según los resultados del epígrafe 1.3.4, tomando como parámetros variables la profundidad y la magnitud. El proceso fue de prueba y error hasta obtener el mejor ajuste. Así~~ en que los parámetros obtenidos fueron: profundidad y magnitud por el modelo y coordenadas planas dadas por el centro de la isosista. El segundo de los criterios corresponde al caso en que los datos macrosísmicos no permitieron trazar el mapa de isosistas. A éste pertenece el mayor número de terremotos analizados. Los parámetros fueron estimados de la siguiente forma:

a) Coordenadas planas: Coordenadas del punto en las zonas ~~sismogeneradoras~~ establecidas en los epígrafe 6.3 y 6.5 más cercano a los puntos con intensidad máxima.

b) Profundidad: se fijaron los valores siguientes: Cuba Suroriental (30 km); Jamaica (30 km). La Hispaniola (30 km); terremotos más fuertes en La Hispaniola (50 km); Cuba, excluyendo la región suroriental (5-10 km). Estos valores se obtuvieron de una síntesis de los resultados del epígrafe 1.3.4

c) Magnitud: Determinada a partir de la relación $I_o=f(M_s)$, donde como I_o se tomó el valor Imax. En caso de lejanía con respecto a la zona sismogeneradora del punto con intensidad máxima se estimó la magnitud por la relación $I=f(M_s,r)$

Se debe señalar que las relaciones $I_o=f(M_s)$ e $I=f(M_s,r)$ no tienen una solución única, sino que en la práctica determinan un intervalo de magnitudes debido a que el valor entero de intensi-

dad I corresponde a un intervalo (I-0.5, I+0.5). Los intervalos de M_s correspondientes a cada valor de Io se pueden determinar directamente de la fórmula 1.16 o de la fig. 1.30. En la tabla 1.15 se presentan varios de ellos para las profundidades 10,20 y 30 km. La selección del valor de magnitud dentro del intervalo se realizó tomando en consideración todo el conjunto de datos macrosísmicos disponibles en cada caso. Objeto de un tratamiento especial fueron los datos correspondientes a las ciudades de Port Royal y Kingston en Jamaica. Según Sheperd y Aspinall (Sheperd, J.B., Aspinall, W.P., 1980) los datos de intensidades sentidos en Jamaica en el período 1880-1960 reflejan una tendencia al incremento de sus valores para estas dos ciudades, lo que puede ser asociado no a la mayor cercanía a alguna zona cismogeneradora, sino a malas condiciones del terreno. De tal forma, por regla general, al aplicar el criterio descrito anteriormente, se disminuyeron en un grado las intensidades sentidas en Kingston y Port Royal.

Estos criterios fueron aplicados para el completamiento del catálogo en varios casos:

1. Presencia sólo de datos macrosísmicos: Estimación de coordenadas planas, profundidad y magnitud.
2. Presencia de datos instrumentales incompletos (ausencia de magnitud y/o profundidad) y buena correspondencia con los datos macrosísmicos: estimación de los parámetros ausentes en los catálogos instrumentales.
3. Presencia de datos instrumentales incompletos y mala correspondencia con los datos macrosísmicos: estimación de los parámetros ausentes y reestimación de los parámetros incompatibles con los datos macrosísmicos.
4. Datos instrumentales completos y mala correspondencia con los datos macrosísmicos: reestimación de los parámetros incompa-

Io \ h	10	20	30
V	3.1-3.75	4.1-4.75	4.6-5.25
VI	3.75-4.4	4.75-5.5	5.25-6
VII	4.4-5.1	5.5-6.1	6-6.6
VIII	5.1-5.75	6.1-6.75	6.6-7.25
IX	5.75-6.4	6.75-7.5	7.25-8
X	6.4-7.1	7.5-8.1	8-8.6

Table 1.15 Rangos de variación de las magnitudes de los terremotos para producir intensidades de V-X para diferentes valores de profundidad

000130

tibles con los datos macrosísmicos.

5. Datos instrumentales divergentes ofrecidos por agencias diferentes: selección de los parámetros compatibles con la información macrosísmica entre los ofrecidos por todas las agencias.

Durante la estimación de los parámetros, en ocasiones se varió el valor de profundidad fijada por zona, cuando los datos macrosísmicos hacían suponer focos más profundos.

1.3.5.2 Catálogo de terremotos de la región comprendida entre los 16° y 24° Latitud Norte y los 71° y 81° de Longitud Oeste.

En la tabla ( ) se presenta el catálogo de terremotos para 1551-1980 confeccionado para la región comprendida entre los 16° y 24° de Latitud Norte y los 71° y 81° de Longitud Oeste. El mismo fue confeccionado siguiendo los criterios discutidos en el epígrafe anterior, tomando como base los siguientes datos:

-Para terremotos sin datos instrumentales, sólo los casos de Imax ≥ 6

-Para terremotos con datos instrumentales, los parámetros determinados por todas las agencias y los datos macrosísmicos.

Los datos instrumentales más comunes corresponden al catálogo de Gutenberg-Richter (Gutenberg, B. Richter, Ch.F., 1954), al International Seismological Summary (ISS), (ISS 1914-1963), al International Seismological Centre (ISC) (ISC-1964-1980), a las determinaciones de epicentros norteamericanas (USCGS-NEIS) (USCGS-NEIS, 1963-1980), y al trabajo de Sykes y Ewing (Sykes, L.R. Ewing, M. 1965).

1.3.5.3 Otros casos de estimación o reestimación de parámetros por datos macrosísmicos.

Fuera de la región 16°-24° N, 71°-81° W se estimaron los parámetros de numerosos terremotos. Para la región al este de

1.16 CATALOGO DE TERREMOTOS DE LA REGION 15°-24° N Y 71°-81° W.

FECHA			TIEMPO	COORDENADAS		PROF.	MAGNITUDES		I_{max}	FUENTE	
Año	mes	día	h m	Lat. N	Long. W		m_{Lm}	m_{pv}			Zona
1		2		3	4	5	6	7	8	9	
1551				(20,4) (I9,9)	(76,6)		(6,5) (7,0)		8	72	I_1
1578	VIII			(I9,9)	(76,0)		(6,75)		8	76	I_2
1580				(I9,9)	(76,0)		(5,75)		7	76	I_2
1624	X			(20,4) (I9,9)	(76,6)		(5,75) (6,25)		7	72	I_1
1667				(I7,8)	(77,0)		(6,75)		8	I44	2_1
1673	II	II		(I9,9)	(76,0)		(5,75)		7	76	I_2
1673	II	II	I4 [illegible]	(I9,9)	(76,0)		(6,75)		8	76	I_2
1682				(I9,9)	(76,0)		(5,75)		7	76	I_2
1687	II	I7	I3 00	(I7,8)	(77,0)		(4,75)		6	I44	2_1
1688	III	0I		(I7,8)	(76,8)		(5,5)		7	I44	2_1
1692	VI	07	I6 40	(I7,8)	(76,8)		(7,5)		I0	I44	2_1
1701	XI	09		(I8,7)	(72,8)	(30)	(6,I)		7	*	2_2
1751	IX	I6	03 00	(I8,6)	(72,3)	(30)	(6,5)		9	*	2_2
1751	XI	2I	I3 00	(I8,6)	(72,3)	(30)	(6,5)		8	*	2_2
1753				(I8,5)	(7I,3)	(30)	(5,2)		6	*	2_2
1754				(I8,5)	(7I,3)	(30)	(5,0)		6	*	2_2
1755				(I8,5)	(7I,3)	(30)	(5,0)		6	*	2_2
1757	XI	I4	I6 I5	(I9,9)	(76,0)		(5,25)		6	*	I_2
1760	VII	II		(I9,9)	(76,0)		(6,75)		8	*	I_2
1762	XI	08		(I7,8)	(76,8)		(4,5)		6	I44	2_1
1763				(I9,9)	(76,0)		(5,75)		7	*	I_2
1764	VI	30		(I8,5)	(7I,3)	(30)	(5,2)		6	*	2_2
1766	VI	I2	04 45	(I9,9)	(76,I)		(7,5)		9	76	I_2
1770	VI	04	00 I5	(I8,6)	(72,6)	(30)	(7,5)		9	*	2_2

000132

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[illegible]771	IX 03 I3 00	(I7,8)	(76,7)		(5,[illegible]5)		7	I44	2.
[illegible]775	II II	(I9,0)	(76,0)	(30)	(5,75)		7	76	I2
[illegible]765	VII 29	(I8,6)	(7[illegible],4)	(30)	(4,8)		6	*	2[illegible]
[illegible]767	IX-X	(I7,8)	(76,8)	(30)	(4,5)		[illegible]	I44	2.
[illegible]I2	XI II I0 00	(I7,8)	(77,0)		(6,0)		8	I44	2.
[illegible]I8	XII 6 II 00	(I7,8)	(76,7)		(4,5)		6	I44	2.
[illegible]24	IV II 03 00	(I7,8)	(76,7)		(5,5)		7	I44	2.
[illegible]26	VII I8 05 40	(I8,5)	(78,0)		(5,0)		6	*	2.
[illegible]6	IX I8 09 00	(I9,9)	(70,I)		(5,75)		7	*	I2
[illegible]29	III 27 09 30	(I7,8)	(76,7)		(4,5)		6	I44	2.
[illegible]39	XI 5	(I8,5)	(76,0)		(5,75)		7	I44	2.
[illegible]4[illegible]	V 07 [illegible]2 25	(I9,6)	(7[illegible],2)	(60)	(8,[illegible])		I0	*	I4
[illegible]	VII 07 II 45	(I9,9)	(76,0)		(6,8)		7	76	I2
[illegible]	VII 07 I[illegible] 25	(I9,3)	(79,5)		(7,8)		5	72,73,74,76,I44	I.
[illegible]I	VIII [illegible]0 I3 30	(I9,9)	(75,9)		(7,3)		9	76	I2
[illegible]52	XI [illegible]6 08 I5	(I9,9)	(76,[illegible])		(6,5)		8	76	I2
[illegible]56	I [illegible]8 09 45	(I9,9)	(76,0)		(6,5)		7	*	I2
[illegible]58	I 28 [illegible]I 45	(I8,0)	(76,8)		(4,[illegible])		6	I44	2.
[illegible]59	II	(I9,[illegible])	(76,0)		(4,75)		6	76	I2
[illegible]60	IV 05 [illegible]3 30	(I8,0)	(73,[illegible])	(50)	(6,7)		8	*	2[illegible]
[illegible]67	XI I2 06 [illegible]0	(I7,8)	(77,0)		(5,5)		7	I44	2.
[illegible]70	IX II I4 00	(I9,9)	(75,8)		(4,75)		6	76	I2
[illegible]73	III 03 I3 30	(I7,8)	(77,3)	(I0)	(4,5)		6	I44	2.
[illegible]73	VI [illegible]I-I9 4[illegible]	(I8,5)	(78,0)		(5,0)		6	I44	2.
[illegible]77	II I9 06 00	(I7,8)	(76,8)		(4,5)		6	I44	2.
[illegible]8[illegible]	VI I7	(I8,6)	(7[illegible],4)	(30)	(5,5)		7	*	2.
[illegible]86	VI 04 00 07	(I7,8)	(77,3)		(5,0)		6	I44	2.
[illegible]87	IX 23 II 56	(I9,7)	(73,8)	(60)	(7,9)		9	*	I.

1			3	4	5	6	7	8	9	10
1888	V	17	02 10	(17,8)	(77,3)		(5,0)	6	I44	2.
1888	IX	14	18 00	(17,8)	(76,0)	(10)	(4,5)	6	I44	2.
1894	I	09	05 00	(18,9)	(76,0)		(5,0)	6	76	1/2
1895	IV	11	09 25	(18,6)	(77,6)		(5,0)	6	I44	2.
1896	I	29	03 30	(18,4)	(77,4)		(4,75)	6	I44	2.
1897	XI	29	11 30	(18,1)	(71,1)	(10)	(7,5)	9	*	1/4
1903	XII	16		20,0	72,0				I36	1/4
1903	IX	19	07 30	(19,9)	(75,8)		(4,75)	6	76	1/2
1903	IX	22	07 40	(19,9)	(75,8)		(5,4)	7	76	1/2
~~1904~~	~~I~~	~~III~~	~~14 14~~	~~(18,8)~~	~~(80,1)~~	~~(10)~~	~~(4,3)~~	~~6~~	~~I44~~	
1905	X	13	21 30	(19,9)	(75,8)		(4,75)	6	74	1/2
1906	II	27	18 40	(18,0)	(76,8)		(5,4)	6	I44	2.
1906	VI	12	06 40	(19,9)	(76,0)		(5,7)	7	76	1/2
1907	I	14	20 29	(18,4)	(76,8)		(6,6)	9	3. I44	2.
1907	III	24	23 12	(17,8)	(76,8)	(30)	(5,[illegible])	6	I44,*	2.
1907	IV	13	12 08	(18,4)	(76,2)		(4,5)	6	I44	2.
1907	VI	13	06 18	(17,5)	(76,6)		(4,5)	6	I44	2.
1908	I	02	13 09	(18,4)	(77,8)	(20)	(5,5)	6	I44,*	2.
1908	II	07	16 05	(18,2)	(76,0)		(4,0)	6	I44	2.
1908	I	24	19 00	(18,8)	(80,1)	(10)	(4,3)	6	74	5
1908	VII	02	16 09	(17,8)	(76,6)		(4,0)	6	I44	2.
1911 → ver a bajo										
1911	II	28	04 50	(18,3)	(76,2)		(6,2)	7	88,*	5
1916	VII	03	11 15	{18,5 (18,0)	76,5 (76,3)	(20)	6,0 (5,5)	7	89	2.
1916	VII	19	15 46	(18,0)	(76,2)		(4,5)	6	I44	2.
1916	X	14	07 15	(17,8)	(76,7)	(30)	(4,8)	6	I44,*	1.
1918	XII	25	04 50	(19,9)	(76,3)		(6,0)	7	76	1/2
1918	IX	11	11 37	(18,0)	(76,7)	(10)	(4,25)	6	I44	2
1918	I	30	08 34	(18,0)	(76,6)	(10)	(4,5)	6	I44	2
1911	X	06	10 16	{19,0 (18,8)	70,5 (71,7)		7,0 (7,2)	(8-9)	89,*	{5 2

)0013

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[illegible]	II I8 II 22	(I8,5)	(76,9)		(4,75)		6	I44	2.
[illegible]	II 20 I9 29	I9,0	80,0		7,4		5	89, 93	1.
[illegible]	I I6 I3 27	I9,0	80,0					98	1.
[illegible]	VII 08 I0 48	20,0	78,0					88	1.
[illegible]	XI 25 I8 I7	(I8,I)	(77,I)		(4,75)		6	I44	2.
[illegible]	XII 03 08 37	I9,5	73,5		6,0			89	1/2
[illegible]	I 30 20 54	20,0	77,5		5,6			89	1.
[illegible]	V 27 I0 I3	I7,5	72,5		(5,7)		7	98,*	2.
[illegible]	VII 03 II 30	(20,4)	(77,I)	(I0)	(4,6) v		7	72	[illegible]
[illegible]	II 06 04 00	(I9,9)	(76,0)		(4,75)		6	78	1/2
[illegible]	I I7 I2 00	(I9,9)	(75,8)		(5,4)		7	I44	1/2
[illegible]	I 2I 20 30	(I7,9)	(77,2)		(5,0)		6	I44	2.
[illegible]	VII 27 20 45	(I7,8)	(77,4)		(5,0)		6	I44	2.
[illegible]	I 03 06 I6	I9,7	75,5		6,75		8	89, 93, 78	1/2
[illegible]	II 03 09 I6	I9,7	75,5					93	1/2
[illegible]	VI 06 09 I2	I9,6	76,5				6	78 93	1.
[illegible]	VI 06 II 50	I9,6	76,5		6,0			89, 93	1.
[illegible]	VII 03 I5 07	I9,3	73,4		5,6			83 93	2.
[illegible]	VI 29 I3 47	(I8,0)	(76,4)		(4,5)		6	I44	2.
[illegible]	I I2 04 30	(I9,9)	(75,8)		(4,75)		6	78	1/2
[illegible]	VII I0 0I 02	I9,0	90,5		5,6			89	1.
[illegible]	I 05 22 I5	(I9,9)	(75,8)		(4,8)		6	75	1/2
[illegible]	III I3 20 00	(I9,8)	(76,2)		(4,8)		6	76	1/2
[illegible]	XI I0 I5 23	20,75	74,0		5,6			89	[illegible]
[illegible]	VII II 07 00	(2I,8)	(80,I)	(I0)	(4,8)		6	84	[illegible]
[illegible]	VII I5 03 52	22,5	79,25		5,6 v		7	89	[illegible]
[illegible]	XI 07 I5 43	I8,0	72, 5		5,6			89	2.
[illegible]	VII 30 I6 05	I9,4	75,I		5,6		6	78 84	1/2
[illegible]	IX 22	(I9,8)	(76,2)		(4,9)		6	76	1/2

)00135

		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1941	I 27	13 05	18,73	73,25					130	2₂
1941	IV 07	23 30	17,75	78,5		7,1		6	88,11	2₁
1941	IV 08	08 47	18,0	79,0					133	2₁
1941	IV 08	10 06	17,5	78,5		5,6			88	2₁
1941	IV 24	01 04	17,5	78,0		5,6		4	89,14	2₁
1941	IV 27	05 34	17,75	79,5		5,6		5	89, 13	1₁
1942	III 09	10 19	19,5	73,0		5,6			89	1₄
1943	VII 15	12 25	17,0	76,0	10	(5,0)		60	93, 14	2₁
1943	VII 30	02 50	(21,8)	(80,2)	(10)	(4,5)		6	74	5 jours
1944	V 21	17 07	19.5	71,0					128	1₄
1944	V 24	01 30	19,5	71,0					128	1₄
1944	VI 07	06 28	(18,5)	(72,0)					133	2₂
1946	I 11	21 08	18,5	76,5		(5,0)		6	93, 144	2₁
1946	II 25	08 47	19,75	74,75		6,0			89	1₂
1947	IV 23	04 10	(19,8)	(75,9)		(4,7)		6	78	1₂
1947	VIII 07	00 40	19,75	75,2	50	(6,3)		7	76,09 *	1₂
1949	XI 23	03 14	18,5	78,5					133	1₁
1950	VI 15	22 55	(19,9)	(75,8)		(4,75)		6	78	1₂
1951	V 13	10 00	19,33	75,46	55	4,0		6	76,141	1₂
1951	VII 02	03 11	17,0	75,0					93	5 jours
1951	VIII 27	01 32	17,88	71,04	0				141	2₂
1952	I 06	15 48	18,51	71,64	0				141	2₂
1952	X 13	20 52	19,36	73,16	12				141	2₂
1952	X 28	04 29	18,51	73,52	24	5,9		(8)	141, 4	2₂
1952	XI 14	05 16	20,29	72,92	0				141	1₄
1953	I 25	19 47	18,47	73,42	0	5,7		(8)	141, 4	2₂
1953	II 26	16 09	18,5	73,31	0	4,9			141	2₂
1953	VI 13	16 59	19,95	75,51	0	4,0			141	1₂
1954	XI 08	02 15	19,77	71,24	13	3,8			141	1₄

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1955	IV 24	I2 45	I9,38	74,I4	8	4,2		I4[illegible]	I3
1956	VII 09	09 40	(20,00)	(75,8)		(4,75)	6	72	I2
1956	VII 09	09 56	20,0I	72,98	54	6,4		I4[illegible]	I4
1956	VIII 0I	20 28	I9,04	7I,04	28	4,2		I4[illegible]	suele
1956	X 0I	I8 04	I8,28	76,95	50	4,0	6	I4[illegible]	2.
1956	X 25	I0 I5	(I8,3)	(77,5)	(I0)	(4,0)	6	I44	2.
1957	III 02	00 27	I8,35	78,II	0	6,75	8	I4[illegible]	2.
1957	III I6	I2 46	I9,89	75,07	0	4,3	6	72 I4[illegible]	I2
1957	IV I4	08 24	I9,97	72,9I	0			I4[illegible]	I4
1958	I 07	23 45	(I8,2)	(77,7)	(I0)	(3,5)	6	I44	2,
1959	III I3	I5 33	I8,26	77,74	47			I4[illegible]	2,
1959	V 3I	08 36	I9,II	80,97		4,0		98 [illegible]	1,
1959	X 08	I5 55	I9,02	73,36	I5	3,9		I4[illegible]	2 2
1959	XII I9	I8 46	I9,80	7I,58	24	4,I		I4[illegible]	I4
1960	I I9	06 07	I9,98	7I,47	0			I4[illegible]	I4
1962	II 22	00 I0	(I9,9)	(75,9)	(I0)	(4,0)	6	[illegible]	I2
1962	IV 20	05 47	20,3	72,I3	0	6,8	7	I[illegible]	1.4
1962	VII I9	05 47	(20,0)	(77,3)	(I0)	(3,7)	6	[illegible]	sue
1963	II 22	2I I4	I8,I	7I,4	I7	5,5	2	I[illegible]	2 2
1963	V 23	I2 09	20,0	73,5	33	4,6	1.6	I3[illegible]	I3
1963	VI I8	I8 09	I8,3	7I,0	33	4,0		I[illegible]	2 2
1964	I 22	2I 23	I9,0	73,I	I9	3,3		I[illegible]	2 2
1964	IV 25	2I 29	I9,3	7I,2	35	4,3		I3[illegible]	I4
1964	VII 03	20 06	I8,0	74,0	I0	5,I	1.6	I[illegible]	2 2
1964	VII 09	23 23	I7,5	73,7	33	5,I	1.6	I3[illegible]	2 2
1965	V 2I	07 23	I9,7	7I,6	33	4,2		I4[illegible]	I4
1965	VI I2	I0 3I	20,0	72,7	33	4,6	1.6	I3[illegible]	I4
1965	X I6	09 30	(I8,5)	(77,9)	(I0)	(4,0)	6	I3[illegible]	2,
1965	XI 07	04 43	I8,80	7I,80	35	4,I		I3[illegible]	2 2
1966	II I9	I2 4I	I9.7	73,I	33	4,8	1.6	I3[illegible]	I4

100127

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
196 XI	26 I7 23	I8,60	76,60	33		4,2		93	2,
19 X	II 02 38	I9,85	75,95	33		4,2		I28	1 2
196 II	I5 II I7	I9,74	71,87	33		4,3		I2	1 4
196 II	I6	I8,0	77,I	I0		3,0		I30	2,
19 II	I6 23 07	I9,87	75,89	33		4,3		I2	1 2
19 I	I4 02 24	I8,2	77,44	5				9	2,
19 I	I4 23 43	I7,9	76,9	25				I3	2,
19 V	I0 22 48	I9,85	75,02	22		4,I		I2	1 2
19 X	I4	I7,40	74,0	25				I3	2 2
19 XII	22 I7 09	I9,86	75,34	22		4,7		I2	1 2
19 VII	09 02 40	I9,95	73,40	33		4,6		I2	1 3
19 VIII	09 02 56	20,27	73,33	33		4,0		I2	1 4
19 X	29 20 32	I8,44	72,93	33	4,6	4,7		I2	2 2
19 II	I7 00 I3	I7,6I	76,05	2I		5,I		I2	2,
19 II	27 07 09	I7,62	72,30	I7		4,7		I2	2 2
1972 III	07 02 4I	I8,47	7I,52	33		4,2		I2	2,
1972 IV	II II 56	(I9,03)	80,73	33		4,8		I2	1,
1972 V	02 II 06	I6,36	77,II	33		4,6		I2	Sure
1972 VI	27 00 12	(21,8)	(78,05)	(5)	(3,0)			72,73	prov.
1973 V	20 03 06	I9,80	75,40	33		4,6		I2	1 2
1973 VI	07 09 2I	I9,I2	73,24	33		4,8		I2	2 2
1973 VII	02 I8 22	I7,20	7I,68	25		4,8		93	2 1
1973 VIII	08 I5 44	I9,96	73,07	37		5,2		I2	1 4
1974 IV	08 03 19	(21,8)	(78,05)	(5)	(3,7)			72,73	Sure
1974 VI	24 I7 02	I9,65	72,I8	33	3,5	4,7		I3	1 4
1974 IX	I4 I3 36	I9,6I	75,82	0		4,I		9	1 2
1976 II	I9 I3 59	I9,87	76,87	I5	5,7	5,8	8	3	1,
1976 II	23 2I 58	I9,84	77,I2	I7	4,6	4,9		5	1,
1977 I	24 II 28	I9,84	77,I7	24		4,8		5	1 1
1978 IX	29 09 52	I9,0I	80,75	33	4,9	5,2		I	1,
1979 X	I7 00 09	I9,68	75,52	33	3,9	4,6		I2	1 2

000138

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1976 X	I7	I7 45	I9,93	75,37	33	4,I	4,9		[illegible]	I2
1977 V	24	02 29	I7,74	78,74	28	3,4	4,7		I28	2,
1977 V	24	II I4	I7,6I	78,63	33		4,8		I28	2,
1977 V	30	09 52	I8,62	79,55	33	3,0	4,8		I28	2,
1977 IX	03	I5 33	I8,35	7I,I5	50		4,5		I28	2,
1978 I	I8	03 04	I8,69	75,36	I3		4,9		I28	[illegible]
1976 II	26	05 07	I8,I7	76,45	I5	3,9	4,8		98	2,
1978 IV	09	04 58	I8,8I	73,2I	33	3,5	4,4		98	2,
1978 XI	I3	07 43	I9,84	76,05	33	4,7	5,I	6	72,I28	I2
1979 V	03	03 44	I9,27	79,02	33		4,9		98	I,
1980 II	08	20 38	I9,67	75,5I	33	4,2	4,9		I28	I2
1980 IV	25	I3 47	20,I9	73,33	33		4,5		I28	I4
1980 XI	I6	09 44	I8,I4	76,2	I0				I28	2,
1981 II	I5	07 52	I8,42	76,79	I0				I28	2,
1981 II	I5	I0 23	I8,06	76,79	I7				I28	2,
1981 II	26	23 37	I8,I3	76,79	I6				98	2,
1981 III	24	04 I7	I8,04	77,55	I0				I28	2,
1981 IV	I6	I7 07	I8,II	76,75	25				98	2,
1981 V	I8	II 04	I8,07	76,78	33				98	2,
1981 V	24	I9 25	I9,70	75,39	33		4,6		98	I2

-determinaciones de los autores; 3-Alvarez L.,Bune V.I.,1977; 56-Alvarez L. et al.,1984; 68-Chuy T.,1982; 72-Chuy T. et al.,1983; 73-Chuy T. et al.,1984; 74-Chuy T. et al.,1980; 76-Chuy T.,Pino C.,1982; 89-Gutenberg B.,Richter Ch.F.,1954; 96-ISC,Bulletin,1966-1983; 98-ISS,1918-1970; 128-Preliminary Determination of epicenters, Monthly listing,1967-1982; 136-Shepherd J.B.,Aspinall W.P.,1980; 144-Tomblin J.,Robson G.R.,1977.

Los números entre paréntesis corresponden a determinaciones por datos macrosísmicos.

)00139

los 71°W, se tienen varios casos de terremotos fuertes, los cuales aparecen en la tabla (1-17). Por otra parte, para el territorio de Cuba, fuera del área analizada en el epígrafe anterior fueron estudiados varios terremotos, los cuales aparecen en la tabla (1-18).

Mención especial merecen dos terremotos que fueron incluídos en el catálogo presentado en el trabajo (Alvarez, L., Buné, V.I., 1977).

14/6/1899, M=7.8, (18°N, 77°W)
21/6/1900, M=7.9 (20°N, 80°W)

La ausencia de datos macrosísmicos que avalaran la ocurrencia de los mismos hizo que se excluyeran en un trabajo posterior (Alvarez, L y otros, 1983). En la actualidad, con posterioridad al trabajo de redeterminación de magnitudes de los terremotos del llamado "Pico de sismicidad del cambio de siglo" (Kanamori, H., Abe, K., 1979) no cabe duda de que en tales fechas ocurrieron terremotos de magnitudes tan altas (M=7.8 el primero, M=7.6 el segundo), lo que no se puede garantizar es la precisión de sus coordenadas. El terremoto del 14/6/1899 tiene las mismas coordenadas en dos de las fuentes originales de los datos sismológicos de esa época: (Gutenberg, B, 1976) y (BAAS, 1911). En la primera de ellas se da un error posible de ± 10°, y en la segunda se plantea que las coordenadas fueron fijadas tomando en consideración de que el terremoto se había sentido en Jamaica. Como la intensidad reportada de este evento es de 4 grados para toda la isla de Jamaica (Tomblin, , Robson, 1977) y no fue sentido en las islas de Cuba y La Hispaniola, es posible que su epicentro se encuentre a unos 400 km de la isla de Jamaica, con más probabilidad hacia el oeste, en una región al sur de la isla Gran Caimán. Sin embargo este criterio no es definitivo debido a la carencia de bibliografías sobre datos macrosísmicos en las Islas Caimán. Para el terremoto del 21/6/1900 los datos son contradictorios entre ambas fuentes. La primera lo fija en las coordenadas

TIPO	CRITERIO DE CLASIFICACION
Rumbo	B_z (P) ≈ B_z(T) < 15°
Normal	B_z (P) ≫ B_z(T)
Inverso	B_z (P) ≪ B_z(T)
N-R	B_z (P) > B_z(T)
I-R	B_z(P) < B_z(T)
R-N	B_z(P) > B_z(T), (B_z(P), B_z(T)) < 15°
R-I	B_z(P) < B_z(T), (B_z(P), B_z(T)) < 15°

Simbología empleada: B_z-buzamiento, P,T-ejes de presión y tensión respectivamente, R-corrimiento por el rumbo, N- fallamiento normal, I- fallamiento inverso.

Tabla 6 Criterios de clasificación del tipo de movimiento tectónico en base a datos de mecanismo focal ~~normal~~, ~~aunque~~

)00057

TABLA 1.17

Terremotos reportados fuera del área de estudio, correspondientes a la zona al Este de los 71°.

No.	FECHA	HORA UT	LAT.N	LON.W	H (Km.)	I (MSK)	M
1	1502	-	(18,4)	(69,9)	(30)	(VIII)	(6,1)
2	1562 Dic.03	01:00	(19,6)	(70,8)	(30)	IX	(7,2)
3	1564 Abr.20	-	(19,6)	(70,8)	(30)	IX	(7)
4	1615 Sep.08	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VII	(5,5)
5	1666 Mar.10	-	(18,4)	(70,8)	(30)	VI	(4,8)
6	1672 Sep.26	-	(18,4)	(69,9)	(30)	(VIII)	(6,1)
7	1673 May.09	11-12:00	(18,4)	(70,3)	(30)	IX	(7,5)
8	1684	-	(18,4)	(70,3)	(30)	IX	(7,5)
9	1691	-	(18,4)	(70,3)	(30)	VIII	(6,7)
~~10~~	~~1701 Nov.09~~	~~-~~	~~(18,7)~~	~~(72,8)~~	~~(30)~~	~~VII~~	~~(6,1)~~
11	1713	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
12	1734	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
13	1751 Oct.18	20:00	(18,4)	(70,6)	(30)	IX	(7,25)
14	1761 Oct.28	20:00	(18,4)	(69,9)	(30)	VII-VIII	(6,1)
15	1761 Nov.21	13:00	(18,4)	(70,8)	(30)	VIII	(6,6)
16	1764 Mar.08	15:55	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
17	1766 Ene.30	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
18	1771 Abr.17	01:00	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
19	1771 Oct.04	21:00	(18,4)	(69,9)	(30)	VII	(5,5)
20	1775 Mar.	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VII	(5,5)
21	1783 Feb.11	-	(19,7)	(70,8)	(30)	VII	(6,0)
22	1793 Abr.	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VII-VIII	(6,1)
23	1805 Nov.15	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
24	1830 Abr.14	23:30	(18,4)	(69,9)	(30)	VII	(5,5)
25	1852 Ago.28	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
26	1852 Ago.29	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
27	1882 Ago.20	01:30	(18,7)	(68,8)	(30)	VII	(5,7)
28	1904 Jun.	-	(19,3)	(69,7)	(30)	VI	(4,8)
29	1910 May.11	-	(18,5)	(70,8)	(30)	VIII	(6,5)
30	1914 Sep.02	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
31	1916 Abr.23	23:30	(18,8)	(68,2)	(30)	VIII	(6,5)
32	1916 Dic.01	-	(18,4)	(69,9)	(30)	VI	(4,8)
33	1943 Jul.29	03:02:14	19,25	67,50	-	VI	7,75
34	1946 Ago.04	17:51:05	(19,5)	(69,6)	(50)	IX	8,1
35	1946 Oct.04	14:45:25	18,9	68,9	50	VII	7,0
36	1948 Abr.21	20:22:02	19,25	69,25	40	(VI)	7,3
37	1962 Ene.08	01:00:23	18,40	70,46	33	(VIII)	6,4
38	1971 Jun.11	12:56:02	18,02	69,79	35	VII	6,5

000141

TABLA 1.18

Terremotos reportados fuera del área de estudio, correspondientes a la región occidental de Cuba.

No.	FECHA	HORA UT	LAT.N	LONG.W	I	M
1	1678 Feb.11	14-15:00	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
2	1693	-	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
3	1762 Nov.13	-	(22,98)	(82,37)	IV	(3,5)
4	1777 Jul.07	09:00	(22,83)	(82,03)	V	-
5	1791 Jun.21	-	(23,05)	(81,96)	?	-
6	1810	-	(23,13)	(82,40)	V	(4,2)
7	1812	-	(23,05)	(81,58)	(IV)	(3,3)
8	1835	-	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
9	1843 Feb.21	-	(23,13)	(82,40)	V	(4,2)
10	1843 Mar.08	09:10	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
11	1843 Mar.08	16:30	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
12	1844	-	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
13	1846 Oct.10	-	(23,00)	(82,08)	III	-
14	1854	-	(23,05)	(81,58)	?	(2,6)
15	1854 Sep.09	-	(23,05)	(81,58)	(V)	(4,0)
16	1854	-	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
17	1859 Oct.04	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
18	1862 Dic.	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
19	1868 Mar.25	-	(23,13)	(82,40)	V	(4,2)
20	1871	-	(21,87)	(82,78)	V	-
21	1873 Mar.	-	(21,75)	(83,57)	V	(4,2)
22	1878 Dic.	-	(22,90)	(83,27)	?	(2,6)
23	1879 Dic.	-	(22,87)	(82,78)	?	(2,6)
24	1879 Dic.21	-	(22,73)	(83,17)	IV	(3,5)
25	1880	-	(23,13)	(82,40)	?	(2,6)
26	1880	-	(23,05)	(81,58)	?	(2,6)
27	1880 Ene.23	04:10	(22,73)	(83,00)	VIII	(5,9)
28	1880 Ene.25	03:30	(21,90)	(82,60)	?	-
29	1880 Ene.25	05:00	(21,90)	(82,60)	?	-
30	1880 Ene.26	18:00	(21,90)	(82,60)	III	-
31	1880 Ene.27	07:00	(22,95)	(82,42)	IV	(3,5)
32	1880 Feb.02	07:00	(22,50)	(83,52)	IV	(3,5)
33	1880 Feb.03	madrugada	(22,99)	(82,75)	?	(2,6)
34	1880 Feb.25	10:00	(22,75)	(82,82)	V	(4,2)
35	1880 Mar.15	00:00	(22,77)	(83,01)	V	(4,2)
36	1880 May.20	de noche	(22,73)	(82,97)	V	(4,2)
37	1880 Jun.05	-	(22,77)	(83,01)	IV	(3,5)
38	1886 Ago.31	-	(22,88)	(82,62)	IV	(3,5)
39	1899 Sep.16	-	(22,73)	(83,17)	IV	(3,5)
40	1903	-	(22,68)	(81,13)	V	(4,4)
41	1905 May.06	20:25	(22,73)	(83,17)	III	(2,8)
42	1905 Oct.12	-	(23,05)	(82,01)	IV	-
43	1906 May.06	20:00	(22,73)	(83,17)	III	(2,8)
44	1906 May.08	-	(22,73)	(83:17)	III	(2,8)
45	1907 Feb.19	-	(23,13)	(82,40)	V	(4,2)
46	1907 Abr.15	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
47	1914 May.27	06:30	(22,70)	(82,30)	IV	-
48	1914 May.28	03:00	(22,70)	(82,30)	V	-
49	1921 Sep.23	-	(22,92)	(82,58)	IV	(3,5)
50	1927 Ene.	-	(22,77)	(81,03)	IV	(3,5)

)00142

No.	FECHA	HORA UT	LAT.N	LONG.W	I	M
51	1928 Jun.05	-	(22,77)	(81,03)	III	(2,8)
52	1932	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
53	1937 Abr.17	-	(22,73)	(83,17)	III	(2,8)
54	1937 Dic.20	15:35	(22,77)	(83,17)	IV	(4,8)
55	1937 Dic.21	16:30	(22,77)	(83,17)	IV	(3,5)
56	1939 Feb.15	16:45	(22,32)	(83,57)	III	(2,8)
57	1939 Abr.20	-	(22,50)	(83,52)	?	(2,6)
58	1940	-	(22,30)	(83,55)	?	-
59	1941	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
60	1942 Dic.18	-	(23,13)	(82,40)	IV	(3,5)
61	1953 Jun.16	-	(23,03)	(82,13)	V	-
62	1954	-	(22,67)	(81,67)	IV	-
63	1957 Sep.11	23:30	(22,42)	(83,70)	V	(4,2)
64	1958	-	(22,30)	(83,55)	?	-
65	1958 Dic.	-	(22,73)	(83,17)	IV	(3,5)
66	1959	-	(22,30)	(83,55)	?	-
67	1962 Jun.24	-	(22,73)	(83,17)	III	(2,8)
68	1964	-	(22,15)	(83,82)	IV	(3,5)
69	1964	-	(22,07)	(81,05)	(V)	(4,0)
70	1970	-	(23,05)	(81,58)	IV	(3,5)
71	1970 Oct.16	13:07	23,01	82,80	III	(2,8)
72	1974	-	(22,70)	(81,20)	IV	(3,9)
73	1976 Mar.09	16:05	(22,67)	(83,03)	III	(2,8)
74	1976 Mar.10	15:40	(22,67)	(83,03)	III	(2,8)
75	1976 Mar.15	18:50	(22,67)	(83,02)	III	(2,8)
76	1978	-	(23,05)	(81,58)	III	(2,8)
77	1978 May.31	16:02	(23,50)	(81,80)	-	K=9
78	1978 Sep.14	20:35	(21,90)	(82,80)	III	-
79	1980 Oct.18	-	(22,62)	(83,70)	III	(2,8)
80	1980 Oct.24	-	(22,62)	(83,70)	III	(2,8)
81	1980 Oct.25	-	(22,62)	(83,70)	III	(2,8)
82	1981 Jun.09	23:03	(22,28)	(83,83)	III-IV	(3,2)
83	1981 Jun.11	18:35	(22,32)	(83,50)	V	-
84	1981 Sep.30	00:54	(22,35)	(83,57)	IV	-
85	1982 Nov.	-	(22,60)	(81,27)	III	(3,0)
86	1982 Dic.16	20:20	22,62	81,23	VI	5,0
87	1984 Ene.15	12:34	21,46	82,00	-	K=8,7

)00143

anteriormente señaladas con un error de ± 20°, mientras que la segunda lo fija en los 15°N y 86°W, sin indicar los datos utilizados para realizar esta determinación. La carencia total de datos macrosísmicos no permite formarse un criterio de su ubicación correcta, pudiéndose sólo garantizar que no ocurrió dentro de los límites de la región comprendida entre los 16° y 21° de Latitud Norte y los 71° y 81° de Longitud Oeste.

)00144

1.3.6 Estadística de las sacudidas sísmicas en la ciudad de Santiago de Cuba.

1.3.6.1 Períodos de recurrencia de las sacudidas sísmicas.

Este problema ha sido estudiado por diferentes autores, entre los cuales se pueden señalar los trabajos; (Alvarez, H; Blanco, P; Medvedev, S.V., Menéndez, L., Shteinberg, V.V., - 1973) (Chuy, T.; Pino, O.; 1982).

En el primero de ellos se obtuvo la relación intensidad-frecuencia siguientes:

$$I = 7.97 - 3.02 \lg N_{100} \qquad (133)$$

donde N_{100} es la cantidad de sacudidas en 100 años. Dicha fórmula se puede transformar en:

$$\lg N_{100} = 2.64 - 0.331\ I \qquad (134)$$

En el segundo de los trabajos se obtuvo la relación intensidad-frecuencia:

$$\lg N_{425} = (3.59 \pm 0.89) - (0.36 \pm 0.022)\ I \qquad (135)$$

donde N_{425} es la cantidad de sacudidas en todo el período de análisis (425 años).

Expresada en términos de N_{100} dicha fórmula toma la forma:

$$\lg N_{100} = 2.96 - 0.36\ I \qquad (136)$$

La diferencia entre ambas expresiones se explica por el hecho de que en ambos casos se realizó el análisis sin considerar la representatividad de los datos, y el catálogo usado en el segundo trabajo contenía mayor número de eventos.

Con posterioridad a estos trabajos se realizaron otros de revisión y completamiento del catálogo de datos macrosísmicos, los que hacían necesaria la reestimación de los parámetros de esta fórmula, tomando en consideración en este caso la representatividad de los datos para las diferentes intensidades. Las fuentes utilizadas para este análisis fueron los trabajos: (Chuy, T.; Pino, O., 1982) y (Chuy, T, 1985)

En la tabla 1.1.9 se presenta el número de sacudidas de diferente intensidad en intervalos de 50 años para el período - 1551-1950 y en intervalos de 25 años para el período 1951-1975.

De ella resulta evidente que pueden ser considerados como representativos los datos de las intensidades 7,8 y 9. Para los valores más bajos de intensidad se supuso como representativas las intensidades 5 y 6 a partir de 1901.

Además de ésto, se eliminaron del catálogo los premonitores y las réplicas y se confeccionó una nueva tabla con eventos independientes (1.20). En ella se extendieron los períodos de representatividad para las intensidades 6 y más hasta 1980, incluyéndose un evento adicional con intensidad 6. En la tabla 1.21 aparecen los datos de las frecuencias de recurrencia de las sacudidas, necesarios para la estimación de los parámetros de los gráficos intensidad-frecuencia. Estos gráficos fueron construídos en las variantes distributiva y acumulativa (fig. 1.46). Las regresiones calculadas por el método de los mínimos cuadrados fueron: $\lg N_{100} = (4.16 \pm 0,22) - (0.51 \pm 0,03) I$ (1.37)

$\lg N^{\geq}_{100} = (4.52 \pm 0,11) - (0.54 \pm 0.02) I$ (1.38)

donde $N^{\geq}_{100}$ es la cantidad de sacudidas con intensidad $\geq I$ en 100 años.

Como se ve de estos resultados, la consideración de la representatividad de los datos conduce al incremento de los valores de la pendiente y del término independiente. Esto a pesar de haberse eliminado réplicas y premonitores. Se debe señalar que en el trabajo (Chuy, T. 1985) se variaron las estimaciones de intensidad de algunos terremotos (de I=8 a I=7) con relación al catálogo presentado en (Chuy, T., Pino, O., 1982), aunque este cambio no debe tener mucha influencia en los resultados finales. Consideramos que estas fórmulas se ajustan más a la realidad que las mencionadas al inicio.

1.3.6.2 Distribución de los intervalos entre sacudidas sísmicas.

Para el grupo de intensidades representativas en todo el período de observaciones (I=7,8 y 9) fue estudiada la distribución estadística de los intervalos entre eventos contiguos. En

Período / I	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1551-1600					1	1	
1601-1650							
1651-1700					2	1	
1701-1750							
1751-1800		1	2	1	2	1	1
1801-1850	6	8	3	-	3	-	-
1851-1900	29	21	23	9	2	-	1
1901-1950	83	59	25	11	6	1	
1951-1975	114	49	13	6			

TABLA 1.19 ESTADISTICA DE LAS SACUDIDAS DE DIFERENTE INTENSIDAD SENTIDAS EN SANTIAGO DE CUBA.

I	V	VI	VII	VIII	IX
1551-1600			1	1	
1601-1650					
1651-1700			2	1	
1701-1750					
1751-1800			2	1	1
1801-1850			3	-	-
1851-1900			2	-	1
1901-1950	16	9	9	1	
1951-1975	12	4	-	-	-
1976-1980		1	-	-	-

TABLA 1.20 ESTADISTICA DE LAS SACUDIDAS CON $I \geq 5$ EN SANTIAGO DE CUBA EXCLUYENDO PREMONITORES Y REPLICAS.

I	N	n	E_{200}	E_{100}	Σ_{100}	Σ_{100}
IX	430	2	0.465	0.465		
VIII	430	4	0.930	1.39		
VII	430	13	3.03	4.67		
VI	69	14	17.9	22.57		
V	75	28	37.33	59.7		

TABLA 1.21 FRECUENCIA DE RECURRENCIA DE LAS SACUDIDAS

000127

calidad de materiales iniciales se utilizaron los datos que aparecen en la tabla (1.22). En ella se indican, para todos los terremotos independientes sentidos en Santiago de Cuba, el año, según las posibilidades el día, la intensidad y los intervalos con el evento precedente para $I \geq 7$ e $I \geq 8$.

Los valores medios de los intervalos $\Delta t_{I \geq I_0}$ a partir de este material son $\Delta t_{I \geq 7} = 18.75$ y $\Delta t_{I \geq 8} = 50.8$ años. Por otra parte los períodos medios de recurrencia calculados por la fórmula (138) son: $T_{I \geq 7} = 18.75$ y $T_{I \geq 8} =$

Para la investigación de la distribución de los datos experimentales fueron construídos histogramas, con intervalos de 10 años. ~~Dichos histogramas se muestran~~ En la fig. ~~3.2.2~~ (I.47) ~~y 3.2.3 (I 8)~~. Se muestra el histograma para $I \geq 7$

La forma del histograma para $I \geq 7$ permitió suponer la posibilidad que la distribución de los intervalos respondieran a la ley exponencial, lo que corresponde a un carácter Poissoniano del proceso de ocurrencia de sacudidas. En base a ello se realizó la prueba de hipótesis correspondiente por el criterio de Kolmogirov-Smirnov.

Este criterio se puede formular de la siguiente manera (Bolshev, L.N., Smirnov, N.V., 1965):

Sean $N_1 \leq N_2 \leq \cdots \leq N_n$ unas magnitudes aleatorias distribuídas contínuamente en orden creciente; la función empírica de distribución se expresa por

$$F(x, N_1, \ldots N_n) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq N_1 \\ m/n & \text{si } N_m \leq x \leq N_{m+1},\ 1 \leq m \leq n-1 \\ 1 & \text{si } x > N_n \end{cases}$$

mientras que la función de distribución teórica se expresa a través de $F(x)$.

Sea entonces $D_n = \sup_{|x| < \infty} |F_n(x) - F(x)|$

Dado el valor $D_n(Q)$, donde Q es el nivel de significación, si $D_n \geq D_n(Q)$ la hipótesis de pertenencia de la muestra dada a la función de distribución $F(x)$ no puede ser rechazada con nivel (de

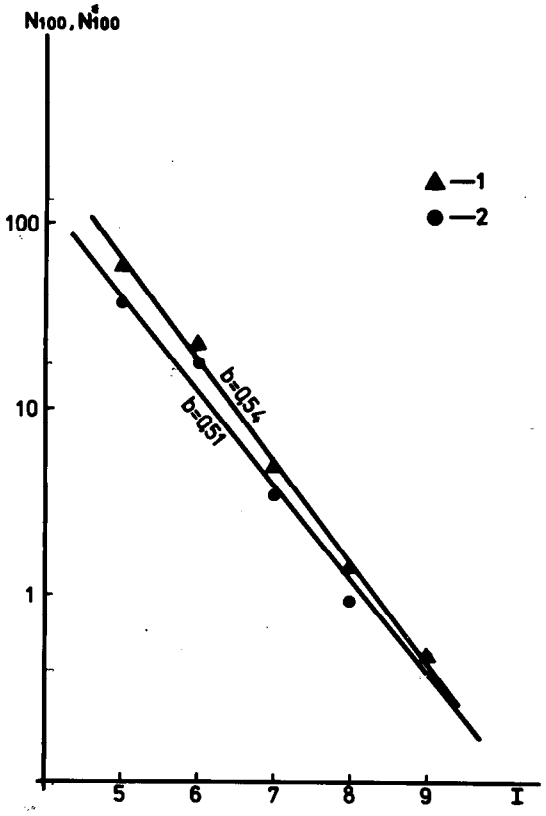


Fig 1-46 Grafica intensidad frecuencia para la ciudad de Santiago de Cuba. 1 - N^2_{100} ; 2 - N_{100}

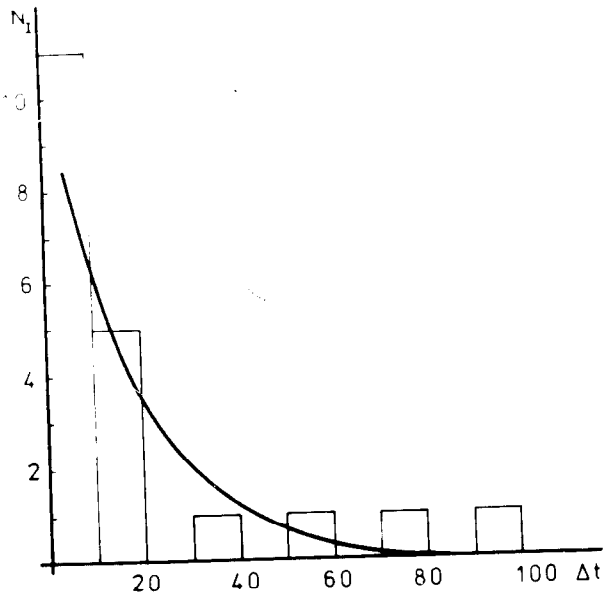


Fig 1-47 Histograma de la diferencia de tiempo entre terremotos sucesivos con I ≥ 7 - La curva corresponde al ajuste de una distribución exponencial

000149

significación Q.)

La distribución exponencial tiene la forma

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \qquad (1.39)$$

donde $E[t] = 1/\lambda$

En la tabla 1.2.3 se presentan los datos de la aplicación del criterio de Kolmogorov-Smirnov a la estadística de las sacudidas con I≥7, como parámetro X se usó el valor $\lambda = 1/t$, que es practicamente igual a $1/\Delta t$. ~~En la tabla 3.2.5 se dan los valores de $D_n(Q)$ tomados de (Bolshev, L.N., Smirnov, N.V., 195) para las dimensiones correspondientes de las muestras.~~

La prueba de hipótesis debió haberse realizado con los valores $\lambda = (1/\Delta t\ ,\ 1/t)$, ya que el primero de ellos, $\lambda = 1/\Delta t$ corresponde a las características de la muestra, y el 2do. corresponde a la sacudibilidad experimental B_I en el punto investigado, lo cual es necesario para la toma de decisión sobre qué función de distribución será utilizada para la descripción del carácter -- aleatorio del período de sacudibilidad $T_I = 1/B_I$ en los cálculos para la estimación de la peligrosidad sísmica; sin embargo, debido a la gran proximidad de estos valores sólo fue utilizado $\lambda = 1/t$

La diferencia máxima $D_n = |F_n(x) - F(x)|$ es menor que los valores correspondientes del parámetro $D_n(Q)$ ~~de la tabla 3.2.5~~ para ~~los~~ los niveles de significación, 1%, 2%, 5%, 10% y 20% e incluso en el caso de Q=20% es casi 2 veces menor. De aquí se ve que para un nivel de significación del 20% no puede ser rechazada la hipótesis de pertenencia de la muestra dada a la distribución exponencial con parámetro $\lambda = \beta_I$. Esto significa que para la estimación de la peligrosidad sísmica se debe considerar que el proceso de origen de sacudidas sísmicas en un punto dado tiene un carácter poissoniano con parámetro $\lambda = \beta_I$.

En la figura 1.4.7 se muestra, junto con el histograma, la función de densidad de distribución correspondiente para $\lambda = 1/t$

000150

Año	d. a. y. m. s	I	Δt I→VII	Δt I→VIII
1578	VIII.3	VIII 8		
1580		VII 7	2	
1675	IX.11	VII 7	95	
1678	II.11	VIII 8	3	100
1682		VII 7	4	
1750	VII.11	VIII 8	78	82
1752		VII 7	2	
1766	VI.11	VII 7	4	6
1775	IX.11	VII 7	9	
1826	IX.10	VII 7	51	
1842	V.07	VII 7	16	
1842	VII.07	VII 7	0 (2 meses)	
1852	VIII.21	VII 7	10	86
1858	2.25	VII 7	6	
1867	II.23	VII 7	25	
1903	IX.22	VII 7	16	
1906	VI.21	VII 7	3	
1914	XII.24	VII 7	8	
1930	I.17	VII 7	16	
1932	II.23	VIII 8	2	60
1947	VIII.66	VII 7	15	

TABLA 1.22 INTERVALOS ENTRE TERREMOTOS SENTIDOS EN SANTIAGO DE CUBA CON I≥7 e I≥8

x	$F_n(x)$	$F_A(x)$	$F_n(x)-F_A(x)$
20	0.55	0.413	0.137
30	0.69	0.636	0.144
30	0.80	0.738	0.062
40	0.850	0.881	-0.032
50	0.850	0.931	-0.081
60	0.90	0.959	-0.059
70	0.95	0.975	-0,026
80	0.95	0.985	-0.035
90	0.95	0.992	-0.042
100	1	0.995	0.005
máx $\|F_n(x)-F_A(x)\|$			0.152

TABLA 1.23. APLICACION DEL CRITERIO KOLMOGOROV-SMIRNOV A LA ESTADISTICA DE LOS INTERVALOS ENTRE SACUDIDAS CON I≥7 SENTIDOS EN SANTIAGO DE CUBA.

700151

La prueba de hipótesis sólo se realizó para I=7, ya que para I=8 la estadística era muy pobre y no permitía la realización de tal trabajo.

Se debe señalar que estas conclusiones no explican totalmente todos los hechos observados del proceso de generación de terremotos en la región sur-oriental de Cuba. Por ejemplo en la tabla 1.23 se presentan datos de terremotos ocurridos en el siglo XVIII con intervalos de 2-4 años, que fueron considerados como independientes para este análisis. Está tendencia al agrupamiento de los terremotos fuertes ya fue señalada en el trabajo (Alvarez, L., Bune, V.I., 1977). Por otra parte, en el epígrafe 5 se analiza la posible relación entre el terremoto de Guatemala del 4/feb/76 y el de Pilón del 19/feb/76. Sin embargo el material estadístico resulta insuficiente para probar regularidades más complejas del proceso de origen de terremotos o sacudidas sísmicas.

1.3.6.3 Estadística de valores extremos para las intensidades sísmicas sentidas en Santiago de Cuba.

1.3.6.3.1 Introducción

La estadística de valores extremos ha sido muy utilizada en los últimos años para la resolución de diferentes problemas de las ciencias aplicadas. En sismología ha sido ampliamente empleada para estimar magnitudes máximas de terremotos.

El principio general en que se basa esta estadística es el siguiente: (Karnik, Schenkova, Z., 1978).

-Dada una variable aleatoria cuya distribución se desconoce, si se cumple que:

-las condiciones prevalecientes en el pasado son válidas en el futuro.

-los mayores valores observados de la variable en un intervalo dado son independientes.

-el comportamiento de los mayores valores de la variable en un intervalo dado en el futuro será similar al del pasado, ~~Enton-~~ Entonces se tendrá que los valores extremos en intervalos dados se distribuirán según una función de distribución asintótica determinada. De las distribuciones asintóticas de Gumbel, la que mejores resultados da para las magnitudes máximas es la 3ra.

$$F_{III}(x) = \exp\left[-\left(\frac{w-x}{w-u_n}\right)^k\right]^{k_n} \qquad (1.40)$$

donde w = límite superior de X-$F^{III}(w)=1$

u_n = mayor valor característico-$F^{III}(u_n)=1/e$

$k_n > 0 \Rightarrow u_n < w \quad x \leq w$

Si consideramos los intervalos como años, el mayor valor de la variable X en n años tendrá la FD.

$$F_{III}(x_n) = F_{III}^{n}(x) = \exp\left[-n\left(\frac{w-x_n}{w-u}\right)^k\right] \qquad (1.41)$$

el mayor valor de la variable X esperado en los próximos n años será

$$\bar{X}_n = w - (w-u)\left[(1+\lambda)(1/n)^2\right] \qquad (1.42)$$

donde $\lambda = 1/k$

y el valor más probable de la variable X durante los próximos n años será:

$$\tilde{x}_n = w - (w-u)\left[(1-\lambda)/n\right]^{\lambda} \qquad (1.43)$$

El período de recurrencia de sucesos con valor de la variable X mayor o igual que un valor umbral se define como

$$T(x) = \left[1/(1 - F_{III}(x)\right] \qquad (1.44)$$

Los parámetros w,u y k se pueden estimar por el método de los momentos, para el cual se requieren todos los valores de X (serie completa), o por el método de los mínimos cuadrados, que no requiere la serie completa de valores de X (Saikia M.M. et al, 1981).

La preparación de los datos para estimar los parámetros de la distribución asintótica consiste en (Mazakazu, O. et al 1978).

-confección de una tabla con los valores extremos anuales de la variable X.

-ordenamiento de la serie de observaciones de X en orden creciente.

$$X_1 \leq X_2 \cdots \leq X_m \leq \cdots\cdots \leq X_n$$

-cálculo de las frecuencias ordinales correspondientes.

$$\phi_m = m/(N+1)$$

-graficado de los valores (Xm, Ym), donde Ym es la llamada variable reducida. $y_m = -\lg[-\lg(\phi_m)]$

La curva ajustada de la distribución asintótica se representa sobre este último gráfico.

1.3.6.2.2 Aplicación de la tercera distribución asintótica a la estadística de las intensidades máximas reportadas en Santiago de Cuba.

En nuestro caso, en lugar de aplicar la estadística de los valores extremos a las magnitudes, se aplicó a las intensidades máximas reportadas en Santiago de Cuba.

En la tabla 1.24 se muestran los valores máximos de intensidad reportados en Santiago de Cuba desde 1841 hasta 1983. En aquellos casos en que no se disponía de datos macrosísmicos de algún año, se impuso la condición $I_{max}=3$; esta condición en sí no implica una alteración irreal del fenómeno estudiado, ya que las intensidades de ese valor fácilmente pueden pasar inadvertidas para los cronistas y periodistas debido a que no provocan daños a las -- edificaciones.

Para la estimación de los parámetros se utilizó el programa GUMBEL, en lenguaje FORTRAN, confeccionado por V. Schenk, del Instituto de Geofísica de la Academia de Ciencias de Checoslovaquia. Fueron obtenidos los valores: k=26.95, w=31.36 y a=3.86. En la fig. ( ) se muestra la función de distribución correspondiente.

Fueron estimados igualmente los períodos de recurrencia para las intensidades 5-11, los cuales se muestran en la tabla 1.25 junto con los que se obtienen de la fórmula [5]. En la tabla 1.26 se muestran los mayores valores esperados y más probables para diferentes intervalos de tiempo, calculados por las fórmulas 1.42

AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax	AÑO	Imax
1841	4	1959	3*	1877	4	1895	4	1913	3*	1931	3*	1949	3	1967	5
42	7	60	5	78	3*	96	3	14	7	32	8	50	6	68	5
43	4	61	3*	79	3	97	4	15	3*	33	5	51	6	69	5
44	5	62	4	1880	5	98	5	16	4	34	6	52	4	1970	3
45	5	63	3*	81	4	99	3*	17	3*	35	5	53	5	71	4
46	4	64	3*	82	5	1900	4	18	3*	36	5	54	4	72	4
47	5	65	3*	83	5	01	4	19	4	37	6	55	5	73	4
48	3*	66	3*	84	4	02	5	1920	3	38	4	56	6	74	4
49	3	67	4	85	3*	03	7	21	3*	39	4	57	6	75	3*
1850	3*	68	4	86	4	04	3*	22	3*	1940	6	58	3	76	5
51	4	69	5	87	8	05	6	23	3*	41	4	59	5	77	5
52	9	1870	6	88	4	06	7	24	3*	42	5	1960	4	78	6
53	4	71	5	89	4	07	3	25	3	43	5	61	5	79	4
54	5	72	3*	1890	3*	08	4	26	4	44	4	62	6	80	4
55	5	73	3*	91	5	09	4	27	6	45	5	63	4	81	4
56	4	74	3*	92	5	1910	5	28	5	46	5	64	4	82	4
57	5	75	5	93	4	11	5	29	3	47	7	65	3*	83	5
58	6	76	3	94	6	12	4	1930	7	48	5	66	3*		

TABLA 1.24 Intensidades máximas anuales en Santiago de Cuba.

100135

y (1.43). Dado el carácter discreto de la intensidad I, los valores obtenidos de la evaluación de estas fórmulas se convirtieron a enteros siguiendo el criterio de que I= (I-0.5, I+0.5

I	$F_{III}(I)$	T(I)	T'(I)
5	0.73	3.66	2.44
6	0.89	9.38	7.78
7	0.96	26.75	25.06
8	0.987	81.72	80.72
9	0.996	264.59	260.02
10	0.9989	906.78	837.52
11	0.9997	3 300.15	2697.74

TABLA 1.25 Función de distribución y períodos de recurrencia para diferentes intensidades.

T(I) - período de recurrencia por la fórmula (1.44)

T'(I) - idem por la fórmula (1.37)

Tiempo de espera (años)	intensidad máxima esperada	intensidad máxima más probable
10	7	6
20	7	7
50	8	8
100	9	8
200	9	9
500	10	10
1000	11	10
2000	11	11
5000	12	11
10000	12	12

TABLA 1.26 Valores de la intensidad máxima esperada y de la más probable en diferentes tiempos de espera.

000156

1.3.6.3.3 Discusión

En primer lugar se debe señalar que se obtuvo un valor de intensidad máxima (Ψ=31.36) carente de sentido físico. Esta situación se le ha presentado también a otros investigadores. Por ejemplo, Karnik y Schenkova, se encontraron este problema en el estudio de la región Balcánica (Karnik, V., Schenkova, Z., 1978), donde obtuvieron valores de Mmax de hasta 17.125, y lo explican por deficiencias en el material inicial, ya sea por insuficiente tiempo de observación para alcanzar una homogeneidad estadística o por una delimitación errónea del área investigada. Estos autores plantean que otras propiedades, como la longitud del interva-

)00157

lo unitario, la completitud, las fronteras de la región analizada y el período de observación pueden tener una influencia mayor que el ajuste del proceso físico de ocurrencia de terremotos al modelo estadístico impuesto.

Los períodos de recurrencia son muy próximos a los del gráfico intensidad-frecuencia, lo que es una característica común a casi todos los estimados de este tipo.

Por otra parte, los valores de intensidad máxima esperada y más probable, son razonables para tiempos de espera menores a 500 años no así para el rango hasta 10^{000} años, ya que aparecen valores de I=11 y 12, los cuales no deben ocurrir en esta región. Esta sobreestimación de las intensidades debe estar asociada con el valor sumamente elevado de [illegible] discutido anteriormente.

En conclusión, la aplicación de la estadística de valores extremos de Gumbel a la serie de observaciones de intensidades máximas sentidas en Santiago de Cuba permite hacer estimados confiables de los períodos de recurrencia de las diferentes intensidades, así como la obtención de estimados de las intensidades máximas esperada y más probable para tiempos de espera menores a 500 años. Sin embargo no permite estimar la intensidad máxima -absoluta, ni extender los estimados de intensidades máximas esperada y más probable para tiempos de espera mayores a 500 años.

000158

1.4 Análisis del régimen sísmico

1.4.1 Resumen de las investigaciones publicadas sobre los gráficos magnitud-frecuencia.

La relación magnitud-frecuencia fue establecida empíricamente por Gutenberg y Richter (Gutenberg, B., Richter C.F., - 1954) de la forma:

$$\lg N = a + b(8-M) \qquad (1.45)$$

donde N = frecuencia anual de repetición de los terremotos de una magnitud dada

M = magnitud, dada en intervalos de 0.1

A partir de ese momento comenzó a utilizarse ampliamente en el mundo, y en la actualidad los gráficos magnitud-frecuencia se construyen de 2 formas diferentes:

- Gráficos magnitud-frecuencia distributivos

  Consisten en la representación de los valores (N_i, M_i) donde N_i es el número de terremotos dentro del intervalo de magnitud $M_i \pm 0.25\ M_s$

- Gráficos magnitud-frecuencia acumulativos. Consisten en la representación de los valores (N_i^{Σ}, M_i) donde N_i^{Σ} es el número total de terremotos con magnitudes mayores que $M_i - 0.25\ M_s$, $N_i^{\Sigma} = \sum_{j \geq i} N_j$

Estos dos gráficos por regla general se construyen normalizando los valores N_i ó N_i^{Σ} con respecto al espacio (longitud, área o volumen de zona sismogeneradora) y al tiempo (por lo general se dan frecuencias anuales), aunque en algunos casos se obvia alguna de ellas.

Los parámetros a y b del régimen sísmico habitualmente se calculan aproximando estos gráficos por líneas rectas, lo que en realidad sólo es válido lejos de la región cercana a la magnitud máxima:

$$\lg N(M) = A - B(M - M_0) \qquad N = (N_i, N_i^{\Sigma}) \qquad (1.46)$$

En lugar del parámetro a, es muy usual encontrar en la literatura soviética otro parámetro directamente relacionado con él y que es la llamada "actividad sísmica" (Riznichenko, Yu. V., 1958). Si se parte de la fórmula (1.46) tendremos que para $M = M_0$

se obtiene

$$\lg N(M_0) = \lg A_0 \Rightarrow A_0 = N(M_0) \qquad (1.47)$$

donde A_0 es la actividad sísmica. En la práctica sismológica soviética este parámetro se estima para gráficos magnitud-frecuencia construídos para clase energética K en lugar de magnitud M, con ancho de intervalo $\Delta K=1$ y valor $K_0=10$, aunque a veces se usa $K_0=15$. Este parámetro se cartografía siguiendo técnicas elaboradas al respecto (Riznichenko, Yu. V., 1964), y los mapas de A_{10} son utilizados como material inicial para estimación de la sacudibilidad sísmica.

Un aspecto ampliamente discutido en la literatura es el referido a la curvatura hacia abajo de los gráficos magnitud-frecuencia acumulativos en la región de las altas magnitudes.

Por ejemplo, Cosentino (Cosentino, P., Ficarra, V., Luzio D., 1977) propuso un modelo basado en homogeneidad de zona sismogeneradora, independencia entre eventos, distribución de magnitud estacionaria en el tiempo y existencia de un valor máximo de magnitud. Obtuvo la expresión siguiente para la frecuencia acumulativa.

$$N(M) = \frac{N(M_0)\left\{\exp\left[-\beta(M-M_0)\right] - \exp\left[-\beta(M_p-M_0)\right]\right\}}{1-\exp\left[-\beta(M_p-M_0)\right]} \qquad (1.48)$$

donde Mo es la magnitud mínima $M_0 \leq M \leq M_p$. Este modelo ha sido usado por el autor como método de estimación de Mmax (Cosentino, P., Luzio, D., 1977).

En la actualidad aparecen en la literatura otros 2 enfoques diferentes sobre este problema. Uno de ellos corresponde a un modelo propuesto por C. Lomnitz y su hijo, (Lomnitz-Adler, J., Lomnitz C., 1978, 1979, 1982) en cuyo desarrollo ha intervenido activamente Kijko (Kijko, A., Sellevoll M.A., 1981) (Kijko, A., 1982). Este modelo se basa en suposiciones muy simples sobre el proceso de liberación de deformaciones y relaciones empíricas conocidas. La expresión obtenida es llamada distribución doble exponencial.

$$\log G(M) = A - B \exp(\alpha M) \qquad (1.49)$$

El otro enfoque corresponde a Makjanic (Makjanic, B., 1980); está basado en la estadística de valores extremos y consiste en la estimación de la distribución de todas las magnitudes partiendo de las distribuciones asintóticas para las magnitudes extremas. Llama a la expresión obtenida "distribución exponencial generalizada".

$$F(x) = 1 - \left[1 - \frac{k(x-x_0')}{\alpha'}\right]^{1/k} \qquad (1.50)$$

La estimación de los parámetros se realiza comúnmente por el método de los mínimos cuadrados, aunque el mismo tiene algunos inconvenientes y es más recomendable usar otros métodos como el de la máxima verosimilitud (Prochazkova, P. 1973). El método más riguroso para estimación de los parámetros y sus errores por máxima verosimilitud fue dado por (Mol'chan, GM, Podgaetskaya, 1973) partiendo del criterio del carácter Poissoniano de la ocurrencia de terremotos.

Otros autores han desarrollado métodos para estimar los parámetros de sus fórmulas particulares. Así, Cosentino (Cosentino, P. et al., 1970) utiliza el método de los momentos para estimar todos los parámetros de su fórmula, incluso la magnitud máxima M_p. Por otra parte, Makjanic desarrolló un método especial para estimar los parámetros de las distribuciones inicial y extrema que plantea en su enfoque del problema (Makjanic, B., 1982)

1.4.2 Aspectos teóricos del tipo de gráfico magnitud-frecuencia usado en este trabajo.

1.4.2.1 Teoría general

El tipo de gráfico magnitud-frecuencia usado en este trabajo parte de la representación que confiere un carácter continuo a la magnitud $n(M)$

$$\left.\begin{aligned} \lg n(M) &= a - b(M - M_0) \\ n(m) &= 10^{a - b(M - M_0)} \end{aligned}\right\} \quad M_{min} \leq M \leq M_{max}$$

$$n(m) = 0 \qquad M > M_{max} \qquad (1.51)$$

donde $N(M)\,dM$ es el número de terremotos en el intervalo entre M y M+dM, normalizado espacial y temporalmente. La magnitud M_{max} corresponde a la máxima probable, mientras que la magnitud Mmin corresponde a la mínima magnitud representativa para la región. Esta repres entación ha sido usada por diversos autores (Utsu, T., 1971), (Bune, V.I. y otros, 1960), (Riznichenko, Yu. V., - 1964).

Esta generalización matemática es muy cómoda para el estudio de la frecuencia de ocurrencia de terremotos, ya que el parámetro $n(M)$ es una densidad de frecuencia y a partir de él se puede obtener cualquier otro parámetro que nos interese.
El número de terremotos en un intervalo de magnitud será:

$$N(M_1, M_2) = \int_{M_1}^{M_2} n(m)\,dm \qquad (1.52)$$

donde M_1 y M_2 pueden tomar cualquier valor, Usando esta fórmula se pueden obtener las expresiones correspondientes a las frecuencias N_i y N_i^* de los gráficos magnitud-frecuencia distributivo y acumulativo.

El gráfico magnitud-frecuencia distributivo se construye con las frecuencias $N_i^*(Mi)$ correspondientes al número de terremotos en el intervalo $(Mi - \Delta Mi/2\,,\ Mi + \Delta Mi/2)$

$$N_i = \int_{Mi - \Delta Mi/2}^{Mi + \Delta Mi/2} n(m)\,dm = 10^{a - b(Mi - M_0)} \cdot F(b, \Delta Mi) \qquad (1.53)$$

donde

$$F(b, \Delta Mi) = \left[10^{b\Delta Mi/2} - 10^{-b\Delta Mi/2}\right] / b \cdot \ln 10 \qquad (1.54)$$

Por consiguiente

$$N_i(Mi) / F(b, \Delta Mi) = 10^{a - b(Mi - M_0)} \qquad (1.55)$$

000162

Para el cálculo de los parámetros a y b es necesario conocer con anticipación el parámetro b que entra en la expresión $F(b, \Delta M_i)$ No obstante, este problema puede ser resuelto si analizamos el desarrollo en series de Taylor de la misma

$$F(b, \Delta M_i) = \Delta M_i + \frac{1}{3!}\left(\frac{b \Delta M}{2}\right)^2 \frac{(\ln 10)^2}{b} + \cdots + \Delta M_i \qquad (1.56)$$

De tal forma se obtiene que en una primera aproximación

$$N_i(M_i)/\Delta M_i = 10^{a - b(M_i - M_0)} \qquad (1.57)$$

El gráfico magnitud-frecuencia acumulativo se construye para las frecuencias $N_i^{\Sigma}(M_i) = \sum_{j \geq i} N_j(M_j)$, correspondientes al número de terremotos con magnitud igual o mayor que un valor dado.

$$N_i^{\Sigma}(M_i) = \sum_{j \geq i} N_j(M_j) = \sum_{j \geq i} \int_{M_j - \Delta M_j/2}^{M_j + \Delta M_j/2} n(M)\, dM \qquad (1.58)$$

Si los intervalos de magnitud no se solapan, la magnitud máxima se expresa por $M_{max} + \Delta M_{max}$, y los intervalos ΔM_j cubren todo el intervalo hasta la fórmula 1.58 se transforma en

$$N_i^{\Sigma}(M_i) = \int_{M_i - \Delta M_i/2}^{M_{max} + \Delta M_{max}} n(M)\, dm = \qquad (1.59)$$

$$= 10^{a - b(M_i - M_0)} \left[1 - 10^{-b(M_{max} - M_i + \Delta M_{max} + \Delta M_i/2)}\right] \frac{10^{b \Delta M_i/2}}{b \cdot \ln 10}$$

de tal forma, $N_i^{\Sigma}(M_i)$ es el número de terremotos dentro del intervalo $(M_i - \Delta M_i/2, M_{max} + \Delta M_{max})$

A diferencia del gráfico magnitud-frecuencia distributivo, el acumulativo no puede ser aproximado por una línea recta. Tomando logaritmos a ambos lados de 1.59 obtenemos

$$\lg N_i^{\Sigma}(M_i) = a - b(M - M_0) + \lg\left(\frac{10^{b \Delta M_i/2}}{b \cdot \ln 10}\right) + \lg\left[1 - 10^{-b(M_{max} - M_i + \Delta M_{max} + \Delta M_i/2)}\right] \qquad (1.60)$$

que para $M_{max} \gg M$ puede ser aproximado por

$$\lg N_i^{\Sigma}(M_i) = a' - b(M_i - M_0), \quad a' = a + \lg\left(\frac{10^{b \Delta M_i/2}}{b \cdot \ln 10}\right) \qquad (1.61)$$

En la práctica, para $M_{max} - M_i \approx 2\text{-}3$ se obtiene una buena aproximación. Así se tiene que la parte izquierda del gráfico es practicamente una línea recta con la misma pendiente que la del gráfico magnitud-frecuencia distributivo y desplazada una cantidad $\lg\left(\frac{10^{b \Delta M_i/2}}{b \cdot \ln 10}\right)$ Por otra parte, la parte derecha del gráfico se inclinará hacia debajo debido a la influencia del término

$$\lg\left[1 - 10^{-b(M_{max} - M_i + \Delta M_{max} + \Delta M_i/2)}\right] \qquad (1.62)$$

000163

En el caso límite de que M_i sea igual a $M_{max}+\Delta M_{max}$ dicho término se reduce a $\lg[1-10^{-b\Delta M_i/2}]$ de tal forma que nunca se llega a obtener el valor $\lg[0]$ (1.63) que se podría interpretar como imposibilidad de alcanzar la magnitud máxima. Esto se explica por el hecho de que $N_i^{\Sigma}(M_i)$ siempre se determina dentro de un intervalo, cuya menor amplitud se determina por el error con que se determina la propia magnitud M/2.

Se debe señalar que en la metodología del cálculo de la sacudibilidad sísmica en uso en la URSS (Rizmichenko, Yu. V. red, 1979) no se calculan las frecuencias acumulativas a partir de $M_i-\Delta M_i/2$, sino a partir de M_i. Por otra parte, en la metodología utilizada para el cálculo de las áreas de sacudidas de diferente intensidad en los mapas de regionalización sísmica (Duné, V.I., 1971) se consideran los terremotos dentro de intervalos de magnitud, lo que en principio conduce a gráficos magnitud-frecuencia acumulativas del tipo de los descritos anteriormente. Para visualizar en cuanto a ambos enfoques se diferencian entre sí en sus resultados finales se puede calcular el número de terremotos dentro del intervalo $(M_i, M_{max}+\Delta M_{max})$

$$N_i^{\Sigma}(M_i)=\int_{M_i}^{M_{max}+\Delta M_{max}} n(m)\,dm=10^{a-b(M_i-M_0)}\left[1-10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max}-M_i)}\right] \qquad (1.64)$$

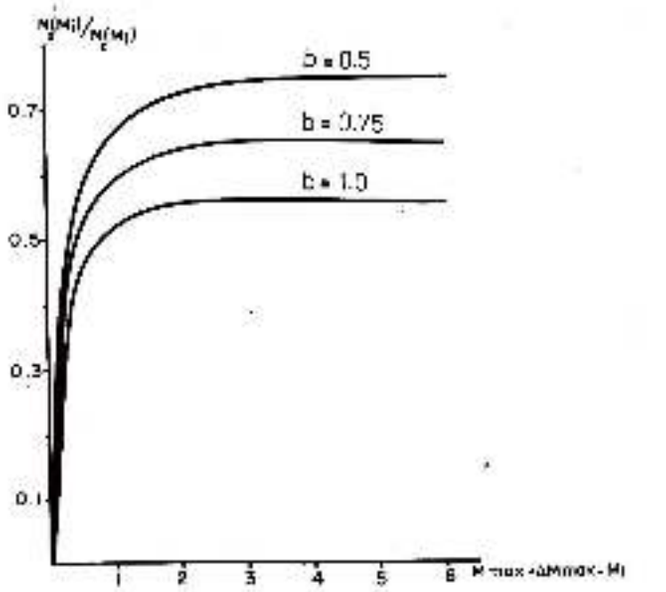
La relación entre $N_i^{\Sigma}(M_i)$ y $N_i^{\Sigma}(M_i)$ será:

$$\frac{N_i^{\Sigma}(M_i)}{N_i^{\Sigma}(M_i)}=\alpha\,\frac{\left[1-10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max}-M_i)}\right]}{\left[1-\alpha\,10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max}-M_i)+\Delta M_i/2}\right]} \qquad (1.65)$$

donde $\alpha=10^{-b\Delta M_i/2}$

Habitualmente el valor de ΔM se toma igual a 0.5 y supongamos que b varía de 0.5 a 1. Se pueden construir los gráficos de la dependencia $N_i^{\Sigma}/N_i^{\Sigma}$ con respecto a la diferencia $(M_{max}+\Delta M_{max}-M_i)$ para diferentes valores de α. Por ejemplo: b= (0.5,0.75,1), o sea α= (0.75,0.65,0.56) (fig. 1.18).

Como se ve del gráfico, el valor de la dependencia $N_i^{\Sigma}/N_i^{\Sigma}$ comienza por el valor nulo para $M_{max}+\Delta M_{max}=Mi$, se incrementa abrup-



1-48

Fig 1.48 Relacion $N_2^1(Mi)/N_2(Mi)$ con respecto a $M_{max} + \Delta M_{max} - M$:

009165

tamente en el intervalo hasta $M_{max}+\Delta M_{max}=1.5$ y tiende asintóticamente al valor de α, que es siempre menor que la unidad. De aquí se ve que ambos enfoques conducen a estimados completamente diferentes de la peligrosidad sísmica, por lo que debe tomarse la decisión de cuál de ellos se adiestrará en las estimaciones a realizar.

La función de distribución de las magnitudes asociada a esta relación magnitud-frecuencia se puede obtener de la forma siguiente:

$$P(M>m)=\frac{\text{No de terremotos con } M>m}{\text{no total de terremotos}}=$$

$$=\frac{\int_{m-\Delta m/2}^{M_{max}+\Delta M_{max}} n(M)dM}{\int_{M_{min}-\Delta M_{min}}^{M_{max}+\Delta M_{max}}} \qquad (1.66)$$

La función de distribución será:

$$Q(m)=P(m<M)=1-P(m>M)$$

$$Q(m)=1-\frac{10^{-b(m-\Delta m/2)}-10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max})}}{10^{-b(M_{min}-\Delta M_{min})}-10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max})}} \qquad (1.67)$$

la función de densidad de la distribución será:

$$f(m)=\frac{dQ(m)}{dM}=\frac{10^{-b(m-\Delta m/2)}\cdot b\ln 10}{10^{-b(M_{min}-\Delta M_{min})}-10^{-b(M_{max}+\Delta M_{max})}} \qquad (1.68)$$

I.4.2.2 Programa MAGFRE

Este programa calcula los valores de los parámetros a y b con sus errores por el método de los mínimos cuadrados y por el de la máxima verosimilitud según el algoritmo de Molchan (Molchan, G.M., Podgaetskaya, V.M., 1973); además, calcula los valores de $N_i(M_i)$ y $N_i^b(M_i)$ para varios puntos de los respectivos gráficos magnitud-frecuencia. Consta de un programa principal y 13 subprogramas, fue escrito en lenguaje FORTRAN.

Su principio de trabajo es el siguiente:

-Lee el conjunto de valores $(N_i/\Delta m_i, M_i, \Delta M_i, N_i(M_i), T_i)$

donde Ti es el período de observación representativo para Mi.
Calcula lg $[N_i(M_i)/\Delta M_i]$

-Estima los valores de a y b por mínimos cuadrados usando la fórmula (65). Con el valor de b hallado calcula las expresiones $F(b,\Delta M_i)$ usando la fórmula (59)

-Calcula lg $[N_i(M_i)/F(b,\Delta M_i)]$ Recalcula los valores de a y b por mínimos cuadrado usando la fórmula (62)

-Tomando como base estos últimos estimados de a y b utiliza el algoritmo de Kolchen para estimar los valores de a y b por máxima verosimilitud.

-De forma opcional calcula tablas de valores de $N_i(M_i)/\Delta M_i$, $N_i^E(M_i)$ y $N_i(M_i)/\Delta M_i=0.5$ para un rango de magnitudes que se da por datos.

-En caso de necesidad (se controla por un parámetro de los datos), lee un nuevo conjunto de valores $(N_i(M_i)/\Delta M_i, N_i^E(M_i), N_i(M_i), T_i)$ para usarlos en la estimación de los parámetros por máxima verosimilitud y el ajuste de la curva calculada del gráfico magnitud-frecuencia acumulativo a los datos experimentales. Esto se realiza cuando en los datos iniciales existían intervalos vacíos y en la primera parte del programa se hizo un reagrupamiento de los datos para cubrir todo el rango de variación.

-Calcula la dispersión normal y logarítmica de las curvas calculadas para los gráficos magnitud-frecuencia acumulativos con respecto a los datos experimentales. Lo realiza tanto para la aproximación mínimo-cuadrativa como para la de máxima verosimilitud.

-Estima los parámetros A y B para un gráfico magnitud-frecuencia acumulativo en forma de línea recta (fórmula (24))

Para todas las estimaciones se calculan las errores y la dispersión estandar. Junto con la estimación mínimo cuadrática se calcula el coeficiente de correlación. En la biblioteca de programas que se incluye en el epígrafe 1.5 se detallan otros aspectos de su utilización.

Los agricultores [illegible] en relación a la cosecha-
ción de algodón que [illegible] el XIII Censo Agrícola Ga-
nadero de [illegible] y el [illegible] (CNA)
[illegible] los cuales [illegible] en algodón [illegible] pro-
[illegible] como los cinco estados, alcanzan a cubrir [illegible]
cuarta parte de la [illegible], y por ello que el análisis de una [illegible]
de ellos se pueda [illegible] relativa sobre el [illegible]
en conjunto. La comparación en el procedimiento de la diferencia
[illegible] el del MEIO, para la región comprendida entre -
los 97° y 98° Latitud Norte, y los 25° y 26° Longitud Oeste.

Se analizó el período 1964-1972 [illegible] cuenta que [illegible]
de 8.1. El período 1967-1968 contiene [illegible] de estudio, [illegible]
[illegible] en [illegible] y corresponde al [illegible] [illegible]
[illegible] del ciclo. Estos [illegible] [illegible] objeto de
[illegible], debido a que [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible]

Día	Mes	Año	Hora de origen	Lat N	Lon W	h	M	M_L	M_L-M	I_{max}	Ref
29	4	1869	15 19	12	90	-	7.5			VIII	(1)
24	7	1899	23 45	17	98	-	8.4	8.5	+1.5	V	(2)
14	6	1900	11 30	18	97	-	7.8			V	(3)
20	1	1903	06 45	20	102	25	8.2				
16	5	1920	21 12	20	106	25	7.8				
31	8	1920	21 58	21	86	25	7.9	8.1	+0.8		(4)
26	10	1920	09 11	11	86	25	8.4			IX-X	(5)
16	4	1902	09 25	14	91	25	8.8			IX-X	(6)
25	9	1902	20 16	16	95	25	7.4	7.7	+0.6	X	(7)
11	1	1905	01 47	15	98	25	8.2				
23	1	1904	14 52 05	7	79	-	7.9				
23	12	1904	10 44 15	8.2	93	25	8.2				
30	1	1906	15 38	1	81.5	25	8.9				
25	4	1907	08 07 06	17	100	25	8.2				
26	1	1908	23 05 30	18	99	-	8.1	7.9	+0.6	X	(7)
7	6	1911	11 02 42	17.5	102.5	25	7.9	8	+0.1	X	(7)
7	9	1915	01 23 48	16	95	80	7.9				
17	6	1928	05 19 27	16.2	98	25	7.9	7.9	+0.6	IX	(8)
15	1	1951	01 50 41	16	96.75	25	7.9				
3	6	1952	10 36 50	19.5	104.25	25	8.1	7.8	+0.5	VIII	(8)
18	6	1952	10 12 10	19.5	103.5	25	7.9			VII	(8)

1) Ruiz, T. (1888)
2) Figueroa, J. (1904)
3) Ordaz, J. L., Robson, G. R. (1978)
4) Perales, J., Duran, G. (1978)
5) Espinosa, A. F., Algermissen S. T. (1972)
6) Espinosa, A. F., (1976)
7) Figueroa, J. (1963)

TABLA 2.1 Datos de los temblores con $M_L \geq 7.8$ de la tabla No 1, magnitudes instrumentales de magnitud y valores de I_{max}.

Magnitud / Período	M ≥ 7,0	7,0 ≤ M ≤ 6,7	M ≤ 6,6
1898-1909	10	6	6
1908-1919	5	8	5
1918-1929	2	8	7
1928-1939	0	0	0
1938-1949	0	0	0
1948-1959	4	4	0

Tabla N°6- Terremotos con magnitud M ≥ 7,0 en el catálogo del NEIS para el período 1898-1959.

000170

Los resultados de la clasificación aparecen en las tablas 4-29 y 4-30, sobre cada una de las cuales se han trazado líneas horizontales indicativas del umbral de la separabilidad de los datos para una integración de cuatro. En la tabla 4-30 se ha añadido al conjunto del análisis de la separabilidad. Los gráficos separabilidad-frecuencia correspondientes se presentan en las figs. 4-11 y 4-12.

a)

M_c / PERIODO	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1900-1909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1910-1919	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1920-1929	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1930-1939	0	0	0	0	3	2	3	0	0	0
1940-1949	0	0	0	0	22	12	12	5	3	0
1950-1959	0	0	0	0	17	10	10	5	4	0
1960-1969	0	0	0	0	21	10	11	10	1	1
1970-1979	0	9	10	8	21	13	13	6	2	2
1980-1989	5	37	16	19	23	20	20	16	2	1
1990-1999	52	49	30	36	17	14	10	14	0	1
2000-2009	421	296	201	108	46	12	5	2	1	0
2010-2019	179	204	207	148	57	26	11	0	2	0

b)

M_c / [illegible]	3.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
Periodo	70-79	64-79	54-79	26-79	16-79	10-79	04-99	01-19
Años	12	16	19	48	60	60	20	12
No. terremoto	402	240	66	120	102	82	24	8
No. terremoto/año	33,5	15,0	3	2,5	1,70	1,37	1,20	0,67

Tabla No. 4.2) Regionalización de los terremotos por intervalo de magnitud M_c. Terremotos ocurridos $\delta \geq 6$ y $\varphi \leq 20$.

a) Número de terremoto por intervalos de magnitud y tiempo.

b) Cuadro resumen.

009172

a)

Periodo \ M_w	4,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
1904–1909	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1910–1915	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
1916–1921	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
1922–1927	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
1928–1933	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1934–1939	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1940–1945	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
1946–1951	0	1	0	0	0	4	4	0	0	0
1952–1957	0	1	2	0	4	5	0	0	1	0
1958–1963	0	3	5	3	10	0	0	0	0	0
1964–1969	111	101	46	35	11	0	0	0	0	0
1970–1975	92	82	52	40	10	0	0	0	0	0

b)

M_w \ Periodo	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
Periodo	64–75	64–75	64–75	67–75	70–75	70–75	70–75	70–75
Años	12	12	12	48	6	6	6	6
No. terremotos	304	75	21	45	7	5	4	1
No. temblores/año	5,3	6,25	1,75	1,02	0,42	0,17	0,133	0,033

Tabla No. 3.3 Peligrosidad sísmica de los terremotos por intervalos de magnitud 0,5 M_w. Terremotos intermedios $70 \leq h \leq 150$

a) Número de terremotos por intervalo de magnitud y tiempo.

b) Curva relativa.

000173

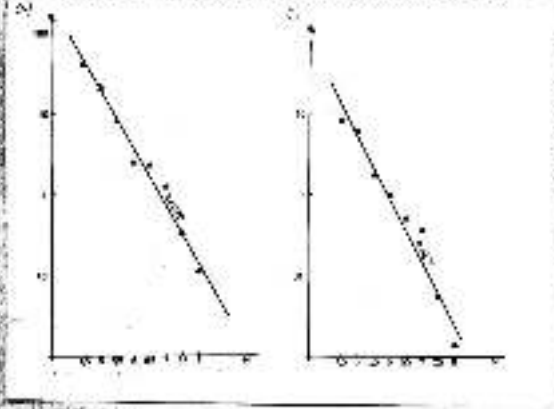


Fig. 41 [illegible]

3.4.4 Análisis de período-frecuencia para las zonas climatológicas que circundan la región oriental de Cuba.

3.4.4.1 Catálogo de terremotos utilizados. Representatividad de sus datos.

Para la región comprendida entre los 19° y 24° latitud Norte y los 72° 30' longitud Oeste se utilizó el catálogo que se presenta en el epígrafe 3.3.3.2 que corresponde al período desde 1551 hasta 1980, para un total de 430 años. (4 sismos-1 c)

A pesar de que la representatividad de los datos del catálogo del NGDC para todo el Caribe fue analizada en el epígrafe anterior, el catálogo correspondiente a esta región es más completo debido a la inclusión de gran cantidad de terremotos con parámetros determinados por datos macrosísmicos, por lo que resulta necesario analizar nuevamente la representatividad de los datos en el correspondiente, por otro punto, podría existir cierta variación regional de la representatividad de los datos debido a la diferencia porcentual de los catalogados que han registrado en diferentes períodos, lo que en el caso se refleja en este apartado.

Se debe señalar que con la discriminación de los diferentes de la región el número de terremotos disminuye también, y a veces resulta muy difícil opinar sobre la representatividad. Los objetivos fundamentales de la repetición del análisis de representatividad son en primer lugar, encontrar los períodos de representatividad en el ámbito de las magnitudes bajas, y en segundo lugar, obtener valores más confiables de los frecuencias de ocurrencia en el ámbito de las magnitudes grandes mediante la inclusión de terremotos fuertes de siglos anteriores. Sin embargo, en caso de imposibilidad de reestimar los períodos de representatividad se tendrán los estimados en el epígrafe anterior.

El catálogo 1551-1980 fue dividido en dos partes 1551-1900 y 1901-1980. La primera se dividió en períodos de 50 años, la segunda en períodos de 10 años. Como en el caso anterior, se calculó el número de eventos en intervalos de magnitud de ancho 0.5 M, los eventos con determinaciones de magnitud m_b fueron convertidos

308173

ción o "no por la [illegible] del criterio, y ahora, para algunos casos de terrenos difíciles que para un mayor nivel de a_0 tenían un valor muy bajo de K_p, se verá como valor K_p algún se obtuvo de forma más [illegible] por la [illegible].

En la Tabla [illegible] se proveía la distribución del número de terrenos en intervalos amplios y de magnitud para cada intervalo y siguiendo el número de terrenos en cada fila. La primera fila corresponde a los terrenos con magnitudes características de tipo flexible, y la segunda a las determinaciones de magnitud y características por datos macrosísmicos. Con líneas convencionales quedan diferidas los datos representativos de los no representativos en cuanto a las características del epígrafe anterior (de forma apropiada en que se encuentran intervalos de calificación). Una línea continua horizontal los aparecen distintos los intervalos en los cuales las determinaciones de magnitud por datos macrosísmicos de aquellos en que no las hay. Los datos macrosísmicos representativos para las magnitudes 7 y 7,5 y los no representativos aparecen divididos también por líneas continuas verticales.

De esa forma, para la determinación de la representatividad de los datos un profesional tiene criterios diferentes.

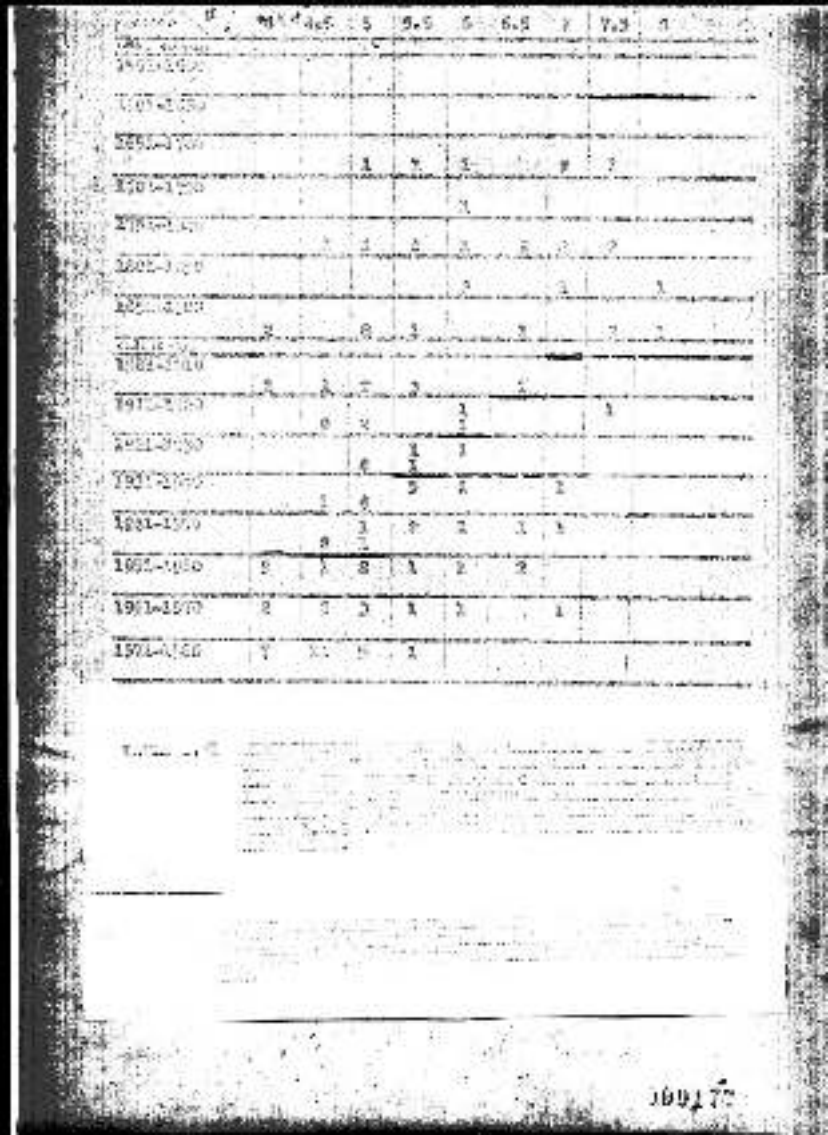
1) Se decepciona por los resultados del epígrafe anterior y no se consideran los terrenos fuentes históricos.

2) Se determina por la no aparición de determinaciones de magnitud por datos macrosísmicos y no se consideran los terrenos fuentes históricos.

3) se determina por los resultados del epígrafe anterior y se consideran en consideración los terrenos fuentes históricos.

4) Se determina por la no aparición de determinaciones de magnitud por datos macrosísmicos y se consideran los terrenos fuentes históricos.

5) Se determina por los resultados del epígrafe anterior (en los intervalos de magnitud 4,5 y 5, por la no aparición de determi-



nacionales de magnitud por datos paramétricos para los intervalos de magnitud 4.5, 5.0, 5.5, y 7, y determinamos los terremotos fuertes históricos para los intervalos de magnitud 7.5 y 8.

En la tabla (1.2Z) aparecen el número de terremotos, los períodos de representatividad y los parámetros del gráfico magnitud-frecuencia obtenidos por ambos métodos con el programa - MAXIM. Para todos los casos el ancho del intervalo de magnitud - fue 0.5, el número del extremo superior corresponde al de la lista anterior. Como puede notarse fácilmente, para el criterio 5 se obtienen el coeficiente de correlación más alto y la menor dispersión, por lo que resulta el más consistente. Estos criterio entre períodos de representatividad no corresponde con los resultados del gráfico anterior sólo para los intervalos de magnitud 4.5 y 5. Para los intervalos de magnitud 5.0, 5.5, 6.0 y 7 con la utilización sólo de datos instrumentales encontramos los períodos de representatividad. Esto puede ser debido a que esta región es consecuencia muy cerca de los catálogos de los 18.00., pues entonces hasta 1962 llevaron el registro pero en la determinación de los períodos de representatividad la región del Caribe. Por ello para se incluyeron los terremotos fuertes históricos en los intervalos de magnitud 7.5 y 8. Dado la competitud de estos datos sujetos a la posibilidad de pocos posibles para la región, se tomó más conveniente representativo los datos a partir del siglo XVII, cuando ya las islas de Cuba, Jamaica y La Española existían suficientes pueblos poblados para no permitir que se ignoraran un evento de tal magnitud. En la fig. (1.2) se presenta el gráfico magnitud-frecuencia acumulado para esta provincia.

Es bien notable que para los diferentes zonas, determinadas en el epígrafe 6.3 existe la posibilidad de un incremento sísmico, de los niveles de representatividad. Esto se evidencia por el hecho de que, como se ve en la tabla (1.2), - hubo una gran cantidad de terremotos con determinados de magnitud por datos paramétricos fuera de los niveles de representa-

4.5		5.0		5.5		6.0		6.5		7.0		7.5		8.0		Paramètres
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	
13	80	8	20	8	20	4	50	3	50	3	70	1	60	–	–	
14	30	10	30	10	50	5	60	3	70	3	80	1	60	–	–	
13	80	8	80	2	20	4	50	3	50	3	70	7	380	2	300	
14	30	10	30	10	50	5	60	3	70	3	80	7	380	2	300	
13	80	8	20	10	50	5	60	3	70	3	80	7	380	2	300	

A cette [illegible] valeur rendent ou leur [illegible] la représentation [illegible]

...dado para la región en estudio y se ha dividido arbitrariamente en tres intervalos en donde las características de la ...

...

...



Fig. 150 Wege [illegible] durch [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

100161

sismo con magnitudes M_L, M_S y M_w determinadas por estas instituciones. Se verá la forma de asignar las magnitudes adecuadas, siguiendo el procedimiento antes mencionado: $I_{M_L}=(7.5\pm0.5)$; $I_{M_S}=(7.7\pm0.5)$; $I_{M_w}=(8\pm0.5)$. De tal forma, para la zona i de la primera estructura fuente $I_i=8.5$.

Resulta interesante comparar estas estimaciones con los valores que otros autores dan para este sismo.

En lo que respecta a distribuciones estadísticas, podemos subdividir la investigación ya hecha realizada por Cuautle:

para la región del Caribe como un todo, incluyendo Región Central, en base a la distribución exponencial - truncada anteriormente, el máximo I_{max} fondo obtuvo el valor 8.5 ± 0.5. Por otra parte, la aplicación de la estadística de valores extremos de Gumbel para la región (González B y otros, 1985), arrojó un valor de $I_{max}=8.2$ para la región como un todo (magnitud máxima probable en cien años)

Esta rápida revisión hace la dificultad de que se puede - particularizar el lugar donde ocurrió el terremoto, ya que - obtuvo la magnitud de acuerdo a estas estimaciones físicas, la región no estaría muy grande.

La aplicación de métodos de zonificación sísmica [illegible] información tectónica-geomorfológica-sismológica para el Cinturón Circum-Caribe, dio como resultado que el sismo fue originado por terremoto con magnitud $M_S=8.2$ en la región suroriental de Cuba (Stirling, M.W. y otros, 1996).

Sin embargo, la aplicación de criterios geológicos de la geotectónica global a la zona mismo-epicentro de la zona de - Bartlett-Caimán nuevamente resultando que la magnitud máxima posible en ella es $M_S=8.0$ (Velázquez V.E. y otros 1993).

Por otra parte, en cuanto a base para la región suroriental de Cuba existen datos de [illegible] los cuales la actividad sísmica (González B y otros, 1990 [illegible]) presenta valores de Mmax -

que van desde [illegible] ... [illegible]

[illegible]

[illegible]

[

La secuencia de ejecución de los gráficos magnitud-frecuencia son la siguiente:

1) Se confecciona la tabla de distribución de terremotos en intervalos temporales y de magnitud. Se emplean los criterios de representatividad estadística descritos en el apéndice 1, 2, 3, y en algunos casos de conveniencia los límites de representatividad para ciertos intervalos de magnitud. Con líneas horizontales auxiliares se indican los límites entre datos representativos y los que no lo son.

2) Se confecciona una tabla de datos para el cálculo de los parámetros de los gráficos magnitud-frecuencia. Pueden utilizarse 2 variables:

a) La suma de todas las veces en años en que la magnitud M', o mayor de magnitud $M'_j(Mi)$, el período de representatividad T_j y su valor $n_j(Mi)/T_j$.

b) En caso de haber una buena distribución de valores de representatividad de los datos en diferentes rangos, se elige el intervalo de valores de $T_j(Mi)$ y Mi para cada rango y su valor sólo para el valor de la región.

Caso ideal, el ancho de los intervalos de magnitud Δm $(\Delta m = M_{sup} - Mi)$ coincide en caso de ausencia de datos en los intervalos de magnitud no llevó a asignar una distribución de los terremotos en intervalos de diferente magnitud para ajustar a la curva de magnitud.

3) Se calculan los parámetros del gráfico magnitud-frecuencia acumulativo y los valores de las frecuencias acumulativas con el programa MAGFRE.

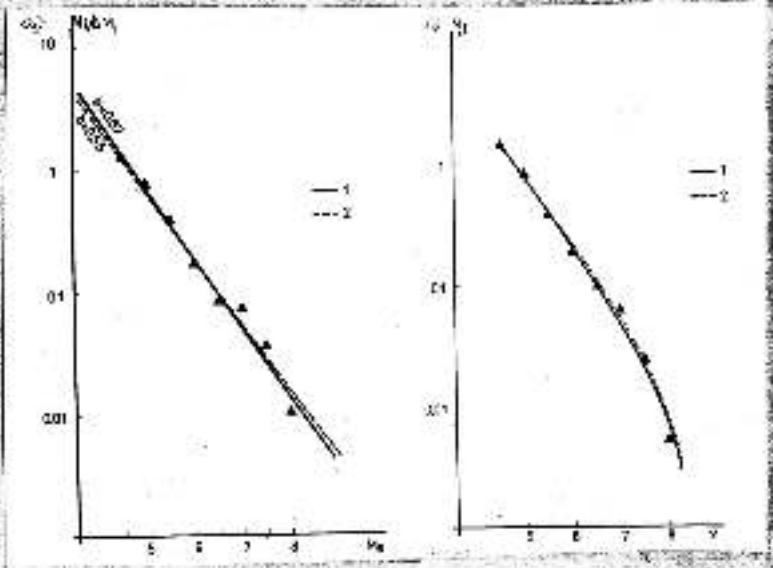
4) Construcción de los gráficos con los datos experimentales: $N'_j/\Delta t$ para el caso incremental y $\sum_{j=1}^{n} N_j(Mi)$ para el caso acumulativo, y los ajustes por mínimos cuadrados y máxima verosimilitud obtenidos con el programa MAGMIS para ambos casos considerando $M_0 = 0$ en la fórmula de ajuste.

según el criterio de representatividad establecido en el [illegible] se analizaron los tres siguientes:

[illegible]

para la región [illegible], los total acercan en las tablas [illegible], y las gráficas magnitud-frecuencia correspondientes se [illegible]. Para la zona sismogenética No.2 los datos aparecen en las tablas [illegible] y las gráficas magnitud-frecuencia en las figs. [illegible]. Para la zona sismogenética No.3 los datos aparecen en las tablas [illegible] y las gráficas magnitud-frecuencia en las fig. [illegible]. Resulta interesante comparar los valores del parámetro b obtenido para cada zona: 0.67 para toda la región, 0.71 para la zona 1 y 0.60 para la zona 2. El parámetro b para toda la región debe caracterizar el régimen medio de la región, por lo que corresponde al valor intermedio obtenido. El valor de b más bajo para la zona 2, indica que los sismos de magnitud fuerte en la zona 2 son más frecuentes con respecto a los sismos pequeños que en la zona 1.

Para la estimación de los parámetros de los sismos [illegible] de la segunda variable [illegible] se consideró como una sola [illegible] y [illegible], debido a la escasez de datos. De tal forma se [illegible] los sismos para las zonas, [illegible] [illegible] [illegible]


N(E>E)
10
1
0.1
0.01
—1
---2
5
6
7
8
—1
---2
0.1
5
6
7
8

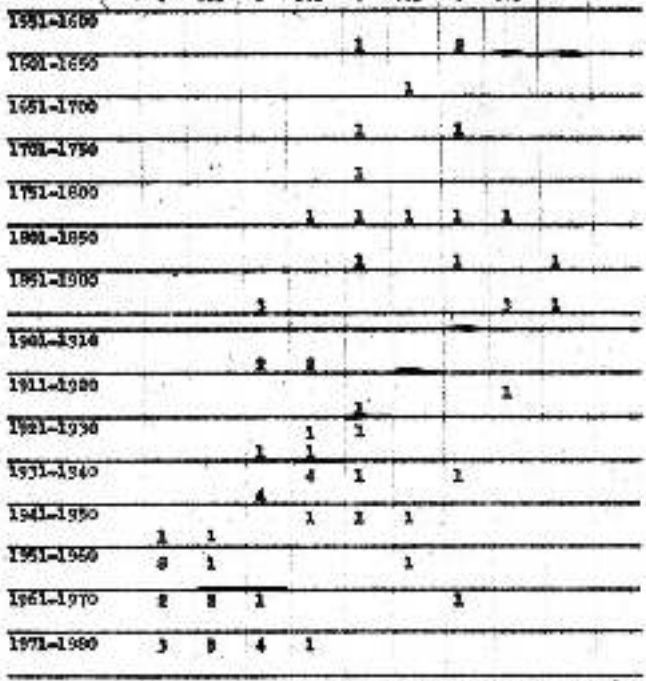
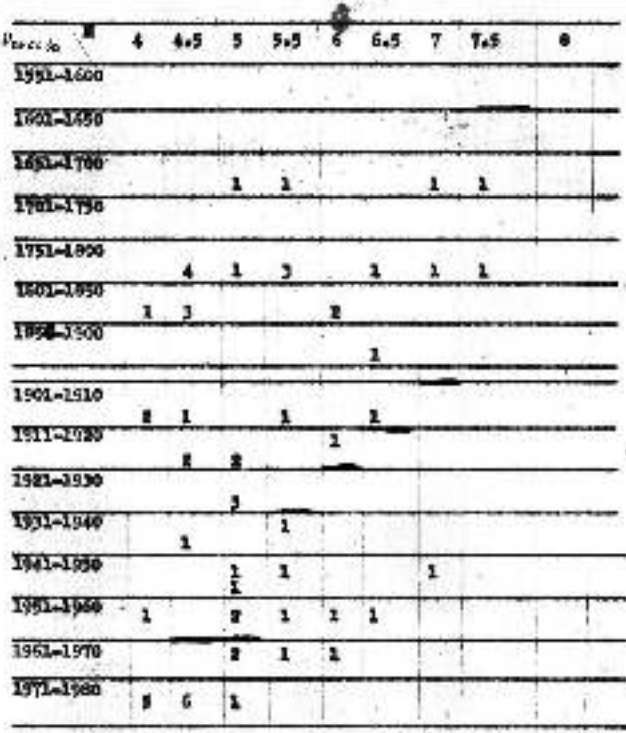


Table 1.33 Distribution per intervals of temperatures (T) of the maximum annual values of the daily rainfalls recorded at the Observatory of Algiers (period 1891-1980)

M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
N	1	5	6	3	2	2	1	2
T	20	30	30	60	70	80	380	380
F(M)	0.7	0.5	0.24	0.1	0.0571	0.05	0.0263	0.0105

Table 1.34 Values given by Gumbel's method - Frequency distribution curve

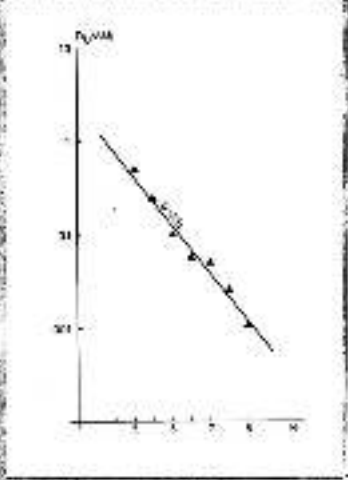


1.35 Distribution par intervalles successifs de la moyenne de la hauteur de la vague — 61 mois. Dans chaque [illegible]

M	4-5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
T	20	20	30	60	70	80	180
N	6	3	4	2	1	1	1
N/MT	0.6	0.3	0.16	0.0667	0.0286	0.025	0.0105

Table 1.36 Data given on graph [illegible]

006139



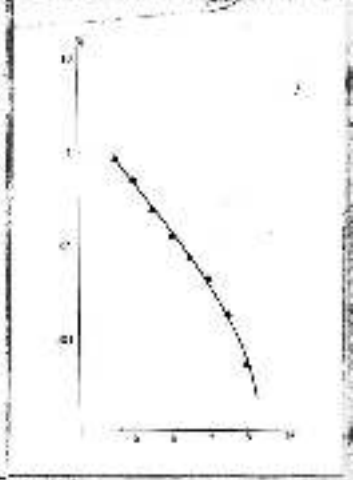
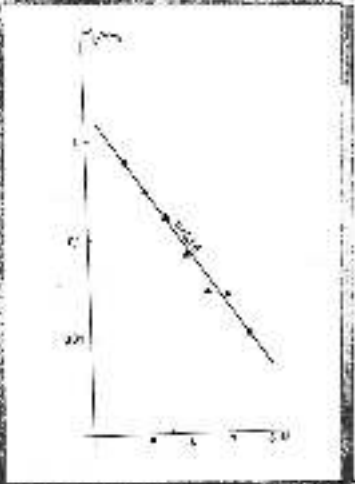
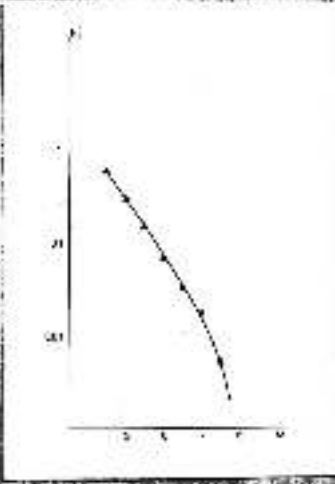


Fig. 1.52 Reduced viscosity dimensions [illegible]
[illegible]





Years	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1551-1600							1		
1601-1650					2				
1651-1700									
1701-1750									
1751-1800									
1801-1850									
1851-1900								1	1
1901-1910									
1911-1920								1	
1921-1930				1	1				
1931-1940				3	1				
1941-1950									
1951-1960	3								
1961-1970	1						1		
1971-1980		2	2	1					

Table 137 Evaluation par décades des [illegible] de mariage à Ste Geneviève [illegible]

N	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	7.875
N	2	2	4	2	-	1	2	1
Σ	20	20	50	60	-	30	30	30
N/T	0.1	0.1	0.08	0.033	-	0.0125	0.0025	0.0025
N/AN?	0.2	0.2	0.16	0.066	-	0.025	0.0125	0.0125

Tableau 138 Calcul [illegible] pour différentes [illegible] à Ste Geneviève [illegible]

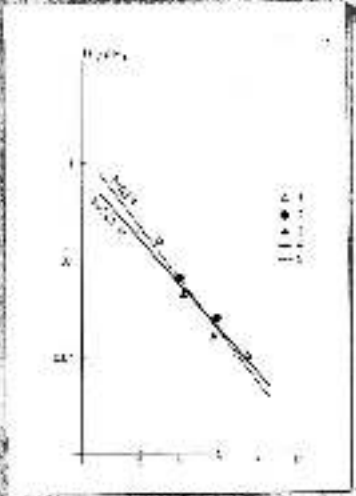
a) N 4.5 5 5.5 6.125 6.875 7.5 7.875
AN 0.5 0.5 0.5 0.75 0.75 0.5 0.25
N/AN? 0.2 0.2 0.16 0.0445 0.0167 0.0105 0.0105

b) N 4.5 5 5.5 6 6.75 7.5 7.875
AN 0.5 0.5 0.5 0.5 1.0 0.5 0.25
N/AN? 0.2 0.2 0.16 0.0667 0.0125 0.0105 0.0105

c) N 4.5 5 5.5 6.25 7 7.5 7.875
AN 0.5 0.5 0.5 1.0 0.5 0.5 0.25
N/AN? 0.2 0.2 0.16 0.0333 0.025 0.0105 0.0105

Tableau 139 [illegible] de la [illegible] par [illegible] de mariage [illegible]

[illegible] hemos [illegible] 2 variantes de [illegible] (tabla [illegible]). [illegible] valor de [illegible] [illegible] [illegible]



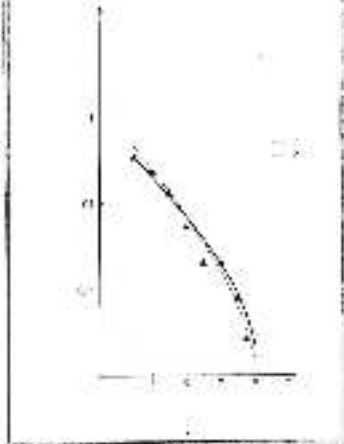


Fig 1.47 [illegible]

M	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1951-1960									
1961-1970									
1971-1980									
1981-1990									
1991-2000									
2001-2010									
2011-2020									
2021-2030									
2031-2040									
2041-2050									
2051-2060									
2061-2070									
2071-2080									

Table 1.40 Distribución por intervalos de magnitud de los sismos en la zona 01 (1 por año)

Tabla 1.41 Datos para el gráfico magnitud-frecuencia acumulativa para zona 14.

M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
N	2	1	1	-	1	-	1	1
T	20	20	20	-	70	-	430	480
N/T	0.1	0.05	0.05	-	0.0143	-	0.00244	0.00209
N/ANT	0.2	0.1	0.05	-	0.0286	-	0.00488	0.00417

Tabla 1.42 Distribución de la data para construir gráfico magnitud-frecuencia acumulativa para zona 14.

M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
N	4.5	3	3.5	2.5	1.5	1	0.5	0.5
AN	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
N/AN	0.2	0.1	0.0980	0.0243	0.00488	0.00417		

Tabla 1.43 Distribución de la data para construir gráfico magnitud-frecuencia acumulativa para zona 14.

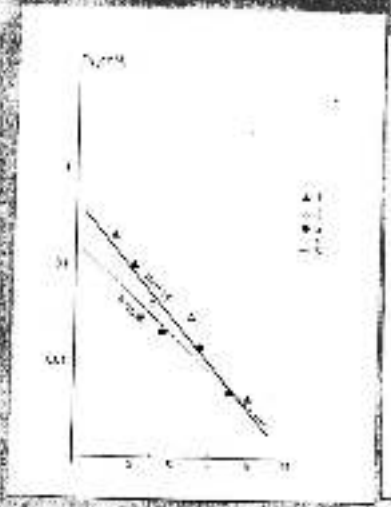




Fig. 1.35

Fig. 1.35 Zona 14. Gráfico magnético perpendicular a la falla de subducción, b. falla que ha subducido, c. resultados de la subducción, d. separación por MMA, e. separación por MMV. Gráfico acumulativo Fig 2 - Zona 14 y continuación

100154

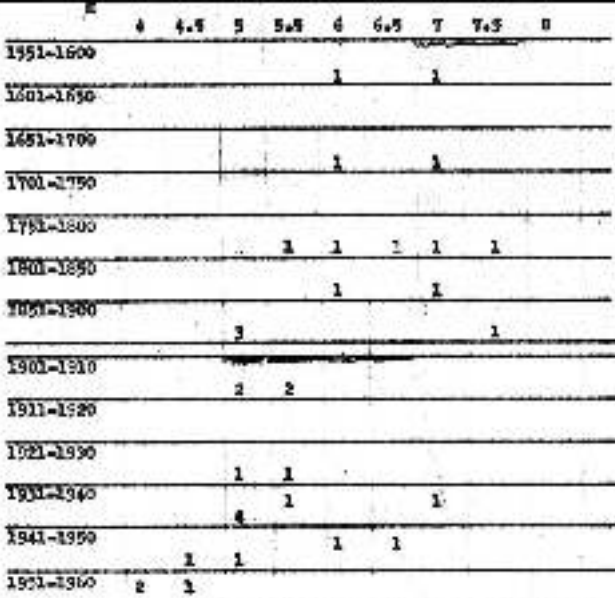


Table I-13 Distribution par intervalles d'amplitude de vingt tremblements de terre de magnitude M ≥ 4 dans la région de Lagunas (les dates représentent celles des réplications)

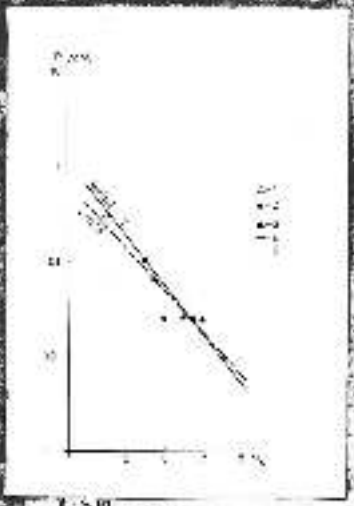
a) M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
n	3	10	4	1	1	1	1
T	20	80	80	80	80	430	430
N/AMT	0.3	0.25	0.1	0.025	0.025	0.0033	0.0033

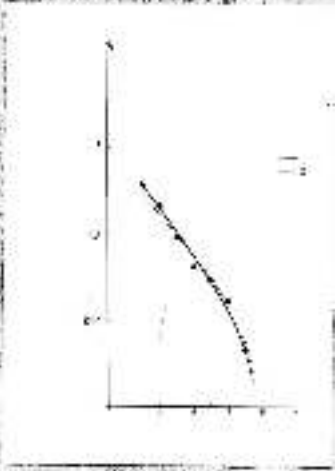
Table I-14 Dates pour les séismes majeurs - Première distribution pour Lagunas

b) M	4.5	5	5.75	6.75	7.5
ΔM	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5
N/AMT	0.3	0.25	0.0625	0.0241	0.0033

T. 4.5 Représentation de la table pour intervalle de magnitude pour Lagunas I.

100195





100195

Los datos empleados en las tablas [illegible] corresponden a presentes en las figs. [illegible] y [illegible].

Para la zona Z_2 fue posible elevar los períodos de representatividad para los intervalos de magnitud 4.5, 5 y 5.5. Los datos se presentan en las tablas [illegible] y [illegible]. En las figs. [illegible] se grafican los logarítmicos recíproco-frecuencia correspondientes.

El valor de b resultó (para las zonas 2 fue de 0.70, mientras que para la a_1 fue de 0.62 y para la Z_2 de 0.68. La gran diferencia entre los valores de b para las zonas Z_1 y Z_2 y para la zona 2 se explica por el hecho de que para el caso de los primeros se utilizaron datos macrosísmicos que no se ocurren en el primer caso, y los mismos podrían subestimar, y bien un incremento de la actividad en la primera mitad de este siglo, o bien errores subjetivos al determinar las magnitudes de estos terremotos.

En la tabla 1.90 se presentan resumidos los valores de los parámetros obtenidos para todas las zonas tanto por métodos gráficos como por métodos estadísticos.

Finalmente, para determinar el efecto incluyente en los resultados finales en el cálculo de los períodos de representatividad - con la utilización de cada una de las distribuciones probabilísticas ya estudiadas (de una de las frecuencias $\lambda(m,h)$ dadas) para los valores [illegible] y la región total de zona, a partir de los valores obtenidos para cada una de sus partes.

Los datos se presentan en las tablas [illegible] y los valores obtenidos para los parámetros en la tabla [illegible].

Con el fin de la comparación de las tablas [illegible] y [illegible], la utilización de datos macrosísmicos para aumentar los períodos de representatividad en diferentes regiones de la región pequeña a un aumento del valor del parámetro b y correspondientemente del parámetro a.

000197

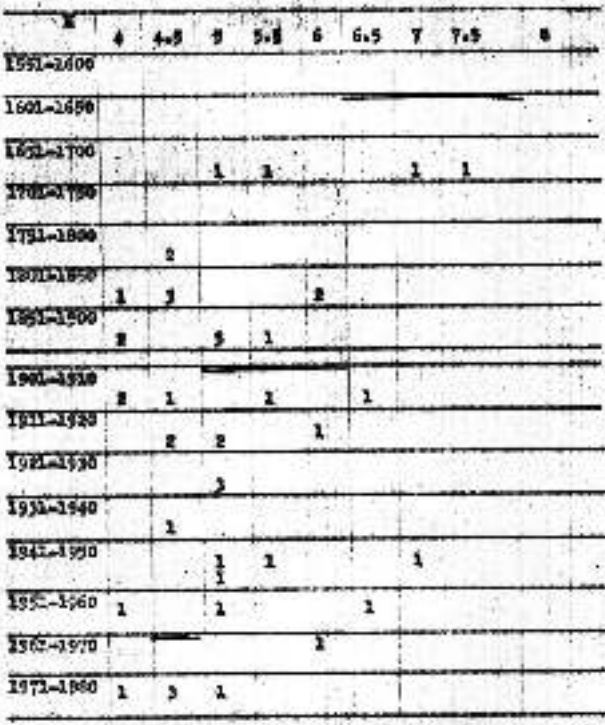


Tabla 1.46 Distribución por intervalos temporales y de magnitud de los terremotos de la zona Pi. Cada línea agrupa un lapso de cinco años representados en la misma

M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
N	3	3	2	2	1	1	1
T	50	50	50	50	100	100	100
N/AT	0.3	0.225	0.05	0.05	0.01	0.01	0.00586

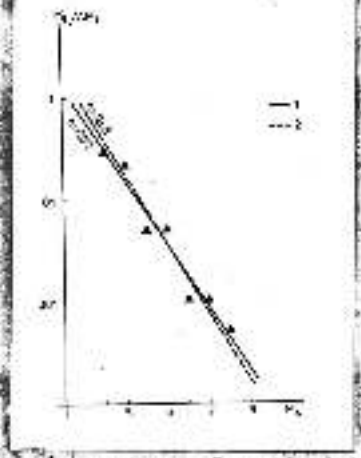
Tabla 1.47 Datos para el gráfico magnitud – frecuencia del [illegible] para el caso Pi

M	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1551–1600									
1601–1650									
1651–1700									
1701–1750									
1751–1800		2	1	3		1	1	1	
1801–1850									
1851–1900						1			
1901–1910									
1911–1920									
1921–1930									
1931–1940				1					
1941–1950									
1951–1960			1	1	1				
1961–1970			2	1					
1971–1980	4	3							

Tabla N°48 Distribución por intervalos semianuales y decenales de la frecuencia de los terremotos de la zona 07 en función de la magnitud de los mismos expresada en escala de Richter de 0.5 en 0.5

M	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
N	2	3	1	1	1	1	1
T	20	30	50	60	300	300	430
N/AT	0.1	0.2	0.18	0.0333	0.0105	0.00526	0.00465

Tabla N°49 - Datos para el gráfico magnitud-frecuencia distribución para zona 07



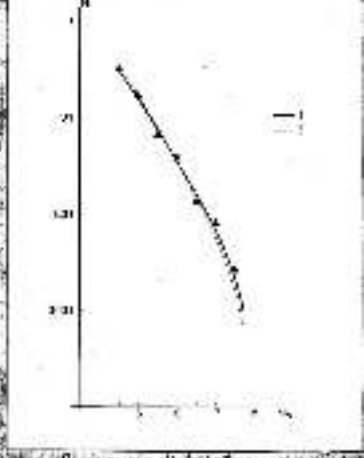
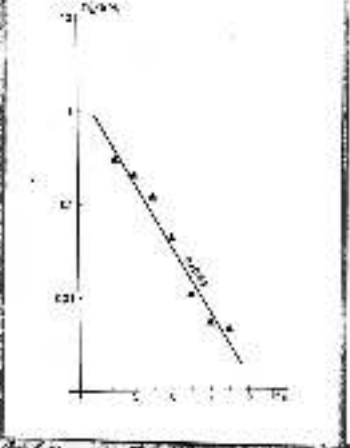


Fig. 4.6 Curva [illegible] del [illegible] magnético [illegible] para el [illegible] de [illegible] (en m.s.n.m.) [illegible]



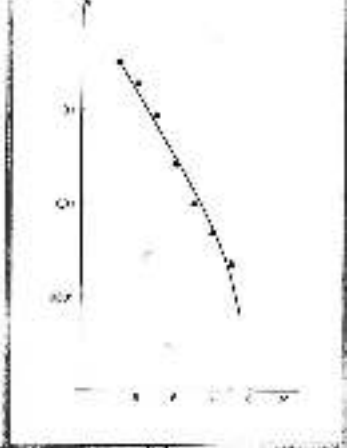


Fig. 4.32 [illegible]

Table 1.00 Parameters de la regression orthonique

	0.999	2.89±0.35	0.57±0.03	0.014	0.026	0.030	2.58	0.55	0.187	0.017	0.079
1	0.998	2.15±0.15	0.52±0.02	0.038	0.016	0.045	2.17	0.51	0.069	0.014	0.045
2	0.999	2.38±0.16	0.52±0.02	0.060	0.006	0.039	2.38	0.50	0.075	0.005	0.038
$I_1 + I_3$	0.992	1.48±0.28	0.45±0.04	0.139	0.028	0.111	2.13	0.55	-	0.033	0.120
I_2	0.998	1.88±0.18	0.52±0.03	0.073	0.018	0.076	1.96	0.44	0.177	0.035	0.090
I_4	0.989	2.90±0.38	0.60±0.06	0.189	0.013	0.168	0.54	0.30	2	0.036	0.174
2_1	0.994	2.25±0.33	0.56±0.05	0.144	0.015	0.069	2.01	0.48	0.185	0.013	0.058
2_2	0.998	2.66±0.21	0.59±0.03	0.134	0.026	0.091	2.05	0.59	0.196	0.018	0.105

10/201

X / nombre	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
λ_1	0.3	0.225	0.09	0.05	0.0169	0.0101	0.00526
λ_2	0.3	0.2	0.12	0.0333	0.0185	0.00588	0.00465
$\lambda_1+\lambda_2$	0.6	0.425	0.17	0.0833	0.021	0.0158	0.0099

Tabla I.81 - Valores de λ_1, λ_2 y $\lambda_1+\lambda_2$ para la zona de [illegible] de la cadena [illegible]

X / nombre	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
λ_3	0.3	0.09	0.1	0.025	0.025	0.0033	0.0033	-
λ_4	0.2	0.1	0.04	-	0.0285	-	0.00488	0.00417
$\lambda_1+\lambda_3$	0.2	0.2	0.16	0.0667	-	0.025	0.0109	0.00526
$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3$	0.7	0.39	0.3	0.117	0.0536	0.0489	0.0247	0.00943
$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_4$								

Tabla I.82 Valores [illegible] para la Zona 3

X / nombre	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1	0.7	0.55	0.3	0.0917	0.0536	0.0483	0.0247	0.00943
2	0.6	0.425	0.27	0.0833	0.0521	0.0158	0.0099	-
1+2	1.3	0.979	0.47	0.1389	0.0746	0.0641	0.0346	0.00943

Tabla I.83 [illegible] para la Zona 4 Región

nombre	a	b	σ^2	r
1+2	3.75 ± 0.20	0.10 ± 0.03	0.103	0.989
1	2.13 ± 0.20	0.53 ± 0.03	0.101	0.987
2	3.75 ± 0.25	0.69 ± 0.04	0.107	0.987

Tabla I.84 - Estimadores de los parámetros para [illegible]

000202

[illegible] por la interpretación de [illegible] de que para los terremotos más fuertes en varios casos se puede elevar los valores de periodo característico a T_c=100 años sin incluir la incertidumbre. Por otra parte, el conocimiento del valor del parámetro b no permite las diferencias encontradas en los casos de la zona de Bucaramanga. En el caso de la zona 2, el incremento del valor de b de isoletas produce un ζ_c. Las causas de tal diferencia son relacionadas con la certidumbre de estos valores de los valores. Sin embargo, para la generación de los parámetros de la zona 2 se hace el diferente de representatividad estadística, para el polígono [illegible] correspondiente a la zona 2; sin embargo, [illegible] por una simple de la [illegible] de terremotos los parámetros de esta zona no [illegible] [illegible] de la zona 2, y [illegible] de la zona 2.). De tal forma, como se observa en la segunda columna en todo el país la [illegible] de periodos, menos [illegible] diferencias relativas entre [illegible] del región oriental. Lo [illegible] que, no se [illegible] la [illegible] de que se hayan [illegible] los registros de los [illegible] [illegible] [illegible] anteriormente, la utilización de datos [illegible] [illegible] a [illegible] de la [illegible] y una [illegible] del coeficiente de correlación.

Es de [illegible] que la utilización de [illegible] para [illegible] los periodos de [illegible] [illegible] [illegible] para [illegible] los parámetros de los [illegible] [illegible] [illegible]

...ntrolada para 74 minutos a una temperatura de 74° y ...o 90° de Lovibond Chorro Rho realizado en el trabajo (Alvarez, L., 1963), aquí citado, con este intervalo correspondió a una ...ue se obtuvo directamente la cantidad DDC, se tomó la lectura ...de la solución de almidón de los extractos preparados ...

Para ...r el valor de los parámetros a y b de dicha ...ecuación, se utilizó el procedimiento de los mínimos cuadrados, los valores de las diferencias finales de las fermentaciones observadas por triplicado y las calculadas usando los parámetros a y b determinados por cada método, ya sea en escala lineal $\sigma_{E_{x_2}}$ o en escala logarítmica $\sigma_{\log E_{x_2}}$. Esto se ve en la tabla 1.3, para 2 casos los valores de $\sigma_{E_{x_2}}$ y $\sigma_{\log E_{x_2}}$ son menores por MMC que por DDC (casos 1 y 2), para 1 caso ($\sigma_{E_{x_2}}^{MMC} < \sigma_{E_{x_2}}^{DDC}$ y $\sigma_{\log E_{x_2}}^{MMC} > \sigma_{\log E_{x_2}}^{DDC}$, simultáneamente para los cuadrados $\sigma_{E_{x_2}}$ y $\sigma_{\log E_{x_2}}$ son menores por DDC que por MMC.

Por otra parte, se hizo notar que las diferencias entre las proporciones de dextrina, cuando $\sigma^{MMC} > \sigma^{DDC}$ son del orden de 10^{-2} y en el caso inverso hay a lo sumo de 10^{-3} (casos 1, 2 y 1, 3, 4 y 5, 6 y 7, 8 y 9, 10 y 11, 12 y 13, 14 y 15, 16 y 17, 18 y 19, 20 y 21, 22 y 23, 24 y 25, 26 y 27, 28 y

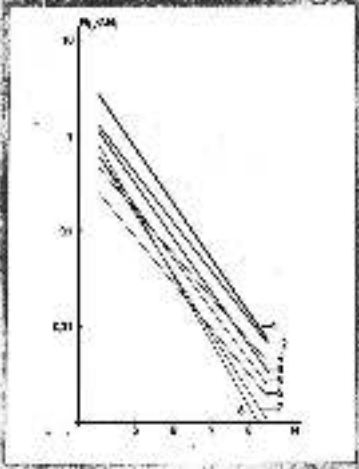


Fig. 1.39 Comparaison des débits de différentes
formules pour un seuil à
1- Weir de Bazin
2- Zone 1
3- Zone 2
4- Zone $I_1 + I_2$
5- Zone I_3
6- Zone IV
7- Zone V
8- Zone VI

000205

3.2.1.2 Corrección del efecto de los gráficos empírico-frecuencia acumulativos obtenidos con los que se obtienen aplicando la fórmula teórica.

Para determinar si los gráficos empírico-frecuencia acumulativos se ajustan mejor con la curva dada por la fórmula (3.5) dada en este trabajo, que con la línea recta dada por la fórmula (3.6) generalmente empleada en la literatura se realizó un experimento numérico. Para ello para uno de los gráficos empírico-frecuencia acumulativos fueron estimados los parámetros A y B dando comprobación por medio de una línea recta, por el método de los mínimos cuadrados. Además para estas aproximaciones (3.5) y (3.6) fueron calculadas las desviaciones medio cuadráticas de cada ordenada σ_{y_i} y sus diferencias Δ_{y_i}. En el caso de la fórmula (3.5) el cálculo fue realizado para las soluciones de cálculo analítico y por métodos numéricos. En la tabla 3.5 se presentan los valores de los parámetros A y B de la fórmula (3.6) así como sus desviaciones estándar σ_A y σ_B, las correspondientes desviaciones estándar de los gráficos empírico-frecuencia distributivos y acumulativos calculados por cálculo analítico (σ') y por máxima verosimilitud (σ''), a la vez que las diferencias $\sigma - \sigma'$ y $\sigma - \sigma''$.

Estas diferencias pueden ser evaluadas en relación con la calidad del gráfico empírico-frecuencia distributivo, medida por su desviación estándar σ_{y_i}. En la tabla 3.5 se presentan los datos correspondientes. En la fig. 3.6a se representa la diferencia $\sigma_{y_i} - \sigma_{y_i}$ con respecto a σ_{y_i} mientras que en la figura 3.6b se representa la diferencia $\sigma_{y_i} - \sigma_{y_i}$ con respecto al mismo parámetro. Las diferencias correspondientes a los estimadores máximo-verosímiles se encuentran en los [illegible] y 3.6b.

Para los estimadores por cálculo analítico de los parámetros del gráfico empírico frecuencia predominan los valores positivos de las diferencias $\sigma_{y_i} - \sigma_{y_i}$ mientras que en las diferencias

	3.27	0.92							
	0.92								
	4.35	0.69							
	0.30	0.69							
	4.77	0.69							
	0.15	0.62							
	1.75	0.62							
	0.00	0.62							
	3.17	0.92							



Fig. 1.60 - [illegible]

009208

[illegible] [illegible] [illegible] [

1.2 Generación de la biblioteca de programas y del fichero de terminales

1.2.1 Introducción

Para realizar los diferentes trabajos de una nueva configuración hubiera programas, a los cuales se tuvo [illegible] programas [illegible] algunos se [illegible] programa [illegible] otros a tareas específicas con ficheros de terminales [illegible] estimaciones de [illegible] la adquisición de programas [illegible] otra parte, gracias a [illegible] la Sierra de la [illegible] de Ciencias de la [illegible] Central de Cuba "[illegible]" pudo obtener diferentes [illegible] ficheros de terminales [illegible] para el área de [illegible].

Con objeto a describir una [illegible] del trabajo [illegible] dividido en [illegible] los [illegible] que [illegible] el sistema operativo IBM-PCDOS [illegible] del [illegible] de la [illegible], de [illegible] se [illegible] un disco de capacidad [illegible] con la etiqueta [illegible], y el disco fue dividido en 4 particiones.

- [illegible] módulo fuente ("FP"), [illegible]
- [illegible] módulo objeto ("OB"), [illegible]
- [illegible] de terminales ("Cerib"), [illegible]
- [illegible] de ayuda ("Ayuda"), [illegible]

[illegible] módulo fuente [illegible] por la ortelocopia en la [illegible] para [illegible] por [illegible] posible [illegible] en una [illegible] de [illegible] por [illegible] de la lectura de [illegible], [illegible] a partir de los [illegible] [illegible] de [illegible] a partir de los [illegible] [illegible]. El [illegible] de terminales [illegible] [illegible] de trabajo, y se [illegible] [illegible] a partir del [illegible] [illegible], para el [illegible], reglamentado con [illegible] para el [illegible].

Grupo de Trabajo Virtual [illegible] equipo de soporte externo para ser utilizado en algunos casos que lo requieran. Con el nuevo esquema de este Grupo se [illegible] un sistema alterno a la [illegible], el cual fue utilizado en la ejecución en gran parte de las actividades de este tipo. Es preciso señalar que se encontró fuera de servicio temporalmente [illegible] en el cálculo por imposibilidad de leer ciertas magnitudes grabadas en cinta [illegible] por parte de la compañía BB-1022.

En los escenarios que se plantea este informe se ha [illegible] en la preparación de un sistema de procesamiento de datos similar para la compañía BB-1022 del CADIAN para obtener [illegible] estos escenarios con respecto a la BB-1022. No obstante [illegible] que [illegible] anteriormente sólo el [illegible] compañía BB-1022.

006211

1.5.1 Y Almacen de terremotos

1.5.2.1 FORMATO ESTANDAR PARA INTERCAMBIO DE INFORMACION

La utilización de diferentes de terremotos grabados en bandas magnéticas o discos magnéticos, plantean la necesidad de utilizar un formato único de grabación. Sin embargo, la necesidad de grabar información muy compacta, y la falta de acuerdo entre los diferentes usuarios que preparan estos archivos ha hecho que cada uno de ellos use un formato particular, o incluso diferentes formatos en diferentes épocas.

El formato que se adoptó para el uso en el Banco Mundial es una variante del que hemos utilizado el USGS hasta fines de los años 70 y que aparece publicado en:

Earthquake Data File Summary
Key to geophysical records documentation No. 5
U.S. Department of Commerce
National Oceanic and Atmospheric Administration
Environmental Data Service
Boulder, Colorado, May 1976

Por comodidad para el trabajo el formato seleccionado fue de 80 caracteres por artículo distribuidos tal como se presentan en la tabla 1.5.2.1 La explicación detallada de cada uno de ellos se da en la tabla 1.5.2.1

Posición	Clave	Posición	Clave
1-4	[illegible]	47	[illegible]
5-8	[illegible]	48	[illegible]
9-10	[illegible]	49	[illegible]
11-12	[illegible]	50	[illegible]
13-14	[illegible]	51-53	[illegible]
15-17	[illegible]	54-57	[illegible]
18-21	[illegible]	58-60	[illegible]
22-24	[illegible]	59-60	[illegible]
25-	[illegible]	61-63	[illegible]
26-31	[illegible]	64-66	[illegible]
32	[illegible]	67	[illegible]
33-38	[illegible]	68	[illegible]
39-45	[illegible]	69-71	[illegible]
42-43	[illegible]	72	[illegible]
41-43	[illegible]	73-75	[illegible]
44	[illegible]	76-77	[illegible]
45	[illegible]	78-80	[illegible]
46	[illegible]		

Tabla 1: Descripción de las distintas variables en el formato y clave usada en la tabla 1.5.2.1

Tabla Nº Explicación de las claves usadas en la tabla 1.5 ©

Clave	Explicación
FI	Fecha de la que tenemos todos los datos del terremoto, en cuanto a hipocentro.
FA	Año
FM	Mes
FIA	Día
FHR	Hora
FMI	Minuto
FSG	Segundo. Dos cifras enteras. Tres cifras decimal.
FLA	Latitud. Dos cifras enteras. Tres cifras decimales.
FLAS	Clave que indica hemisferios de Norte, de Sur
FLO	Longitud. Tres cifras enteras. Tres cifras decimales.
FLOS	Clave que indica hemisferios de Este de Oeste
FPR	Profundidad
FPV	Mpv Dos cifras enteras. Dos cifras decimales.
FMB	MB clave que indica Mpv
FNI	Todas el cruce de la agencia que participó en algún de información. Tres subcadenas. Algunos utilizados eran:
	USS - United States Earthquakes PDE - Preliminary Determination of Epicenters NEI - Bellingham, WA SEI - "Boletín" argentino Fueron añadidos por trabajos: ISA, MEX, JAM, VEN para el ISA, México, Jamaica y Nicaragua.
INAI	Intensidad máxima sentida IM , MEX. Del I al IX en números latinos, los siguientes de la forma X-I, X-II, X-III
CD	Código de disturbios F- Deslizamiento superficial T- Avalancha/deslizamiento D- Combinación de las anteriores R- fracturas o grietas L- derrumbes G- grandes grietas o fracturas A- Alud
T	Descripción de tsunami T- tsunami generado O- duda o tsunami

CLAVE	EXPLICACION
S	Separación de palabra Se omiten guiones Se omiten espacios
T	Ha sido if que el terminado está asociado a relaciones ajustes al carácter T.
TT	Código de selección de terminales B- terminal aislado (read hold) C- explosión de cables a terminal mayor en mismo de varios M- impacto de matrizado S- explosión, ya sea sencillo, acumulado o simplemente en cinemática L- Alfombra W- líneas a otros fenómenos visuales
UM	Código de comprensión de notas No usan T A- notas actuales B- nodo gravitacional M- conjuntamente A y G
USB	Subrutina Flash y Magnitud.
USE	No. Una cifra octaval. Una cifra decimal.
USG	Clave que indica dependiente en que fue determinada Mr. Posibles 2 diferentes USE y USV.
UW	Datos convencionales. Entrecomillados los códigos de los términos que se usan normalmente en inglés para intercambiarlos series. C- sector (sectation) D- datos (image) F- sentido (felt) H- asociación (based)
USU	H- Magnitud que aparecía de las primeras catálogos (Gutenberg-Richter, etc.) y que posteriormente se anexó a Mr. Una cifra octaval, dos cifras decimales. Para magnitudes asignadas con intervalo se da el valor medio.
USV	Código de la agencia que reporta la magnitud.
USW	Usando el terremoto ha de los solicitudes para el intercambio internacional de datos aparece una X.
USX	Clave para control de profundidad. A- Ordenado B- Profundidad restringida sobre la base de 1 ó más llegadas p B- Profundidad restringida por consideraciones geológicas B- La 33 km, profundidad normal. Calculación A' cuyo de datos no sensibles a la profundidad para fines especiales. G- El control de la profundidad se hizo con ayuda de datos de G.

Clave	Explicación
CRR	Tipo y variación - número de lecturas de P utilizadas en la determinación del siguiente. - calidad, representada por letras, la explicación de los casos en el no se halla 1.5%
CRP	Agencia origen de los datos y otros indicadores de calidad. bl- lo mismo que aparece en PJ A- US. Atomic Energy Commision (AEC) Energy Research and Development Administration (ERDA) (sólo para explosiones) B- University of California, Berkeley C- Comisión de Energía Atomica, París, Francia D- Algunos o todos los parámetros de la ecuación obtenidos a continuación o anteriormente procesados por otro grupo o individuo diferente de AEC/ERDA. E- U.K. Geological Survey para otro área que no sea Escocia H- OGDAS Hawaiian Volcano Observatory J- St Louis University L- Lamont-Doherty Geological Observatory Palisades NY P- California Institute of Technology, Pasadena N- University of Nevada, Reno U- University of Utah, Salt Lake City W- Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg. Y- University of Washington, Seattle Z- no se reporta nada 1- no instrumental 2- explosivos por datos macrosísmicos 3- ATOMIC en catálogo ISS/SAC 4- ERDA en catálogo ISS/SAC 5- ERDA en catálogo ISS/SAC 6- palabras para identificar fallo o ausencia de información, pobre control o otros factores.
MAG	Magnitud local, que puede incluir, ya sea la Mg de Richter, como Ml Y y las Mg de las ondas telesísmicas. Una cifra entera. Dos cifras decimales.
TMD	Clave que indica el tipo de magnitud local (Ml, Mg, Y)
AMD	Agencia que reporta la magnitud MAG

FUENTE	CLASIFICACION DE LA CALIDAD			
Hallmeyer-Richter (Alem, 1978)	Cuadrícula de 3 letras (posiciones 74-76)			
	Letra	Clasificación	Límites probables de error	
			Epicentro(s)	Hora(seg)
	A	Muy precisa	1	5
	B	Buena	2	8
	C	Regular	5	12
	D	Mala	>5	>12
Wood (Real)	Dos letras o una letra, posiciones 74 y 75			
	Letra	Clasificación		
	E	La mejor precisión (epicentro/profundidad)		
	D	Muy buena		
	C	Buena		
	B	Regular		
	A	Mala		
Ramalho (IAG)	Una sola letra en la posición 76			
	Letra	Clasificación		
	A	Especialmente investigado		
	F	Epicentro probablemente dentro de 5 km. Hora cercana al segundo de precisión		
	G	Epicentro probablemente dentro de 15 km. Hora con precisión de varios segundos		
	H	Epicentro no conocido dentro de 15 km, localización pobre.		
Berkeley (BER), Wellington, NZ(WEL)	Una sola letra en la posición 76			
	Letra	Clasificación		
	A	Epicentros precisos		
	B	Buena		
	C	Regular		
	D	Mala		
ISS	Una letra en posición 76			
	Letra	Clasificación		
	D	Calidad pobre		
	A	Aprobado		

NOTA: [illegible] Indicadores de calidad

100216

1. Datos climáticos disponibles

En el presente trabajo se han utilizado diferentes ficheros de terremotos que se encuentran grabados en medios magnéticos:

- Catálogo Mundial de terremotos fuertes (todo el mundo 1904-1977).
- Catálogo del USGS para la región del Caribe 1934-1979.
- Catálogo del ISS-NOAA para la región del Caribe 1964-1979.
- Catálogo de la NOAA para la región del Caribe 1964-1982.
- Catálogo del ISC para la región del Caribe 1960-1983.
- Catálogo del ISC para la región del Caribe 1964-1983.
- Catálogo de la red sismológica nicaragüense 1976-1981.

Además, se contrató la hemisísmica de Lamont 1.61 en fichero de terremotos de la estación BOG preparado en el Lamont 1983.

Todos los datos ficheros están grabados en formato específico, por lo que fue preparado un grupo de programas para obtener un formato único. Este formato único es el utilizado ahora, que vamos a permitir el intercambio con los diferentes programas elaborados.

[illegible] de [illegible] [illegible] [illegible]

PROGRAMAS PARA TRANSFORMAR FICHEROS DE ESTACIONES A FORMATO FIJO

Hasta el programa que transforman a formato fijos ficheros según estándar blanco en formato diferente. En algunos casos se pasa directamente de BM a otro BM (o disco), en otros es necesario el paso por BM (o disco) de trabajo.

El principio de trabajo de todos es el mismo, un programa principal - que cambia de posición los campos del fichero original, o los transforma a las claves permitidas en el formato fijos.

DESCRIPCION DE LOS FICHEROS UTILIZADOS

Fichero 1958-1967 1958-1975 Contiene datos de la región comprendida entre los 0-30°N y los 90-120°W. Tiene 80 caracteres por artículo. La disposición de los campos en la siguiente:

1-6	Fuente, puede estar en 1-5 y en el 6 en blanco
7-14	año, mes y día
15-21	hora, minuto y segundo (hasta las décimas de seg)
22-26	latitud (con) cifras decimales)
27	hemisferio (E o W)
28-31	longitud (con) cifras decimales)
32	hemisferio (N o S)
33-37	profundidad
38-40	magnitud (con 2 cifras decimales)
41-42	escala de magnitud
43-45	agencia que la determina
46-47	intensidad máxima en número romanos
48-49	escala de intensidades
50-51	situación
52-53	espacios en blanco
54-73	número de estaciones/reading
74-75	espacios en blanco
76-80	clave del catálogo (?)

Este fichero se lleva en las BM

132= lect. fichero, 40 artículos por bloque
134= lect. fichero, dos etiquetas, 80 artículos por bloque

Se convirtieron el programa 1958-1967 para su paso a formato fijos. La entrada es por SYSIN05, la salida por SYSIO6

Fichero 1958-1967 1968-1975 Contiene datos de la región comprendida entre los 0-30°N y 90-120°W. Tiene 80 campos por artículo. La disposición de los cam-

000219

...de la siguiente:

1-2	Código Hacienda de zona geográfica
3-8	Fecha
9	81
10-11	siglo
12-13	día
14-15	mes
16-17	año
18-35	equivalente a 1j-18d de Formato Unico
36-80	81

Este fichero se tiene en los ZE

2ª= 1ª= fichero, un artículo por bloque.
3ª= 2ª= fichero, con etiqueta, 80 artículos por bloque.

Se confecciona el programa TRANSF para su paso a formato único. La salida es por SYSOUT, la salida por SYSOUT

Fichero Pluga (1974-1977) Contiene datos de recepción tenidos en cada mes. Tiene 80 campos por artículo. La disposición de los campos es la siguiente:

1-6	fuente
7-8	día
9-10	mes
11-12	año (sólo el terminal, entre 1 (19)
13-80	igual que en formato único

Este fichero se tiene en los ZE

Está con etiqueta, en bloques de 80 artículos, sin TM al final
Está con etiqueta, en bloques de 80 artículos, con TM al final

Se confecciona el programa TRANSF para su paso a formato único. La salida es por SYSOUT, la salida por SYSOUT

Fichero [illegible] Contiene datos de la región comprendida entre los [illegible] y los [illegible]. Tiene 80 caracteres por artículo. La disposición de los campos es la siguiente:

1-5	-Código Hacienda de circunscripción
6-24	-equivalente a 1-15 de F.T.
25-30	-latitud en [illegible] los grados sigue
31-37	-idem longitud en F.T.
38-80	-equivalente a [illegible] de F.T.

100220

40-50 -Inser en caracter artístico
51-[illegible] -equivalente a 45-[illegible] de P.U.
72-77 -número de secuencia.
78-80 -salidad de la determinación
32-39, -equivalente a 72-80 de P.U.

Este fichero se tiene en las MX

1.6M= con etiquetas, en bloques de 100 artículos, 1en. fichero
1600= sin etiquetas, un artículo por bloque, 1en. fichero

Se convirtió el programa MIMPU para su paso a formato ítem. La salida va por SYSOUT, la salida por SYSOUT, mensajes en SYSOUT.

Fichero MP.1304.1072 Contiene datos de la región comprendida entre los 0-30°E y los 30-120°E. Tiene 50 parámetros por artículo. La disposición de los campos es la siguiente:

1-3 -Fuente
4-18 -equivalente a 5-19 de P.U.
19-24 -Salidad en M.J Indicativo clave
25-31 -Item longitud en MF.J
32 -
33-35 -profundidad
36-38 -M
pr
39-41 -MS
42-44 -MS
45-47 -estación
48-50 -Agencia para M(*)
51-53 -número de estaciones

Este fichero se tiene en las CM

144 =con etiquetas, en bloques de 100 artículos 5to. fichero
1600 =sin etiquetas un artículo por bloque, 5to. fichero

Se convirtió el programa IMPU para su paso a formato ítem. La salida va por SYSOUT, la salida por SYSOUT, mensajes en SYSOUT

Fichero MP.1304.1072 Contiene datos de la región comprendida entre los 0-30°E y los 30-120°E. Tiene 50 parámetros por artículo. La disposición de los campos es la siguiente:

1-3 -Fuente
4-18 -equivalente a 5-19 de P.U.

4/

```
 19-20  -latitud en 2000 milésimas algra
 21-21  -dimm longitud en EF.3
 22-22  -provincial
 23-27  -municipio E
 28-47  -nombre ggl la trayecta
 41-42  -clase de nombres geográficos
  43    -clavebox de coordenadas (S,E,O)
 44-46  -subregión
  47    -calidad de determinación
  48    -código de diastrofismo
  49    -código de Tectonci
  50    -código de pronunciación-réplicas (A,F)
```

Este fichero se tiene en los MT

266 -sin etiquetas, en bloques de 100 artículos, Jar. fichero
266 -sin etiquetas, en artículo por bloque, segundo fichero

Se confeccionó el programa IGSPT para se pase a formato único. La entrada es por MT2005, la salida por MT8006, manejbra en MT8007.

Fichero 800 Contiene datos de la estación 800 grabados en tragno tarjeta a partir de un fichero perforado con un sistema complejo de 2 tarjetas por terremoto, la 2ia. opcional;

la primera tarjeta

```
  1-7  -Número de orden del terremoto
  8-12 -Año (I2), Mes (I2), día (I2)
 13-17 -Hora (I2), Minuto (I2), Segundo (I2)
 18-23 -M    (F6.1)
 24-24 -
 25-31 -Xkm (F7.1), Ykm (F7.2), H (F6.1)
 32-37 -Indicador del fin de tarjeta (e en I)
                    nueva tarjeta (1 en I)
 38-80 -En blanco
```

la 2da. tarjeta

```
  1-7  -número de orden del terremoto ,
  8-21-AF (F2) (F6.1), A (F2) (F7.1), A (F2) (F7.1) -errores Ajustes de F
 28-36-Aclase en orden cronológico (I4), Aquelo de convergencia (I3), mismo
       corregido (I4),
 37-45-Diferencia ortogonal en km (I4), profundidad en km (I4),
 46-52-Latitud gravim (I3), minutos (I3)
 53-59-Longitud gravim (I3), minutos (I3)
 60-80-En blanco
```

Este formato fue seleccionado en el marco de los trabajos de tesis 1980/1. Para la impresión de estos datos en forma de boletín se prepararon

000322

a apostrofo.

DSD 101 - Pasa cada fichero a otro con 100 caracteres por artículo, un artículo por bloque. Elimina, de la primera tarjeta el número de orden, el indicador de final y los 20 espacios finales en blanco, mientras que de la segunda elimina el indicador de origen y los 20 espacios finales en blanco.

Entrada: DM con catálogo 200 en imagen tarjeta en SYS005

Salidas: DM con catálogo 300 en formato diseado en SYS006

LISTADOS: Este programa lista el boletín de BOE a partir del fichero con 100 caracteres por artículo. Dicha tabla son ciento-cuarenta y 53 caracteres. La entrada es por SYS005.

Se confeccionó el programa SYS03 para pasar el catálogo de BOE en imagen tarjeta a formato ínter. La entrada es por SYS001 y la salida por SYS007; una DM de memoria en SYS005.

El fichero BOE imagen tarjeta se encuentra en la DM 047, six etiquetas, 1 artículo por bloque, 80 caracteres por artículo. El fichero BOE-100 se encuentra en la DM 049, sin etiquetas, 1 artículo por bloque, 100 caracteres por artículo.

Ficheros Sismográficos Contiene los datos de la red sismológica nacional para el período VII/75-VI/80. La grabación es en un formato especial de 76 caracteres por artículo con las características siguientes:

```
 1-7   -mes (I2), año (I2), día (I2)
 8-11  -hora (I2), minuto (I2), segundo (F5.2)
12-17  -latitud grados (I3), minutos (F3.2)
18-24  -longitud grados (I3), minutos (F3.2)
25-29  -profundidad (F5.2)
30-33  -magnitud (F4.2)
34-35  -número total de ligados P y S usadas en la determinación (I2).
36-39  -distancia mínima a la estación más cercana al epicentro (I4)
40-43  -gap máximo azimutal entre estaciones (I4)
44-47  -rms media cuadrática de los errores de tiempo residual de recorrido de las ondas P y S (F4.2)
```

[illegible] registros en ficheros de disponible según la localización [illegible]
[illegible] ficha según la variable 35=2

[illegible] catálogo se encuentra en la EEI

305 -sin etiquetas, un artículo por bloque, 76 caracteres por artículo.

Para el paso a formato único se confeccionó el programa MILARPY, con entrada por MARC05, salida por MARC07 y en la sección en MARC6.

100224

1.5.2.3 Programa-FUSION

Este programa está preparado para reducir un fichero de terremotos en EM, en formato único mediante la eliminación de la información repetida, y en caso de diferencias tomar la fuente más confiable.

La salida es también por EM.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Este programa, escrito en FOR consta solamente del programa principal. Su principio de funcionamiento es muy simple, tiene una subrutina para el artículo de entrada (ENTRADA), otra para el artículo anterior con que se va a comparar (ANTERIOR) y una tercera, para el artículo que se forma de la unión de ambos (SALIDA).

El proceso de reducción es el siguiente:

1. Lee un artículo y lo pasa a ENTRADA
2. Lee otro y lo pasa a ENTRADA
3. Compara los parámetros fecha y tiempo de origen de los terremotos que están en ENTRADA y ENTERA.
4. Si la diferencia en tiempo es mayor que un minuto imprime en fichero de salida lo que está en ENTRADA, pasa lo que está en ENTERA a ENTRADA y vuelve a 2.
5. Si esta es menor o igual que un minuto compara las coordenadas calculando la distancia entre ambos epicentros. Si esta es mayor que un grado hace lo mismo que en 4.
6. Si la distancia es menor que un grado pasa a formar un sólo terremoto (CONFUESTA) de los 2 que hay en ENTRADA y ENTERA. Coloca CONFUESTA en ENTRADA y pasa a 2.
7. Al llegar al fin del fichero de entrada imprime en el fichero de salida lo que tenía en ENTRADA.

La comparación de un artículo sobre la base de 2 se hace de la forma siguiente:

- Si en campo apuntado solamente en uno de los dos, se incluido en el artículo compuesto.
- Si en mismo campo aparecen en ambos se toma aquel que tenga la prioridad mayor.
- El orden de prioridad se da en dependencia de la clave en los campos 1+4 del formato único y es el siguiente:

SCCB, SPE- trabajos en ENTRADA

27/

IRC, ZIO

[illegible], CRO, XRIS, CAR-, SI, MEL, KRO, KUK distintas variantes de agrupaciones meteorológicas.

RCIS

OPIN, Cab

TAI, RICA, MANU, ZAN, MON, MAD, CAP, PAR, MIC, MPAL, ARG, JUL, PUY, ESP, LAM, CAR, CARA, STE, CUY, SUR.

Entrada-salida

Fichero de entrada: ETAOOS en formato único (en banda magnética).

Fichero de salida: ETAOO6 en formato único (en banda magnética).

Si se desea alguno de los dos en cinta hay que cambiar el ASSIGN correspondiente en el texto del programa.

000226

Cuando se ve una cinta pulsar la intervención del cal [illegible] trabaja alternadamente, aunque no altere el número de líneas impresas en cada [illegible] de impresión.

700337

1.5.3.4 PROGRAMA LISTADO

Este programa se utiliza para listar en líneas de terremotos en fichero Index situado en 373805.

Para posicionamiento y lista 45 terremotos dejando 1 renglón libre cada 5 en ellos.

Repite esto mismo hasta el final del catálogo.

Imprime los parámetros siguientes:

-Fecha
-Hora
-Hora en origen incluyendo la clave que indica agencia que reporta tiempo y coordenadas)

-Coordenadas
-Profundidad incluyendo clave que indica forma en que fue determinada
-Número de estaciones registradoras o calidad del solución
-Entregios Flinn-Engdhal
-M_1 M_{p1} código que indica tipo de M_1
M generalmente es que aparece en determinaciones anteriores, incluyendo agencia que la reportó

-M_2, incluyendo código indicador del tipo de magnitud y agencia que lo reportó

-Zmax
-Efectos Macrosísmicos (EM)
-Agencia que realizó mapa de isosistas (MAI)
-Diastrofismo (D)
-Volcanes (V)
-Tsunis (T)
-Explosiones (Y)
-Efectos no Tectónicos (E)
-Aftershocks de sondeos (A)
-Terremoto usado en intercambio internacional de datos (I)

La explicación de todos estos parámetros se da en el documento "Programa único para catálogo de terremotos".

Este programa está preparado para trabajar con cinta, pliego y papel de 37x0 cm de largo. Cada página de impresión tenga 61 líneas. En cada hoja papel de 30.4 cm de largo se pueden imprimir 50 líneas más por página de impresión, para lo cual se debe cambiar la instrucción XXX-49 por XXX-45.

000229

4.5.3-7 Programa TABLA

Este programa prepara las tablas de cálculo del regimen sísmico para-
lizado en datos de catálogo.

Utiliza la magnitud M_D. En caso de sólo existir magnitud M_L aplica la transformación:

$$M_D = 1.41\, M_L - 2.79$$

Para el caso de sólo existir determinaciones de M_L utiliza las transformaciones:

$M_D = 1.00\, K - 1.83$ para K de ERN

$M_D = 1.36\, M_L - 1.36$ para M_L de Nicaragua

en cualquier otro caso se agradecería el valor, de poderse añadir otras posibles magnitudes M_D para los que se haya determinado la relación $M_D = f(M_L)$

El orden de proceso para la clasificación de terremotos es

M_D, M_L, K.

ESTRUCTURA Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Es un programa sin subrutinas. El catálogo debe estar en memoria externa (DT1000) en formato único. Puede realizarse a la vez la selección y clasificación para 80 regiones de interés como máximo.

Previo lectura de los datos que delimitan las características de las tablas (intervalos de tiempo y magnitud) y de los parámetros que describen espacialmente las regiones (paralelepípedos rectangulares en latitud, longitud y profundidad), comienza la lectura uno a uno de los datos del catálogo con su clasificación correspondiente. Al final se imprime una tabla para cada región de interés. Se lleva un conteo del número de eventos leídos y el utilizado en cada una de las tablas. Las tablas pueden tener hasta 20 intervalos de magnitud y de tiempo.

Bajos de entrada

Una tarjeta

- número de registros a analizar N
- título
FORMAT (A1, I2,1X,A4)

Una tarjeta

- Valor mínimo considerado de Ms
- anchu de los intervalos de magnitud
- número de intervalos de magnitud
- año inicial
- año final
- número de años en cada intervalo de tiempo
- número de intervalos de tiempo
FORMAT (5F10.0, 3I2)

Para cada tarjeta (grupo de N tarjetas)

Descripción espacial de las celdas

- latitud inicial
- latitud final
- longitud inicial
- longitud final
- profundidad inicial
- profundidad final
FORMAT (6F10.0)

Se pueden poner varios juegos de datos como se desee).

Memoria externa: Catálogo de terremotos en formato único en DISCO.

000280

1.3.3.6. Programa Energía

Este programa calcula la liberación de energía y de deformaciones en cuadrículas elementales de un área a partir de un catálogo de terremotos.

La energía liberada en cada cuadrícula se calcula como la suma de las contribuciones debidas a cada terremoto con epicentro situado en ella a partir de la relación:

$$\log E = 12.24 + 1.44\, M_s \qquad (1)$$

Cuando el terremoto no tiene determinada la magnitud M_s se usan las transformaciones:

$$M_s = 1.5\,(m)_b - 2.79 \quad \text{para } m_b \qquad (2)$$

$$M_s = M_L - 7.83 \quad \text{para } M_L \qquad (3)$$

$$M_s = 1.3\,M_d - 1.2 \quad \text{para } M_d \text{ duración} \qquad (4)$$

en caso de aparecer una magnitud diferente no se considera.

La liberación de deformaciones se calcula como $D = \sum E_i^{1/2}$ (5)

ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

El programa consta del programa principal y la subrutina FICHAS.

Previa lectura de los datos que determinan la región, el intervalo de tiempo, la magnitud inicial y la subdivisión de la misma en cuadrículas elementales, accedemos a leer los datos del catálogo, a clasificarlos y calculamos logarítmicamente la energía liberada y liberación de deformaciones al finalizar la lectura (subrutina FICHAS).

El graficado se hace por la subrutina PLOTAS, la cual clasifica en 11 intervalos el logaritmo del parámetro (energía o deformación) y asigna un símbolo a cada intervalo. Se grafican la matriz de símbolos generada en cada caso.

El catálogo debe estar en formato fijo y acceder en un soporte externo (DISCO).

El límite permitido de la región es de 40 x 110 cuadrículas.

000231

[illegible]

[illegible] tarjeta

-título
[illegible]

[illegible] tarjeta

Datos para el cálculo

-magnitud M_0 inicial
-magnitud inicial
-paso final
-magnitud inicial
-paso final
-profundidad inicial
-paso final
[illegible]

[illegible] tarjeta

Datos adicionales

-ancho del intervalo en latitud
-tipo longitud
-número de intervalos en latitud
-tipo longitud
-año inicial
-año final
[illegible]

Memoria ocupada: Catálogo de terremotos en formato ISC, en [illegible]

000232

1.1 1.1 [illegible]

Esta propiedad obliga la actividad absoluta por los métodos de [illegible] y discriminación. El método de cálculo es el de detalle, que consiste [illegible].

[illegible]:

1) Actividad absoluta. Métodos de discriminación y extrapolación.

En la relación empírica frecuencia [illegible] $F(i,\Delta M)$ (1)

el valor de $N^{\Delta}(M_i)$ para $M_i = M_o$ constituye la llamada actividad absoluta A_o

$$N^{\Delta}(M_o) = 10^{a} \cdot F(i,\Delta M) \qquad (2)$$

y representa el número de terremotos en el intervalo $(M_o - \Delta M/2,\ M_o + \Delta M/2)$

Si se considera el término empírico magnitud frecuencia acumulativa con $M_{max} = \infty$ obtenemos: $N^{\Delta}(M_i) = 10^{a - b(M_i - M_o)} \frac{10^{b\Delta M/2}}{b \ln 10}$ (3)

multiplicando arriba y abajo por $(10^{b\Delta M/2} - 10^{-b\Delta M/2})$ se obtiene:

$$N^{\Delta}(M_i) = 10^{a} F(i,\Delta M) \frac{10^{b(M_o - M_i)}}{1 - 10^{-b\Delta M}} \qquad (4)$$

La actividad absoluta se puede calcular de dos formas:

a) Calculando el número de terremotos en un intervalo $(M_o - \Delta M/2,\ M_o + \Delta M/2)$

$$A_o = N^{\Delta}(M_i)\ 10^{b(M_i - M_o)} \qquad (5)$$

que corresponde al efecto de distribución, cuyos resultados serán sujetos a variaciones en dependencia del valor M_o seleccionado.

b) Calculando las frecuencias acumulativas de terremotos a partir de cierto valor de M

$$A_o = N^{\Delta}(M_i)(1 - 10^{-b\Delta M})\ 10^{b(M_i - M_o)} \qquad (6)$$

Se debe señalar que esta fórmula es válida sólo para el caso de $M_{max} = \infty$

En la práctica se usa [illegible]

$$A_o = \frac{N^{\Delta}(M_i)(1 - 10^{-b\Delta M})\ 10^{b(M_i - M_o)}}{1 - 10^{-b(M_{max} - M_i + \Delta M/2)}} \qquad (7)$$

II) Método de cálculo

El método de cálculo propuesto por Riznichenko considera como valor de cada [illegible] [illegible] [illegible]

anteriores determinadas alrededor de cada punto con la normalización espacial correspondiente (A_p'/A), donde A_p es el área con respecto a la cual se normaliza el valor de la actividad, y A es el área de promediación.

Como las fórmulas (1-7) no reflejan la frecuencia y no a número de terremotos, si se desea realizar estos cálculos en base a mapas de epicentros o catálogos de terremotos a este factor de normalización debe añadírsele la normalización temporal. De tal manera se tendrá un factor de normalización multiplicativo $\frac{A_p n^{b/2}}{T}$

$$\gamma = \frac{\Sigma n}{\Sigma T} \qquad (8)$$

donde T es el período de registro en años.

Se conocida la existencia de diferentes períodos de representatividad para diferentes magnitudes. Esto se puede representar por una matriz del tipo

$$\begin{array}{c} \text{intervalos} \\ \text{de} \\ \text{tiempo} \end{array} \downarrow \quad \begin{pmatrix} R_{11} & \cdots & R_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ R_{n1} & \cdots & R_{nm} \end{pmatrix} \qquad \begin{array}{c} \text{intervalos de magnitud} \\ \rightarrow \end{array} \qquad (9)$$

donde los elementos R_{ij} pueden tomar sólo 2 valores (0 - no representativo, 1 - representativo), a esta matriz se le asociará el vector T_j, $j=1,m$ de los períodos de representatividad de cada intervalo de magnitud.

El método clásico utilizado en estos trabajos consiste en emplear sólo los terremotos a partir de cierto intervalo de tiempo i_p, para el cual sean representativos todos los intervalos de magnitud. Esto es $R_{ij} = 1 \quad \forall i, j \geq i_p$. De tal forma $T_j = t^{bo} = T_j$ por lo que el factor de normalización será único.

- El método utilizado en este programa pretende utilizar el máximo posible de terremotos, siempre que éstos correspondan a intervalos representativos. Esto es, $R_{ij} = 1, \quad i \geq i_j$, por lo que T_j tomará diferentes valores en j.

100234

La selección de los círculos de promediación responde a 2 criterios:

- método de detallamiento ctes: la promediación se efectúa en círculos de radio constante, determinado en base al error en la determinación de epicentros y la escala del mapa.
- método de precisión constante: la promediación se efectúa en círculos de radio variable, bajo la condición de que en cada uno se encuentre un número constante de eventos (de 3 o 5 según el caso).

En este programa se utilizó una variante del primero: promediación en círculos de dimensiones fijas, determinadas para cada caso concreto.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Previa lectura e impresión de los datos iniciales que incluyen límites de la región, parámetros de cálculo, matriz de representatividad y períodos de representatividad correspondientes, se calculan los términos de las fórmulas (6), (7) y (8) que no dependen del número de terremotos y el tiempo de representatividad.

Con posterioridad comienza la lectura y clasificación de datos del catálogo:

- clasificación espacial: ubicación centro de una cuadrícula elemental de latitud-longitud-profundidad dentro de la región, o exclusión.
- clasificación centro-temporal: determinación del término de la matriz de representatividad Rij que corresponde a ese evento. Si Rij = se elimina, si Rij el se toma en consideración.

Simultáneamente se realiza el conteo del número de terremotos en cada cuadrícula espacial para 9 intervalos.

- de magnitud consecutivos a partir de la magnitud mínima bajo el criterio $N_{m_i} = \frac{(2^n)}{N}$, y del número total de terremotos bajo el criterio $N_c = \frac{1}{T}\sum_i n_i/r_i$. De esta forma se crean 6 matrices $(N_{m_1}, N_{m_2}, N_{m_3}, N_{m_4}, N_{m_5}, N_c)$

000335

del número de eventos por cuadrícula elemental, para calcular 5 mapas diferentes por el método de distribución y el mapa por el método de superficie.

La generalización en cada caso se efectúa en el área cuadrada determinada por 80 cuadrículas a partir de la cuadrícula central. Este intervalo se ha elegido porque se consideraron iguales distancias al centro, no obstante se prefirió el método por simplicidad en los cálculos.

Se calculan los valores de los 4 mapas: A_{ij}, A_{ij}, A_{ij}, A_{ij}, A_{ij}, A_{ij} y además la media de los 5 primeros $\bar{A}_{ij} = \frac{1}{5}\sum A_{ij}$. Se grafican mediante la subrutina PLOTMS.

Esta subrutina clasifica los valores de la matriz A en intervalos y asigna un símbolo a cada intervalo. La impresión es en forma matricial.

NOTA: El catálogo de terremotos debe estar en formato único, ubicado en memoria externa (DISCOS).

Datos de entrada

1ra. tarjeta

- Título
FORMAT (20a4)

2da. tarjeta

- magnitud mínima
- tamaño de los intervalos de magnitud
- año inicial
- año final
- número de años en cada período
FORMAT (2F10.0, 3I5)

3ra. tarjeta

- límites de la región
- latitud inicial
- latitud final
- longitud inicial
- longitud final
- profundidad inicial
- profundidad final
FORMAT (8F10.0)

000236

%%

4ta. tarjeta

datos para el cálculo

- centro del intervalo de latitud
- idem longitud
- centro de discretización
- parámetro β del gráfico magnitud-frecuencia
- magnitud M para la cual se calcula A_0

FORMAT (1F10.5)

5ta. tarjeta

datos adicionales para el cálculo

- número de intervalos de riesgo (NI)
- idem magnitud (NJ)
- idem latitud
- idem longitud
- número de trapezoides a partir del cuatro para generar el área de proximidad (N).

FORMAT (5I5)

6ta. tarjeta

- Matriz de representatividad. Valores (0,1) correspondientes a la representatividad (Riesgo, magnitud), por filas. Se colocan en orden consecutivo (total NINJ).

FORMAT (40I2)

Ides tarjetas

- Períodos de representatividad de cada uno de los intervalos de magnitud (total NJ).

FORMAT (16F5.0)

Se pueden poner tantos juegos de datos como se desee.

Memoria externa: Fichero de terremotos en formato único colocado en UT20#3.

105237

[illegible] Programa [illegible]

Este programa calcula la densidad de un catálogo de terremotos en [illegible] esferas (media esférica, [illegible]).

Teoría

De las diferentes formas que se utilizan para el cálculo de la densidad de epicentros se [illegible] la siguiente:

-se divide el área en cuadrículas elementales.

-se calcula la matriz N(I,J) del número de terremotos por cada cuadrícula.

- a [illegible] de epicentros se calcula mediante la fórmula:

$$d_k = \sum_{i,m} n_i + \beta \delta_{i,k} \qquad \begin{matrix} i=1,m \\ j=1,m \end{matrix} \quad m \geq 3 \qquad (1)$$

β puede valer 0 ó 1 según se desee, m es siempre impar.

Esta metodología es una ligera modificación de la utilizada en el trabajo

[illegible] A.A., Kozak Ed., Akademiai Kiado (1976)
Computational methods in seismology and tectonics
Springer-Verlag, Berlin, 1974, 380 pp.

que plantea la utilización de 3 iteraciones consecutivas.

DESCRIPCION Y FUNCIONES DE SUBPROGRAMAS QUE INTERVIENEN

El programa consta del programa principal y la subrutina [illegible]. Necesitará el uso de 2 dispositivos lógicos:

- [illegible] - catálogo de terremotos de formato libre
- [illegible] - para valores intermedios

Se principio de trabajo se [illegible]:

Para los parámetros de control que corresponden [illegible], [illegible], dimensiones del área de presentación, método de cálculo (valor de β).

-Lee los datos del catálogo, selecciona los terremotos comprendidos dentro de la región y crea la matriz N(I,J).

2./

-Calcula la densidad de epicentros por el método expuesto en 1) para diversas cuadrículas.

-En caso que se desee calcular la densidad de epicentros por varios métodos se grafica en AUTOCAD la matriz M(I,J) mientras se calcula por uno de los métodos y después se vuelve a leer para calcular por el otro método.

-Finalmente según se desee las tablas de densidad de epicentros de cada iteración y cuadrícula con la clasificación en intervalos de los valores de densidad obtenidos.

La subrutina FIGURE clasifica los valores de densidad de epicentros en 10 intervalos cada un valor máximo según el método. La clave de clasificación se imprime debajo del mapa.

La región a analizar puede tener tres diferentes máximos de densidad consecutivos. Con ella están relacionados los arreglos F(75, 56), [illegible] (75,56), [illegible] (75) y [illegible] (56), el primero de ellos sirve al programa principal, los otros 3 en ésta y en la subrutina FIGURE.

En cada iteración del cálculo de la densidad, para obtener el mapa de [illegible] se plotea una cuadrícula a cada 1mm por latitud y longitud. Esto debe tomarse en cuenta a la hora de seleccionar la dimensión de la región a analizar, ya que al finalizar la tercera iteración se habrán pedido 3 cuadrículas por cada coordenada.

Datos de entrada -
Lata. tarjeta
-fólalo
format (20A4)

```
Ver

Tarjeta

Limites de la región e intervalos de tiempo a utilizar:

     -latitud inicial
     -latitud final
     -longitud inicial
     -longitud final
     -profundidad inicial
     -profundidad final
     -año inicial
     -año final
FORMAT (8X,10A8, 2X)

Tarjeta

Parámetros auxiliares de cálculo:

     -anchura del intervalo de latitud
     -idem longitud
     -número de intervalos de latitud
     -idem longitud
     -número de intervalos
     -valor (n-1)/2  (orden n en el de la fórmula (1)
     -valor wmax
     -indicador de método de cálculo    -1  - simple y doble para control
                                         1  - doble para control
                                         0 o Yes - simple para control
                                                   -1  - simple y doble para control
     -indicador de impresión en tabla de coeficientes
        0 - no imprime ninguno
       -1 - los imprime todos
        N - sólo imprime para la iteración N
     -indicador de impresión en mapas
        0 - los imprime todos
       -1 - no imprime ninguno
        N - sólo imprime para la iteración N
FORMAT (2X,5A8, 8X)

     Se pueden poner varios juegos de datos seguidos

Ficheros externos

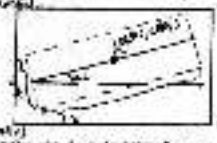
     -Catálogo de terremotos en formato único en ES0001
     -Fichero de trabajo en ES0011
```

1.5.5.4 Programa PERFIL-3

Este programa grafica cortes de distribución de terremotos en profundidad a partir de un catálogo de terremotos en memoria externa.

Aspectos teóricos

Sea una región geográfica analizada. Se tienen en ella varias estructuras sismogeneradoras, cada una orientada en dirección θ_i con respecto a la dirección E-W. Sus dimensiones son $L1_i$, $Y1_i$, ΔY_i (esquema), de ancho en metros en un paralelepípedo determinado por los parámetros (Lat1, L1, Lat2, L2, Long1, Long2, Prof1, Prof2) y se determinan las coordenadas de sus centros (Clat, Clon).



Para cada zona se determinan igualmente el ancho de los intervalos en profundidad y distancia al eje en que se va a dividir el perfil, así como el número de datos que abarca la región (Y3, L3, ANS).

Dejando en ejemplos de coordenadas en el punto (Clat, Clon), que está rotado un ángulo θ con respecto a la dirección E-W se determina la ubicación en coordenadas (X1, h1) de los hipocentros de terremotos de la región.

ENTRADA Y PROCESO DE PARAMETROS DEL PROGRAMA

Previa la lectura de los datos que definen las regiones y las características de los perfiles correspondientes (un máximo de 30) se procede a la lectura de los datos del catálogo y se clasificación.

- clasificación regional - ubicación en una de las zonas a analizar
- construcción del perfil - ubicación en coordenadas (x, h). Para ello el espacio (y,z) se divide en cuadrículas elementales (Dy, Dz) cuyas dimensiones son ajustables para cada perfil.

Al final se imprime en bloque con símbolos el perfil, la coordenada h en la vertical, la coordenada y horizontal. El centro se simboliza por un asterisco sobre la tabla, en izquierda la y es negativa, a la derecha positiva. El número de terremotos de 0 a 9 se simboliza por números análogos, de

000241

E/

Id a 20 por letras, desde la última incluye 20 ó más. El final se indica [illegible] posición se imprime la tabla de equivalencias letra-número.

Datos de entrada

1ra. tarjeta

- número de nodos (N)
- título
FORMAT (I3, 1x, 20A4)

2da. y 3ra. tarjetas (N pares)

2da.) límites de la región
- latitud inicial
- latitud final
- longitud inicial
- longitud final
- profundidad inicial
- profundidad final
FORMAT (8F10.0)

{ latitud central, longitud central

3ra. parámetros de cálculo
- ángulo con la dirección N-S (en grados)
- salto del intervalo de distancia al eje (en grados)
- salto del intervalo de profundidad (en km)
- número de intervalos de distancia al eje
- número de intervalos de profundidad
FORMAT (2F10.0, 2I5)

Se pueden poner tantas juegos de datos como se desee.

Entrada externa: Catálogo de terremotos en formato ISSEC en [illegible]

1.6.3 (c) Programa CLASIFTER

Este programa clasifica el número de terremotos registrados en diferentes horas del día para variables elementales de una región a partir de un fichero de terremotos en formato único. Su empleo se para detectar en un catálogo de terremotos la presencia de regularidades en la ocurrencia de éstos a diferentes horas del día.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

El programa se divide subrutinas. Previa lectura de los datos iniciales, los cuales determinan los límites de la región, el intervalo temporal y la subdivisión espacial que se utilizará en la clasificación, continúa la lectura de los datos del fichero. Estos se clasifican espacialmente y por hora SUB (en 24 intervalos).

Se forma la "matriz" $N(x,y)_{ijk}$ del número de eventos en cada casilla para cada hora del día, se imprimen en 24 tablas de las matrices $N(x,y)_{ijk}$.

Datos de entrada

1ª tarjeta

- latitud inicial
- latitud final
- longitud inicial
- longitud final
- año inicial
- año final

FORMAT(4F10.0, 2I5)

2ª tarjeta

- anchu del intervalo de latitud
- ídem longitud
- número de intervalos de latitud
- ídem longitud

FORMAT(2F10.0, 2I5)

NOTA: Ficheros de terremotos en formato único en STD001

Se pueden poner tantos juegos de datos como se desee.

000243

4.4.3.1 Programa HIPOCENTRO

Este programa, dada una lista de las coordenadas geográficas de un grupo de n estaciones y de m epicentros calcula la distancia epicentral y los acimuts estación-epicentro y epicentro-estación para las nm combinaciones posibles de epicentros y estaciones.

Teoría

Sean las coordenadas (θ,φ) de un punto en la esfera (estaciones, epicentros, se definen los parámetros

$$\begin{aligned} A &= \sin\theta\cos\varphi \\ B &= \sin\theta\sin\varphi \\ C &= \cos\theta \\ D &= \sin\gamma \\ E &= \sin\delta \\ F &= \cos\gamma\cos\delta \\ G &= \cos\gamma\sin\delta \\ H &= \cos\alpha\sin\gamma \end{aligned} \qquad (1)$$

Si simbolizamos por las letras (A.....H) los parámetros correspondientes al epicentro y por (A'.....H') los correspondientes a la estación tendremos que la distancia epicentral se calcula como:

$$\Delta = \arccos\left[\frac{1}{2}\left[(A-A')^2+(B-B')^2+(C-C')^2-2\right]\right] \qquad (2)$$

$$\Delta = \cos^{-1}\left[\frac{1}{2}\left[2-(A-A')^2-(B-B')^2-(C-C')^2\right]\right] \qquad (3)$$

El acimut (medido desde el norte) de la traza que va desde el epicentro hasta la estación en el epicentro será

$$A_{z,e} = \frac{(A-D)^2+(B-E)^2+C^2-2}{(A'-D)^2+(B'-E)^2+(C'-F)^2-2} \qquad (4)$$

este acimut medido en la estación será:

$$A_{z,est} = \frac{(A-D)^2+(B-E)^2+C^2-2}{(A'-G)^2+(B'-H)^2+(C'-F)^2-2} \qquad (5)$$

Estas fórmulas fueron tomadas de: R.E. Bullen (1963)

An introduction to the theory of seismology

Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1963, 381 pp.

ESPECIFICACIONES Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Este programa consta del programa principal y la subrutina ADIMUT.

El programa principal provee lectura e impresión de los datos iniciales calcula los parámetros (A,B .....H) de las estaciones y los epicentros, los imprí-

Se ha calculado los parámetros β_0, β_1, β_2, ... y para cada una de las combinaciones estación-epicentro aquellas fórmulas (3,4 y 5).

La subrutina ACIERT chica el ángulo hallado entre 0 y 2π en dependencia de los signos del numerador y denominador de las fórmulas (4 y 5).

La distancia epicentral se lleva a kilómetros para un radio medio de la Tierra de 6374.6 km/ de imprime una tabla con todos estos resultados.

Datos de entrada

1ra. tarjeta

- título
FORMAT (80 A4)

2da. tarjeta

- número de estaciones 1
- número de terremotos 2
FORMAT (2I3)

3ra. tarjeta (grupo de 1 tarjetas)

- latitud de la estación
- longitud de la estación
- código de la estación
FORMAT (2F10.5, 2x, A4)

4ta. tarjeta (grupo de 2 tarjetas)

- latitud del epicentro
- longitud del epicentro
- fecha (8 caracteres)
FORMAT (2F10.5, 2x, 2A4)

NOTAS: 1) En el código de la estación se aconsejable usar sólo 3 letras dejando el primer campo del formato A4 vacío, lo cual da más claridad en la impresión de las tablas de resultados.

2) Se pueden usar tantos juegos de datos como se desee.

100245

1.2 a 12. **REGRESION MINIMOS**

Este programa, dado una muestra de n pares de valores (xi,yi) calcula la regresión lineal $y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$ (1)

por el método de los mínimos cuadrados

teoría

La aplicación del método de los mínimos cuadrados a una muestra de n pares de valores (Xi,Yi) permite obtener las estimadas de β_0 y β_1 siguientes:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2/n}, \quad \hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \qquad (2)$$

con las varianzas

$$\sigma_{\hat{\beta}_1}^2 = \sigma^2 / \sum (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_{\hat{\beta}_0}^2 = \sigma^2 \sum x_i^2 / n \sum (x_i - \bar{x})^2 \qquad (3)$$

y los intervalos de confianza

$$\hat{\beta}_1 - \alpha t_{n-2,1-\alpha/2} \leq \beta_1 \leq \hat{\beta}_1 + \alpha t_{n-2,\alpha/2}$$
$$\hat{\beta}_1 - \gamma t_{n-2,1-\alpha/2} \leq \beta_0 \leq \hat{\beta}_1 + \gamma t_{n-2,\alpha/2} \qquad (4)$$

donde $\alpha = s\sqrt{2x^2/n \sum (x_i - \bar{x})^2}$, $\gamma = s\sqrt{1/\sum (x_i - \bar{x})^2}$

la varianza σ^2 la estimamos con:

$$s^2 = \sigma^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2}{n-2} \qquad (5)$$

La predicción de y se obtiene de la forma:

a) Para la media: $\hat{y}_{\bar{x}} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_n$

$$\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_n - \delta t_{n-2,1-\alpha/2} \leq \bar{y} \leq \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}_n + \delta t_{n-2,\alpha/2} \qquad (6)$$

donde $\delta^2 = s^2 \left(\frac{1}{n} + (x_i - \bar{x})^2 / \sum (x_i - \bar{x})^2 \right)$

b) Para una sola y: $\hat{y}_x = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_n$ con la región de confianza

$$\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_n - \theta t_{n-2,1-\alpha/2} \leq y_n \leq \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_n + \theta t_{n-2,\alpha/2}, \text{ donde } \theta = s\sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_n - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

La predicción inversa de X se obtiene para una cota Y de la forma $\hat{x}_y = (y_n - \hat{\beta}_0)/\hat{\beta}_1$

con la región de confianza

$$\bar{x} + \frac{\hat{\beta}_1 (y_n - \bar{y})}{Q} - \lambda t_{n-2,1-\alpha/2} \leq x_n \leq \bar{x} + \frac{\hat{\beta}_1 (y_n - \bar{y})}{Q} + \lambda t_{n-2,\alpha/2}$$

donde $Q = \hat{\beta}_1^2 - t^2_{n-2,1-\alpha/2} s^2 / \sum (x_i - \bar{x})^2$ (8)

$$\lambda = \frac{s}{Q}\sqrt{\frac{(y_n - \bar{y})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} + Q\left(\frac{n-1}{n}\right)}$$

El coeficiente R^2 que indica el grado de ajuste de la curva se define como

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \qquad (9)$$

El análisis de residuos se realiza a través de las tablas (XI, [illegible] de [illegible] viene dado por:

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i \qquad i = 1, \ldots, n \qquad (10)$$

SUBRUTINA Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

El programa consta del programa principal, la subrutina REGLIN y la función TUKEY.

El programa principal sólo se ocupa de la lectura e impresión de los datos iniciales.

La subrutina REGLIN calcula los parámetros $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ de la regresión, las desviaciones σ de la muestra y $\sigma_{\hat{\beta}_0}$ y $\sigma_{\hat{\beta}_1}$ de los parámetros, el coeficiente de correlación, el coeficiente R^2 del grado de ajuste, los intervalos de confianza de las estimaciones $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$, así como las regiones de confianza para la predicción de la media de y ($\hat{\bar{y}}$), de una sola y ($\hat{y}$) y la predicción inversa de una sola x ($\hat{x}$).

Igualmente imprime los valores (XI, $\hat{y}_i$) para el análisis de residuos.

La función TUKEY determina los valores de la distribución t de Student con un 95% de confiabilidad, necesarios para determinar los intervalos y regiones de confianza.

El funcionamiento es muy simple: se leen los datos iniciales, se imprimen, se llama a la subrutina READIN, la cual a su vez llama a la función XPROB para determinar los valores de la distribución X necesarios y posteriormente realiza las diferentes etapas del cálculo. Admite hasta 1000 parejas valores (X1,Y1).

Datos de entrada

Leer: tarjeta

- número de parejas de valores (X1,Y1)-X
- límite inferior de X para el que se calcula la región de confianza de la predicción de Y.
- idem anterior
- límite inferior de y para el que se calcula la región de confianza de la predicción inversa de X.
- idem anterior
- título

FORMAT (I4, 4F5.0, 14A4)

Leer: tarjeta (tantas como X tarjetas)

- valor X1
- valor Y1

FORMAT (2F10.0)

Se pueden pasar varios juegos de datos seguidos.

6.5.2.3.2.13 Programa ESPECTRO

Este programa calcula los espectros de potencia, desplazamiento, velocidad y aceleración para un registro de desplazamiento, velocidad o aceleración dado por el método de intervalos desigualmente espaciados.

Teoría

La transformada de Fourier de una señal temporal f(t) se define como:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \qquad (1)$$

$$F(\omega) = a(\omega) - ib(\omega) = |F(\omega)| \, e^{i\phi(\omega)}$$

$$|F(\omega)| = \left(a^2(\omega) + b^2(\omega)\right)^{1/2} \leftarrow \text{espectro de amplitud}$$

$$\phi(\omega) = \tan^{-1}\left[-\frac{b(\omega)}{a(\omega)}\right] \leftarrow \text{espectro de fase}$$

La TF tiene la propiedad

$$\mathcal{F}^n(\omega) \Leftrightarrow (i\omega)^n F(\omega) \qquad (2)$$

De tal forma, si $\mathcal{F}(t)$ es desplazamiento, sus espectros se cumplen

$$\begin{aligned} d(\omega) &= F(\omega) = |F(\omega)| \, e^{i\phi(\omega)} \\ v(\omega) &= i\omega F(\omega) = \omega |F(\omega)| \, e^{i[\phi(\omega)+\pi/2]} \\ a(\omega) &= -\omega^2 F(\omega) = \omega^2 |F(\omega)| \, e^{i[\phi(\omega)+\pi]} \end{aligned} \qquad (3)$$

Para una señal f(t) dada, se define como espectro de potencia la cantidad $|F(\omega)|^2$ y se cumple la relación:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega \qquad (4)$$

Sea $\{t_i, f_i\}_{i=1}^{n}$ una secuencia de valores tabulados de una observación cualquiera f(t), finita, ordenada en valores crecientes de t (no necesariamente iguales). Suponemos que entre puntos contiguos la señal puede ser aproximada por líneas rectas, esto es, la señal f(t) es segmentalmente lineal. Teniendo en consideración la fórmula (2) para la 1ª derivada $\mathcal{F}'(t) \Leftrightarrow i\omega F(\omega)$

$$F(\omega) = \frac{1}{i\omega} \int \frac{df}{dt} e^{-i\omega t} dt = \frac{1}{i\omega} \sum_{k=0}^{n-1} (f_{k+1} - f_k) e^{-i\omega t_k} \qquad (5)$$

Si aplicamos la fórmula (2) para la primera derivada $\mathcal{F}'(t) \Leftrightarrow i\omega F(\omega)$ obtendremos

$$F(\omega) = \frac{1}{i\omega} \int \mathcal{F}' e^{-i\omega t} dt = \frac{1}{i\omega} \sum_{k=0}^{n} (f_{k+1} - f_k) e^{-i\omega[\alpha_k t_k + \pi]} \qquad (6)$$

Estas fórmulas permiten calcular el espectro de Fourier de la aceleración. El desarrollo teórico fue tomado del

000289

Aki, K. (1974)
Spectral analysis in Geophysics
Elsevier, Amsterdam, 1974, 564 pag

En un trabajo posterior, Lap Dan Lacoy llega a la conclusión de que la fórmula (5) es una mejor aproximación al espectro que la fórmula (6). Este programa es una modificación del empleado por ese autor. El trabajo es:

Lap Dan Lacoy (1977)
Application of an equally spaced data points to seismic records.
Seismological Institute, Uppsala, Sweden, Report U-77

ESTRUCTURA Y EJECUCION DEL PROGRAMA

El programa consta del programa principal y la subrutina PLOT. En el programa principal se realizan todos los cálculos y la subrutina PLOT grafica los espectros. Como resultado se obtienen los valores de los espectros de potencia, desplazamiento, velocidad y aceleración en forma de tabla, así como un gráfico de cada uno de ellos.

Pueden ser usados registros de desplazamiento, velocidad y aceleración.

El proceso de trabajo consiste en calcular por el método de intervalos finitos gaussianos exponiendo el espectro de Fourier del registro dígrafo, usando la fórmula (5) a partir del cual se calculan los demás.

El programa permite el cálculo de todos los espectros independientemente de cual sea el tipo de registro. La corrección de amplitud se le hace a todos, la de fase sólo al espectro del registro inicial.

Datos de entrada

Los datos de entrada tienen muchas variantes, ya que pueden incluir o no las correcciones por efecto de los equipos y la generación de la serie de frecuencias en que se van a obtener los resultados.

1ra. tarjeta

- parámetro MODIA

0 - obvia generación de serie de frecuencias
1 - obvia generación de serie de frecuencias y considera la corrección de equipos que tiene en memoria de una corrida anterior.
< 0 - genera serie de frecuencias y calcula la corrección de equipos
MODIA y considera la corrección de equipos sola (Ampl =1, Fase=0)
MODIA considera la corrección de equipos con registro galvanométrico
- ifaslo

060250

5ta. tarjeta

Parámetros para generar serie de frecuencias

- frecuencia inicial
- salto del intervalo de frecuencia
- número de frecuencias

FORMAT (2F10.0,I5)

7ma. tarjeta

Parámetros para generar corrección debida a efecto de los equipos

al Caso de registro galvanométrico

- T_a
- T_g
- D_a
- D_v
- D^{2}
- Amplificación eléctrica

FORMAT (5F10.0)

Nota: Para el caso de registros con placilla aún no se han desarrollado las expresiones analíticas correspondientes. Mientras no se tengan se debe usar el programa para corrección cero.

8va. tarjeta

- Factor de escala en el tiempo (número de segundos en la unidad de tiempo empleada).
- Factor de amplificación usado en el sismo. (inverso del número de veces que se ha ampliado el registro.
- número de puntos del sismo 3
- Tipo de registro

a) desplazamiento - DESP
b) velocidad - VELO
c) aceleración - ACEL

FORMAT (2F10.0,I1,I1,A4)

9na. tarjeta (juego de 3 tarjetas)

- Título de los datos
- tiempo
- aceleración

FORMAT (9A, 2F10.0)

Nota: Se dejan las 3X por si se desea generar las [illegible]

[illegible] datos.

J0036

4./

Forma de trabajar

a) El primer juego de datos debe obligatoriamente incluir generación de serie de frecuencias y la corrección instrumental, por consiguiente - debe obligatoriamente llevar las dos primeras tarjetas.

1ra. [illegible] negativo, cifrado

2da. factor de serie de frecuencias

En caso de registro galvanométrico debe llevar la 3ra. tarjeta con los parámetros del canal galvanométrico, en caso de registro con plumilla, NSUB se pone 0 y no obvia la 3ra. tarjeta.

Las tarjetas 4ta. y 5ta. (grupo) son obligatorias.

El segundo juego de datos puede obviar una de los procesos (generación de serie de frecuencias y corrección instrumental), a saber:

Si se obvia la generación de serie de frecuencias se pone:

1ra. 0, cifrado
2da. se obvia

y a continuación como el caso anterior si se obvian ambos procesos se pone:

1ra. [illegible] positivo, cifrado
2da., 3ra. se obvian

y a continuación como el caso anterior.

Esto permite ahorro de tiempo y a la vez calcular diferentes variantes.

000262

1-5-1-14 Structure statistique

Nous parlerons ensuite de la "sensibilité" de ce paramètre, selon la façon dont un corps de petites origines de paramètres y des paramètres de les différents magnétos électroniques y du corps macroscopique de cette une de — vitesse. Emploi un réseau différent de ceux traditionnels, calculs atomiques les probabilités de ne excéder un valeur-limite du paramètre pour le cas de calculs la "sensibilité".

PROBLÈME

a) Aperçus généraux

La sensibilité S_{α} (fonctionnelle de corrélation de variables pour un certain un paramètre définie dans un valeur-type) se définit comme

$$S_{\alpha} = \iiint \Psi(M_{\alpha}) \, dx_{\alpha} dy_{\alpha} dz \qquad (1)$$

et période de convergence de sensibilité son valeur ρ_{α} est

$$T_{\alpha} = \frac{1}{S_{\alpha}} \qquad (2)$$

Si un système une relation de sensibilité selon le paramètre α avec une profondeur Π_{α} à h_{α}, pour le paramètre α on aura cette limite en fonction de Δx_{α} la période T se trouve par

$$S_{\alpha} = \frac{1}{T} \int \Psi(M_{\alpha}) \, dx_{\alpha} dz_{\alpha} \qquad (3)$$

Par autre part, la "sensibilité" est liée à la corrélation fonctionnelle, et selon on peut considérer comme celle à de corrélation statistique. Cet intervalle entre deux valeurs [illegible] pour lequel on considère une sensibilité son valeur du paramètre α.

Il sera de même en ligne de compte en Polarisation. Il intervalle entre deux fonctions se trouve pour vérifier à la formule,

$$P_{n,\alpha,\beta} = e^{-\frac{1}{T_{\alpha}}} \qquad (4)$$

Il faut [illegible] pour le calcul

Il faut [illegible] pour le calcul à la même durée et trouve cette date la sensibilité. Les dimensions de la grande valeur [illegible]

000253

2./

Cualquiera de las cuadrículas contiene, o no, algún punto de coincidencia. Si lo contiene se denomina cuadrícula de coincidencia ciega. Para cada una de las seis posibles parejas de parámetros se contabilizan las cuadrículas de coincidencia ciega, y los números b,k, y t de la ecuación de parejas anteriormente indicada para el parámetro p_i así como la dirección en que se halla dicha cuadrícula.

A cada una de las cuadrículas se le asigna un factor de discriminación espacial que depende del % de su área que está ocupada por una zona de posible origen de barrancos.

Se recomienda utilizar 4 subcuadrículas (hasta 256, 512x512 y 1024x1024).

En la práctica cada cuadrícula o subcuadrícula ciega será en 4 subareas. En esta forma, la información podrá ser:

- una lista de áreas de posible origen de barrancos con sus parámetros.
- una matriz que indique la pertenencia o no a dichas áreas de cada punto de la imagen (1 = pertenencia, 0 = no pertenencia).

RECONOCIMIENTO Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS DEL BARRANCO

El programa está compuesto del programa principal y 11 subrutinas. De ellas, 6 corresponden a la determinación de los valores iniciales del parámetro (que en este caso son 6) y la distancia a cero al horizonte en los 8 posibles puntos cardinales (NORTE, NORDESTE, ESTE, SUDESTE, SUR, SUDOESTE, OESTE, NOROESTE). Estas subrutinas a distintos tipos de parámetros ($C, x_0, z_0, \alpha_x, \alpha_z, \beta$ α_x, α_z) y 4 distintos tipos de variación de "zonas permisibles" (no existe por este término, campo de búsqueda o de indeterminación de cualquiera de los parámetros). El programa permite la inclusión en otras zonas de restricciones en zonas de difícil acceso con especial de memoria.

000254

Las 2 variantes de parámetros a que hemos considerado en el programa son:

a) Parámetros relacionados con la volatilidad de forma lineal.

$$l_0 \propto -\alpha \gamma + \beta \qquad (5)$$

b) Parámetros cuyo campo parametrico responde de forma general a

$$l_0 \propto \beta \gamma + \alpha l_0 \gamma - \beta \gamma + \delta - \qquad (6)$$

El modelo de regresión se procesa a través de las subrutinas DET ICO, MATRIX QUERY, MATFIT y MATPRO. Se supone que el modelo hallado para los interesados es válido para cualquier otro parámetro α. Las frecuencias acumulativas se calculan a través de la subrutina FRACUM, mientras que los estimados probabilísticos con el modelo Poissoniano se realizan a través de la subrutina POIS. Se debe señalar que la estructura del programa permite añadir otros modelos estadísticos o cambiar este último. Sólo limitantes la capacidad de memoria disponible y el diseño de papel a la salida. La subrutina MATA se encarga de la codificación de la matriz de las variables de resultados, con símbolos asignados a diferentes intervalos.

El principio de trabajo es el siguiente:

- Una vez leídos e impresos los datos iniciales se entra en el cálculo de variación del parámetro α (determinado por los 5 subrutinas mencionadas al inicio) se fija el punto para el cálculo de la matriz resultante.

- A partir de ese punto se hacen el cómputo según la función de la distancia máxima Δ que se determina para cada uno de los α en el punto.

- Cuando se encuentra una zona de mayor valor (ver) calcula el valor de Δ a partir del cual se pasa al cálculo α

Todo lo anterior sólo es válido para procesos. En primer lugar se realiza un cálculo de equilibrio, si los resultados se pasan al sistema con centro

006255

en la matriz **DF** y los N_{ctrl} valores de la dirección del vector de los intervalos (y sus respectivas cotas (coordenadas **PROBEL**).

- Calcula la dimensión volumétrica Δ y mediante la subrutina **ELIMAS** se calcula el periodo μ de la ciclo que pasa por el pto.

- Calcula la dimensión hipsométrica efectiva, ya sea a través del periodo μ_z al pendiente μ_p o al radio medio $\bar{r}$ (en este último caso se usa la subrutina **CIRCLE** indicando una de las subrutinas **RADIAL** o **RADIUS** en la cual N_{ctrl} (corresponde del ciclo de parámetro α).

- En caso de ser N_{ctrl} ó más valores (de la matriz **DF**) se calcula $H^*(N_{ctrl})$. Finalmente se realiza la normalización por línea para que la sumatoria de los $H^*(N_{ctrl})$ de directamente el valor h_{ctrl}.

- Al final de ese ciclo se guarda en la matriz Z_{ctrl}. Una vez completada la misma se imprime, y mediante la subrutina **MAPA** se grafica.

- Mediante la subrutina **PROB** se calculan los valores probabilísticos a partir de la matriz Z_{ctrl} (se imprime).

- El programa finaliza al finalizar el ciclo en α.

LIMITACIONES

- Sólo puede ser obtenido de valores de cotas **DF**, aunque en el mismo estos cotas pueden tener diferentes profundidades. Lo que no se permite es que haya en cotas para cantidad 2 cotas **DF** a diferentes profundidades.

- La capacidad actual del programa acepta 100 k. Esto permite calcular la capacidad real de un área de **[illegible]** cuadrículas elementales con un área de **[illegible]** cuadrículas elementales. En caso de necesitar de una mayor capacidad se deben realizar los arreglos correspondientes.

- El (10,110) será en un **DIMENSION** en el programa principal y las variables **DATA** y **DATZ**

para (80,80) sólo en el original (el valor [illegible] una dimensión

...ión para el cálculo de la capacidad de ... se parte, al se desea
...conocer el área para el cálculo de la ...ad o variar el tiempo de
...os valores antes ...ados ...mentos. Debe tenerse presente que
el ...po de unas 100 horas ... mayor que la que se ...
...ea variar la ...idad ...

— Con estos ... ...ión ... ...ando los ... ...
...ciones 1a), 1b)... de ... ...
... ...
... ...

1a) Parámetros que se calculan ... ...

- ... ...
- ... ...
- ... ...
- ... ...
- ... ...
- ... ...
- ... ...
- ... ...

... ...
... ...
... ...

$$\lg x = 0.30\ I - 0.15 \quad (7)$$

$$\lg d = 0.30\ I - 0.01 \quad (8)$$

$$\lg Y_v = 0.65\ I - 1.10 \quad (9)$$

$$\lg Y_h = 0.65\ I - 0.9 \quad (10)$$

$$\lg v = 0.5\ I - 1.3 \quad (11)$$

$$\lg h = 0.39\ I - 0.7 \quad (12)$$

J00257

[illegible] ... [illegible] ... [illegible]

[illegible] ... [illegible] ... [illegible]

[illegible] ... [illegible] ... [illegible]

MODO DE INTERPRETACION DE LOS FACTORES DE MODULACION

- Los coeficientes en g y h de cada zona PUV se calculan sin consideración especial.

- Se calcula el número de coeficientes diferentes que tiene cada zona PUV considerando los porcentajes anteriormente de 5 en cinco.

- El factor de modulación será el tercero de este número para la coordenada completa, o el promedio de éste por la fracción correspondiente a cada categoría (para el caso considerado serán 0.25, 0.5 y 0.75).

DATOS DE ENTRADA

1er. Registro

- Tipo de problema

- Indicador de uso de subrutina MAGNET, si no existe non BLANCO. Si es igual a UNO non BLANCO.

- Indicador de paso a otro problema con los mismos datos. Salvo la lectura y procesamiento previo de los datos si es igual UNO. Si no existe algún el tanto normal.

- Título

FORMAT (A3,1X,A3,1X,A3,2X,15A4)

2do. Registro

- Número de Subregiones de Control (NSAR)

- Mes Inicial (MESI)

- Número de meses PUV (NMES)

```
C
C
C
```

- [illegible]
- [illegible] (Kcal.)
- [illegible]
- Incidencia inicial (rad.)
- Incidencia final (rad.)
- [illegible] intervalo de incidencia $d = \Delta i_1 (\Delta i_n)$
- Δi [illegible]
- [illegible] (m.s.n.)

[illegible] Las ecuaciones dadas son las [illegible] cinco correspondientes [illegible] que se [illegible] las relaciones [illegible] $\frac{P_{ab} - P_{ac}}{P_{ab} \Delta T}$ [illegible] $\frac{P_{ab} - P_{ac}}{P_{ab} \Delta T}$

[illegible] (kgrs. de [illegible] m/s)

Procedimiento de [illegible] valores [illegible]

- magnitud [illegible]
- α $\int$ [illegible]
- γ $\int$ [illegible]
- [illegible]
- Siendo dados la dirección [illegible] de [illegible] de los [illegible] y la [illegible] β [illegible]
- [illegible] un [illegible] de [illegible]
- [illegible] por [illegible] para [illegible] [illegible]
- [illegible] a calcular la [illegible] [illegible] [illegible] $\begin{cases} a - \text{a través de la} \\ \text{[illegible]} \\ b - \text{a través de} \\ \text{[illegible]} \\ c - \text{[illegible]} \end{cases}$

[illegible] (cr [illegible])

[illegible] [illegible] (grupo de [illegible])

- [illegible] [illegible] la [illegible] [illegible] β''

[illegible] (cr.)

a) Datos iniciales

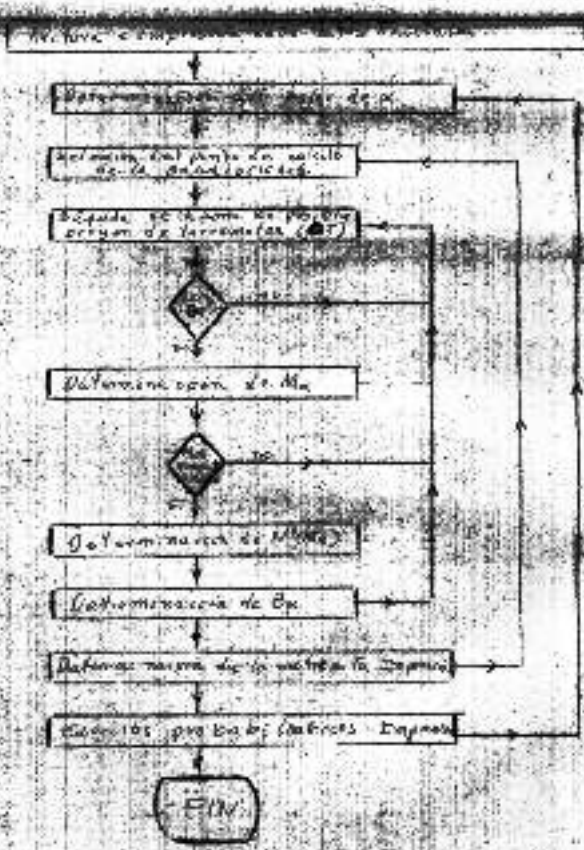
- [illegible]
- [illegible] y sus parámetros
- [illegible] de los coeficientes [illegible]
- [illegible]
- [illegible] utilizar del parámetro y sus

b) [illegible] para cada valor del parámetro y N

- [illegible] en la región en que la solución es [illegible]
- [illegible] los valores del parámetro [illegible] (especificar)
- [illegible] de esta región en diferentes [illegible] (50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 y 10000) y [illegible] 10000 veces. [illegible]

c) Estimador [illegible] [illegible] para cada valor del parámetro (especificar)

- [illegible]
- [illegible] que [illegible] en [illegible]
- [illegible] de los [illegible] [illegible] de [illegible] [illegible] el valor de [illegible] de valores [illegible] para cada uno de los parámetros en estudio (50, 100, 200, 500, 1000, 2000) para [illegible] las matrices [illegible] [illegible] la simulación.



Esquema en bloques correspondiente

000263

[illegible] los parámetros a y b en la gráfica logarítmica de conservación y en la segunda [illegible] los valores del gráfico anterior y la gráfica [illegible]

Resulta

Con la [illegible] encontrada en la Etapa 4

$$\log \eta(m) = a - b\,(m - m_0) \qquad M_{min} \le m \le M_{max}$$

$$\eta(m) = 10^{\,a - b(m - m_0)}$$

$$\eta(m) = \delta \qquad M \le M_{min}$$

donde $\eta(m)$ es el número de terremotos en el intervalo $m \pm \Delta m/2$ correlacionado en clases y magnitud.

El número de terremotos en el intervalo $(M_i - \Delta M_i/2 \,,\, M_i + \Delta M_i/2)$,

$$N_i^*(M_i) = \int_{M_i - \Delta M_i/2}^{M_i + \Delta M_i/2} \eta(m)\,dm = \frac{10^{a + b(m - m_0)}}{b \ln 10} \Big]_{M_i - \Delta M_i/2}^{M_i + \Delta M_i/2} = \frac{10^{a + b(M_i - m_0)}}{b \ln 10} \left[10^{\,b\Delta M_i/2} - 10^{-b\Delta M_i/2}\right]$$

se puede simplificar en [illegible] ΔM_i variables

$$N_i^*(M_i, \Delta M_i) = \alpha\, \Delta M_i \qquad (1)$$

El gráfico anterior [illegible] $N_i^*(M_i)/\Delta M_i$ [illegible] los valores [illegible] para todos los ΔM_i iguales [illegible] existe necesario dividir por ΔM_i. Al entregar la forma siguiente [illegible]

$$N_i^*(M_i)/\Delta M_i = 10^{\,a - b(M_i - m_0)} \qquad (2)$$

El gráfico semilogarítmico [illegible] se construye sobre la base [illegible] número total de terremotos en todos M_{min} hasta M_{max}

$$N_i^*(m_i) = \sum_{j \ge i} n_j^*(M_j) = \sum_{j \ge i} \int_{M_j - \Delta M_j/2}^{M_j + \Delta M_j/2} \eta(m)\,dM$$

$$\bar{N}_c \cdot dM_c \qquad (7)$$

Esta fórmula, en donde $\bar{N}_c$ representa la función que nos da el número de galaxias por unidad de volumen en el intervalo de magnitudes dM_c que se desea determinar, es la relación en que nos apoyaremos a fin de...

En efecto, una vez hallada la función de densidad que el gráfico experimental nos da relativo, se puede averiguar con cualquier [illegible] cuántas galaxias hay [illegible].

$$\int_{M_1}^{M_2} \bar{N}_c(M_c) = \sum \cdot \delta(M_c - M_0) \qquad (8)$$

ESTRUCTURA Y PRINCIPIO DE CÁLCULO DEL PROGRAMA

El programa consta de un programa principal encargado de la lectura de...

Se [illegible]

- Lee el valor de [illegible] y escribe el valor $(\bar{N}_c, M_c, \delta M_c, \delta(M_c))$
- Lee el valor de [illegible] y escribe el valor $(\delta, \bar{N}_c(M_c)/\delta M_c, M_c)$.

...ma [illegible] ...ndo [illegible] considerando que $\bar{N}(\delta, \delta M)$ vendrá [illegible] ...ción [illegible] ...ndrado).

- ...ando el valor de b hallado procura el valor $\left[\left(\delta, \bar{N}_c(M_c)/\delta M_c\right)/\bar{N}(\delta, \delta M_c), M_c\right]$ y calcula sucesivamente los valores de a y b hallados.
- [illegible] ...ativos $M_{corte}, \delta M_{corte}, \delta M_c, M_{corte}$ y en intervalo α
- ...ula las frecuencias acumulativas $N^*(M_c)$ de (7). (corrección parcial).
- En caso de [illegible] ...ados por [illegible] ...ponderan al conjunto de valores $\left[\bar{N}_c(M_c)/\delta M_c, M_c, \delta M_c\right]$ [illegible] ...

000265

...Δ11 ...ción y ...ra la primera parte del programa se hizo una subrutina...ación de los datos.

- Cálculo de diagonales mayor y menor(Ecuaciones de ...ra cruz (subrutina A7SUB).

- Revisión de perímetro = 2 R SS (s) por diferencias finitas (subr. EDIF) y de diagonales mayor y menor(subr. DIAMA).

- Cálculo ... (Ecuaciones, ...ángulos, distancias de ...ción, diagonales).

DATOS DE ENTRADA:

1ra. Tarjeta

- número de puntos del gráfico N

- valor Wo de las ...

- título

(8A10,F10.5,I10)

Resto. (tarjetas con igual formato)

- valor ...

- valor ...

- valor ...

(5F10.5)

- ...

- ...

- ...

- ...

- ...

(3F10.5,I5)

[illegible] Variete (at A>0) a [illegible] de 6 torsades con

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]

[illegible] de variete [illegible] de torsades avec au moins [illegible]
en [illegible] par A.

Este programa permite calcular la distancia elíptica en cualquier elipsoide, en las seis dimensiones llamadas Clarke 1866, Clarke 1880, Everest, Bessel, Hayford y Krassovsky. Las distancias se calculan entre dos puntos cualesquiera dados en latitud y longitud. La latitud Norte se simboliza por N y la Sur por S. La longitud Este se simboliza por E y la Oeste por W.

Método

La elipse se representa a través de una ecuación paramétrica de la forma:

$$\Delta = \theta_0 \left| \frac{\operatorname{sen}^2\phi}{a^2} + \frac{\cos^2\phi}{b^2} \right| \qquad (1)$$

donde: a = semieje mayor
b = semieje menor
$\Delta(\phi,\theta)$ = coordenadas polares de un punto en la elipse

y θ es un parámetro angular que se define como:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\cos\phi\right) \qquad (2)$$

La ecuación de primer orden más general en la que se basa el procedimiento es:

$$z = f(x,y) = ax + by + c \qquad (3)$$

donde: $f(x,y)$ = una función o dependencia para cada región
z = distancia (incógnita)

Para hallar a, b y c que son las variables de la ecuación anterior del tipo Monge-Clarke se tiene:

$$z = ax + by + c \qquad (4)$$

Dado un conjunto de puntos (x,y,z), se puede generalizar el caso en que la fórmula (3) no pueda pasar por todos, sino, las alturas determinadas por (4) se interpretan como los valores esperados en cada (x,y) de una distribución, que puede considerarse normal alrededor de cada (x,y) hallado.

De tal forma, para el cálculo de la distancia elíptica:

$$\Delta = \sqrt{d^2 + h^2} \qquad (5)$$

000268

...ción en que se produ-
...ce la interpolación, Δ es el paso de discretización y tanto Δ_{x_0}, Δ como Δ_{y_0} = Δ = 0.5 = $\frac{1}{2}$ = 0.5 = 0.5 = 0.5

- Número de valores de registro

```
PRMAR2 (PRMAR, 3);
```

Ejemplo

- Valores de registro

Ejemplo

- Valores de a,b,c en [-4,4]

Ejemplo

- Valores de registros PRMAR2 [1,3,4]

Ejemplo

- Escala (valor a la derecha en [cm]) Por ejemplo la 50 CDO es 4cm

```
50000;
```

- Pipe

```
Pipe *fp1 = popen("gnuplot -persist", "w");
    fprintf(fp1, "set xrange [-4:4]\n");
    fprintf(fp1, "set yrange [-4:4]\n");
    fprintf(fp1, "set zrange [-4:4]\n");
    fprintf(fp1, "splot '-' with points\n");
```

```
PRMAR2 (PRMAR.C)
```

306270

Tabla 7 [illegible] de los años 7 de los [illegible]

7.1 Introducción

En 1975, [illegible], en un análisis de las circunstancias de la [illegible] en Río Carpintero (R.C.), notó la ausencia de diferencias en [illegible] de las temperaturas promedio de diferentes [illegible] en la región circumpolar (Fenton, I.., 1975). Con este [illegible] que [illegible] de la región se [illegible] diferentes [illegible] de las [illegible] de las regiones de [illegible].

[illegible] de [illegible], según la [illegible] determinó [illegible] diferencias entre [illegible] por el [illegible] de las [illegible] P de las [illegible] árticas. [illegible] de [illegible] fría a [illegible] evaluadas por [illegible], entre las que se pueden [illegible] las siguientes: Hirogawa (1962), Khaikurt y [illegible] (1967); [illegible] (1977), Ohm (1956), Stevens y [illegible] (1960), [illegible] (1964).

7.2 Variables y datos

La [illegible] en el [illegible], se [illegible] diferencias [illegible] en la región de Santiago de C[illegible].

En la Fig. 7.1 se [illegible] el mes de septiembre [illegible] para el [illegible].

En este trabajo sólo se [illegible] 7 de las 6 [illegible] por Epstein (1973). Esto se debió a problemas de calidad de los registros, teniendo en cuenta el tamaño de la [illegible] que se [illegible] en los [illegible]. Estas [illegible] son:

Tabla 1
Latitud 1[illegible] - 15[illegible]
Longitud [illegible] - [illegible]

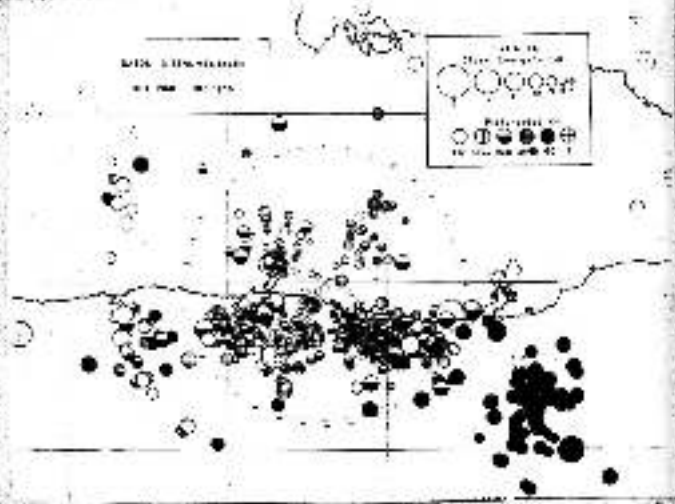


Figura 1 -- Mapa de epicentros determinados por Bell en el período 1906-1973

000272

[illegible]

[illegible] para [illegible] [illegible] [illegible]

No.	Hora	Hora de Ocurrencia	M	Lat. S	Long. O	Prof.	Fuente
1	14.07.6	21.51.36	8.0	19°31'	75°38'	69	2
2	11.07.7	11.16.40	7.8	19°39'	75°37'	33	2
3	15.09.7	18.39.30	10.0	19°42'	75°02'	75	2
4	23.09.7	18.34.47	6.3	19°39'	75°04'	75	1
5	09.10.7	09.09.51	6.9	19°45'	75°02'	61	1
6	09.10.7	01.36.17	9.9	19°43'	75°06'	68	1
7	14.10.7	07.14.15	9.2	19°31'	75°05'	62	1
8	16.10.7	21.18.19	9.6	19°43'	75°03'	61	1
9	22.04.7	05.20.33	9.0	19°33'	75°05'	71	1
10	29.04.7	04.35.46	9.0	19°30'	75°05'	69	1
11	29.04.7	04.45.01	9.4	19°30'	75°07'	76	1
12	08.05.7	03.25.08	7.7	19°33'	75°34'	39	2
13	14.05.7	13.16.21	9.2	19°33'	75°20'	34	2

TABLA 2.1 Parámetros de los terremotos utilizados.

920076

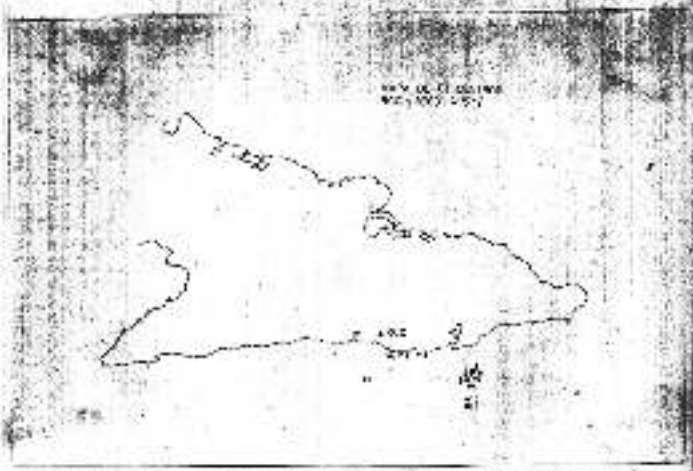


Fig 4.2 Mapeado de las diferentes de Tenerife utilizadas para el cálculo espectral de este apartado

2.3 Resultados y discusión

Los espectros medios resultantes son mostrados en la figura 2.2. Para cada uno de los cuatro espectros medios se muestran los valores puntuales, y en la figura 2.3 aparecen los mismos espectros suavizados por el método de Kaiser [7]. Estos espectros medios presentan una diferencia acusada en la frecuencia de 1.8 kHz, donde la zona 1 posee un pico pronunciado, que en principio podría considerarse como bastante significativo. Sin embargo, la aplicación del criterio de Jenkins a una muestra de 5 terremotos (los de la zona 2 y 3 de la fig. 2.1) para determinar la presencia de ruido blanco, arrojó una comprobación negativa en esa región, entre otras.

Lo anteriormente expresado implica que los resultados obtenidos no tienen un gran significativo. Una forma de paliar esta deficiencia sería analizar mayor número de eventos, correspondientes en intervalos de X, para lo cual necesitaríamos determinaciones más precisas de este parámetro. También resultaría de gran utilidad la ampliación del rango de frecuencias bajo análisis con la utilización de otro tipo de equipamiento.

La imposibilidad práctica de resolver estos problemas con detalle a excepción de un único trabajo [3] que se limitó a estaciones separadas por frecuencias (BRIES) en la estación BOC, la cual permite obtener el tipo de espectro analizado en un rango de frecuencias de 0.25 a 40 hz de forma directa, y los trabajos de determinación del tipo de espectro en zonas epicentrales particulares se simplifican grandemente.

Y00276

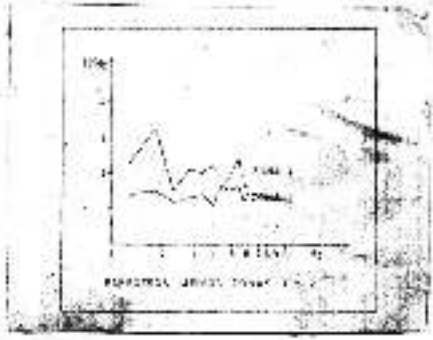


Fig. 2.3 Espectros medios (zonas 1 y 2)

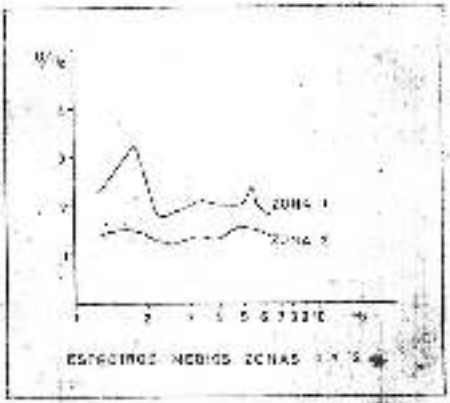


Fig. 2.4 Espectros medios (zonas 1 y 2) ajustados por el método Harmal

300277

3.1 INTRODUCCION

Las particularidades de absorción de los sonidos recibidos son - una de las causas de las diferencias observadas en los parámetros de las ondas elásticas registradas en puntos distribuídos en una - región.

La absorción se explica bien por el "Efecto Elástico" o por la "Viscosidad"; algunos fenómenos que están conectados con procesos irreversibles precedentes son considerados como relacionados - a los procesos elásticos. Estos incluyen la fricción interna (viscosidad) y el efecto Elástico.

1) La desconformidad en la proporción con la absorción utilizando el modelo de efecto Elástico es lineal y con la viscosidad es cuadrática. La atenuación de las ondas elásticas por estos procesos se asume que corresponde al factor $e^{-\alpha x}$ (α- coeficiente - de absorción o atenuación de la amplitud). Gutenberg, B. (1958); Lisnetto, V.G. (1971).

El movimiento de las placas litosféricas es influenciado por - la rigidez y la viscosidad de las capas de la Tierra involucradas en el proceso tectónico, principalmente la corteza y el manto superior.

La viscosidad de una región es difícil de determinar directamente, pero se puede obtener a partir del coeficiente de atenuación α, o del parámetro Q (factor de calidad) $Q = \pi f / K V_p$ (3.1) f- frecuencia, V_p-velocidad de las ondas P.

2) Estos estudios han demostrado que la manga con gran viscosidad poseen diferencias apreciables en distintas partes del mundo; Sacks, I.S. y Healy, J. (1970). La alta viscosidad como un indicador potencialmente importante sobre la composición, estado y temperatura del interior de la Tierra, Solomon, S.C. y Toksöz, M. (1970).

La atenuación de las ondas sísmicas y también el factor Q_α han sido determinados en el Departamento para un rango de frecuencias muy amplio. Por un lado el conocimiento de la atenuación se obtiene sobre la base de sismos en el mismo lugar por la gran heterogeneidad del interior del planeta y los procesos sísmicos que en él se producen.

En la región Peruana se observan zonas sísmicas, PECHCO, E.A., DELACHE, J.A., (1968). Valores de Q_p 300 para un rango de 0.4 40 Hz. En el manto superior se incrementa la atenuación $Q_\beta = 250$.

El valor mínimo de Q observado por este autor se encuentra en la zona de Ica, este valor se debe al resultado de la influencia de una gruesa capa de sedimentos, la astenosfera y la situación de origen. Se concluye que existe una zona idéntica a la capa móvil de velocidad reducida a la profundidad de 60-120 km, "La Periferia".

Una aplicación inmediata en los resultados del estudio del comportamiento de la atenuación es la que sigue T. La constituye la conocida expresión de Trifu (1980) para la obtención de magnitud a una distancia dada, conocido el objetivo de un sismo dado (profundidad focal y el coeficiente de atenuación.

$$A_i(F) = A_0 L(F) \left(\frac{D_i}{D_0}\right) \psi(F) \qquad (3-2)$$

$A_i(F)$ – Amplitud del desplazamiento del suelo en los puntos 0 y 1.

D – Distancia

$\psi(F)$ – Coeficiente de atenuación

3.2 MATERIALES Y METODOS

Para este estudio fueron utilizados los registros de la estación de Río Corrientes (RIO). La misma se encuentra localizada en la latitud 13°59' S y la longitud 75°41' O, a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar y sobre basamento granodiorítico.

000279

En la Estación se observan los características de funcionamiento del tipo vertical Z/EH-3, de las componentes que lo forman desde su instalación en 1982 hasta 1975 y la serie que corresponde al período desde 1975 hasta 78.

Los registros utilizados en este trabajo pertenecen a ambas series de dichas estación.

Los eventos sísmicos fueron seleccionados del Boletín de Datos Sismológicos de IGN, todos con una clase energética E_c (E: Log E - Joules) lo suficientemente elevada para que las ondas fueran registradas en la región ensayada, resultando una más apropiada el valor de E=10.5±0.5 (consideración posible errores en su determinación).

a) Con la selección de Río Carpintero es posible registrar eventos con esta clase energética a una distancia lo suficientemente grande para darle significación a este estudio.

b) Para el cálculo de la clase energética se utilizó el monograma de T.G. Bonilla (1968); además se realizó un análisis de control de la clase energética, así obtenida, empleando los datos de los registros de eventos con la metodología de la propia autora (J.A. Pacheco, Tt. al. (1973), comprobándose que los valores de E se los eventos seleccionados se encuentran en un rango de error de ±0.5. Este último método está afectado de errores de menor magnitud, tal el que consideramos se utilizaría en IGN y fue implantado con posterioridad a la fecha de los eventos lo empleado.

c) Fueron rechazados aquellos registros que no reunieran los requisitos mínimos de calidad para un procesamiento, esto es: clases - llegadas de la fase P, sismograma sin saltos (el proceso de resolución a nivel fondo grid/digo saludo), fondo de microsismos bajo. Los eventos seleccionados se muestran en la tabla II.1.

Las fases P de la componente vertical (z) de los eventos seleccionados fueron ampliadas con la proyector y una amplificación diferente equivalente igual a 10^{n}, siendo n=3.

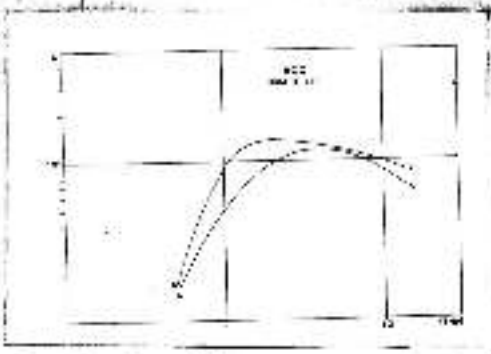


Fig. 1.1 [illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9.0	[illegible]	92
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9.6	[illegible]	98
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9.2	[illegible]	93
4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9.5	[illegible]	94
5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10.2	[illegible]	103
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11*	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12**	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
13***	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
14**	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

* [illegible]
** [illegible]
*** [illegible]
**** [illegible]

Table 2.4 - [illegible]

Para la obtención de los espectros de Fourier se utilizó el algoritmo descrito por J.W. Cooley (1970), con intervalos de cálculo equidistantes, mediante el empleo de ventana Hamming y tiempos de inicio y fin de señal, lo que facilita enormemente el trabajo de cálculo. El programa de cálculo de la transformada de Fourier fue modificado ligeramente por L. Alvarado, con el objeto de incorporar en el mismo la operación de corrección instrumental y otras opciones acordes con la orientación en un mini-computador (programa [illegible]) (5)

Para el cálculo se definió una ventana rectangular de longitud constante en todos los eventos, variando el número de puntos digitales en función de la distancia hipocentral.

Los espectros de Fourier fueron determinados para frecuencias equidistantes, con una resolución igual a 0.1 Hz, en el rango de 0 a 15 Hz; los intervalos de confianza, de los valores espectrales, para un nivel de significación del 95% fueron iguales a 1.2 y 0.80 de acuerdo con la tabla de Bath (1974). Fig[illegible].

Los valores espectrales obtenidos fueron limitados en frecuencia debido a las características de frecuencias del canal electrónico empleado, corrigiéndose los niveles en la frecuencia de 15 Hz, (ver [illegible]) y Fig.3.3).

No se consideró la influencia de los hipocentros en la determinación de los espectros, ya que la relación señal-ruido siempre fue mayor o igual [illegible].

Para el cálculo de la atenuación se siguió la metodología que aparece en los trabajos: K. Aki[illegible] (1969) M. Bath et. al. (1974) y M. Bath, et. al. (1976).

La primera consideración realizada es que la amplitud del espectro de la onda P tiene una dependencia funcional de tipo potencial con la distancia M. Bath (1974).

$$A_i(\varphi, D) = \frac{C}{D^{n}} \qquad (3.3)$$

Tableau 3.2 Valeurs du log exponentiel du maximum, écart-type et moyenne 10^5

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 (KOm)
1	150	149	68	92	62	34	38	49	21	89	45	15	15	50
2	106	57	57	11	12	6.1	8.7	3.0	9.5	3.0	1.9	2.9	2.1	35
3	50	74	68	11	10	10	7.4	1.0	9.0	1.0	2.5	3.0	1.0	50
4	41	19	5.1	2.8	6.3	11	7.0	9.0	1.0	2.9	1.0	3.0	3.0	34
5	87	3	7	3.8	1.7	2.3	1.7	1.9	0.02	0.02	0.02	1.0	0.02	100
6	7	30	7.1	2.5	1.2	2.4	1.4	1.4	0.01	0.07	0.01	0.00	0.01	100
7	87	32	3	3.8	1.9	2.1	1.2	2.3	1.6	2.3	1.2	1.0	0.02	100
8	11	3.1	3.2	0.88	0.30	0.39	0.47	0.33	0.12	0.15	0.03	0.10	0.10	149
9	7.8	8.0	3.0	1.5	0.73	0.52	0.39	0.49	0.32	0.24	0.30	0.10	0.20	150
10	18	5.6	1.4	1.0	1.5	0.89	1.1	0.71	0.64	0.49	0.47	0.35	0.43	153
11	21	7.5	4.7	2.9	1.0	1.1	0.8	1.1	0.52	0.73	0.29	0.32	0.37	153
12	2.1	1.2	0.73	0.39	0.90	0.35	0.29	0.11	0.09	0.09	0.07	0.09	0.09	156
13	1.9	1.1	0.70	0.42	0.31	0.35	0.18	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	256
14	1.8	0.89	0.60	0.47	0.52	0.24	0.13	0.09	0.06	0.11	0.04	0.04	0.04	256
15	2.0	1.1	1.1	0.69	0.33	0.31	0.19	0.14	0.06	0.08	0.09	0.05	0.00	561

000284

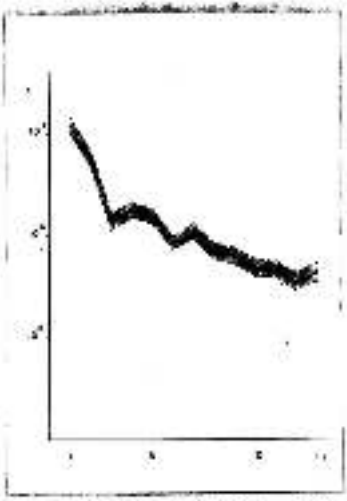


Fig 3.2. Intervalos de confianza para un nivel de significación del 95%



Fig 3.3 Valores de pH [illegible] por las ordenadas — profundidad en [illegible] por las abscisas — profundidad en m

300285

Donde:

A = Amplitud (adimensional)
f = Frecuencia (Hz)
D = Distancia fuente-sujeto (km)
m = Factor de atenuación
C = Constante

Esta expresión para mayor comodidad en los cálculos, puede expresarse:

$$\lg A(f,D) = m \lg D + \lg C \qquad (3.4)$$

Para mejorar el efecto de la dispersión geométrica de la atenuación se utilizó además otra dependencia funcional propuesta:

$$A(f,D) = C \frac{e^{-k(f)D}}{D^n} \qquad (3.5)$$

Donde:

A = Amplitud
f = Frecuencia
D = Distancia hipocentral
K = Coeficiente de atenuación
n = Dispersión geométrica

En este caso consideraremos la dispersión esférica por ello tratamos con ondas P directas, al aplicar la transformada esta expresión quedará:

$$\ln (AD) = \ln C - kD \qquad (3.6)$$

Para todos los sismogramas obtenidos se seleccionaron 11 intervalos de frecuencia con un rango de 1 Hz, desde 1 a 2 Hz y se procedió a promediar las 10 veces de la amplitud dentro de cada intervalo para obtener una curva suave que caracterice la estabilidad en las réplicas posteriores. Para cada valor de frecuencia de todos los eventos se interpolaron los valores de m y k en las ecuaciones (3.4) y (3.6) usando la regresión lineal cuadrática.

Para poder comparar las amplitudes espectrales fueron utilizadas amplitudes proporcionales a la onda incidente, ya que los conos de todos los eventos arribaron con diferente ángulo de emergencia. Para la componente vertical o la to-

tal incidencia K. Ewing, H. Howe, Harvard (1965) se empleó la siguiente expresión M. Data et. al. (1968).

$$\frac{A_T/A_R}{} = \frac{e^{\beta}/(1-3x^2) + (1+2x^2)^{3/2}/e}{3/(1+e^{\beta})^{3/2}}$$

$$x = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \beta = (2+5x^2)^{3/2} \quad e = \text{[illegible]}$$

En los cálculos aplicar sólo las fórmulas de energía aportada, atenuada y parte de las pérdidas en la roca, las demás, por lo que se obtuvo el [illegible] energía real a partir del siguiente:

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon' \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda} \right) \right]^{1/2} \qquad (3-8)$$

ϵ' - Ángulo de energía aparente

$$\epsilon = \epsilon_0^{-1} \left[1 - \frac{\lambda_0}{(R^2_{\lambda} + \lambda_0^2)^{1/2}} \right] \qquad (3-9)$$

λ - Amplitud de la onda en cada componente

[illegible]

Con la metodología descrita anteriormente se obtuvieron los valores del factor y coeficiente de atenuación, para el rango de 1 a 10 Hz, los cuales se muestran en la parte anterior de la tabla [illegible] en las figuras 3-6, donde se observa la variación de estos parámetros con respecto a la frecuencia.

En la tabla [illegible] varían los resultados obtenidos por Jovanovich, Both y Peltier de forma tal que pueden ser comparados con los obtenidos en el presente trabajo. Los valores fueron obtenidos para condiciones geológico-tectónicas diferentes; por ejemplo, Jovanovich y Both realizaron estos estudios efectuados en la península Escandinava, en condiciones de escudo continental observándose que su sensibilidad está afectada por los fenómenos de efecto elástico (no hay disipación) y el de viscosidad (anelasticidad) para valores de η (factor de calidad) alto.

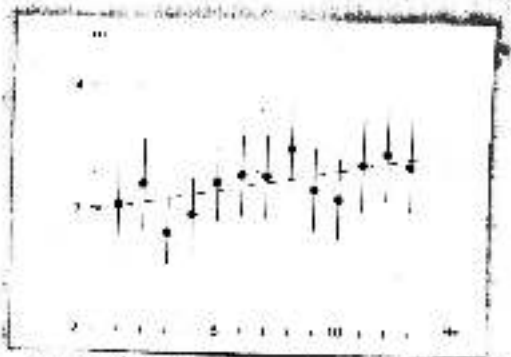


Fig 3-4 Dependencia del factor de atenuación α con respecto a la frecuencia

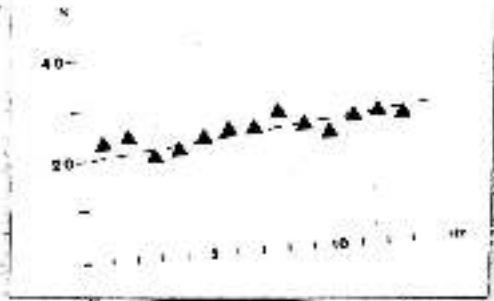


Fig 3-5 Dependencia del coeficiente de atenuación k con respecto a la frecuencia

100258

Traverse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Flèche f (m)	+3.05	+3.22	+0.37	-2.59	-3.80	-3.38	-1.90	-2.56	-3.26	-0.24	+3.80	-1.44	-3.39
x	+1.29	+1.47	+1.37	+1.38	+1.69	+1.79	+1.91	+1.48	+1.69	+2.81	+2.00	+1.70	+2.69
e	2.76	2.80	1.39	2.93	3.62	3.63	2.49	2.94	3.34	2.81	4.28	2.40	4.29
Flèche f (m)	-0.013	-0.028	-0.000	-0.021	-0.031	-0.034	-0.024	-0.027	-0.034	-0.002	-0.035	-0.036	-0.035
x	+0.000	+0.000	+0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	+0.000	-0.000	+0.000	0.000
e	-0.004	-0.390	+0.001	-0.041	-0.032	-0.284	-0.001	-0.016	-0.024	-0.47	-0.226	-0.001	-0.0
Σ	17	31	0	0	65	95	11	118	149	101	170	101	80

Figure 3.1 : Fermeture de la traverse

100289

a (Gpa)	$(L_{RRSS})^{*}$ P_R	$(L_{RT-T})^{**}$ σ_R	P_R	σ_R	C_R	$\%_R$
0.0-1.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1.0-1.5	[illegible]	0.97	[illegible]	[illegible]	370	1050
1.5-2.0	[illegible]	1.00	[illegible]	[illegible]	360	1050
2.0-2.5	[illegible]	1.02	[illegible]	[illegible]	300	1011

* Note: Interval midpoint values P_R & Peak σ_R.

(MPa/mm)

$\Delta(P_R)$	q_P (5-75)	q_P (25-95)R(mx)	q_R (5-75)	q_R (25-95)
1.25	155	125	130	86
1.50	150	148	135	127
1.50	189	168	190	106
2.00	234	216	227	213
2.50	291	270	270	242

* L_{RRSS} = Cycles/ pre. value P_R

** L_{RT-T} = Cycles/ pre. value σ_R

Table 8.4 Cycles (mean) P_R & σ_R (P_{max} to P_{min})

En los resultados de Maxtor los valores de Q son cercanos y sólo se observa una dependencia lineal entre la atenuación y la frecuencia, no observándose el efecto de la viscosidad del medio en los resultados por el expuesto en el trabajo. El -- realizó su estudio en la región de Coachella, zona donde se produce levantamiento de la corteza terrestre y los eventos sísmicos están localizados en la zona de Benioff.

Nuestros resultados muestran el carácter lineal de la dependencia entre la atenuación y la frecuencia.

Se debe recordar que la corteza terrestre de la parte occidental del país es caracterizada por un proceso orogeny-tipo -- andesítico calcialcalino, la subducción está más próxima a la superficie terrestre y los eventos sísmicos están asociados al sistema disyuntivo Garlock.-Guardia una correlación predominante de tipo de corrimiento por el norte sinistrorso, que forma parte de las movimientos diferenciales entre las placas del Caribe y Norte América-Atlántico, pudiéndose presentar un fenómeno de guía de onda.

Estas características difieren mucho de las anteriormente descritas de los trabajos: Path-Lgrams y Maxtor, pero se complementan y permiten comparaciones que aclaran algo las condiciones y composición del medio en nuestra área.

También, como nota curiosa, queremos destacar que se han reportado eventos sísmicos que realizados precisamente asemejan a aquellos asociados a actividad de tipo magmático. [V.G. Lomnitz (comunicación personal)].

Como se observa, están reunidas todas las características o condiciones de un sitio de bajo riesgo sísmico, aunque por supuesto se evaluó en la dispersión de la velocidad en este rango de - frecuencias, no es posible descartar un sitio riesgoso.

En nuestros resultados se observa una componente elástica en la variación de n y de a en función de la frecuencia, lo ano-

100391

no puede ser atribuido el efecto en frecuencia de la curvatura terrestre que crea un mínimo indeseable en la componente vertical del campo de radiación, que se propaga a lo largo de la superficie del planeta. Este fenómeno se fue observado en los trabajos de Roth-Schmaus, que utilizan estas diferencias existentes y confirman los resultados teóricos que en nuestro caso, más de un 20% por otra parte al juego de frecuencias utilizado por ellos, en más próximo que el del presente trabajo.

En los resultados de Pedotov no se observa esta característica, debido a utilizar una excitación selectora por frecuencia, con la cual se obtienen espectros suavizados que pueden perder estas variaciones bruscas.

Consideramos estos resultados válidos y que aportan información valiosa conocimientos no reportados anteriormente para condiciones similares. También contribuyen al conocimiento de los procesos que ocurren en esta importante región del planeta.

La profundización de estudios de este tipo con la utilización de la red de estaciones disponibles de la serie original contribuirá grandemente a los fines de la estimación de la capacidad directa de predicción en el futuro.

000203

Tarea 4 DETERMINACION DE LA ESTRUCTURA DE LA CORTEZA BAJO LA ESTACION RIO GUANTANAMO EL ESTUDIO DE LA FUNCION DE CRISTOCORRELACION DE LAS ONDAS P.

El método de los cocientes de los espectros de amplitud de las ondas longitudinales P se emplea para conocer el espesor bajo un punto de un medio geológico y toma en consideración el hecho de que la respuesta del medio es una función de sus parámetros físicos.

Comparando las respuestas teóricas de modelos con la experimental se obtiene, por ajuste, el modelo del medio geológico; desde luego es necesario tener un conocimiento aunque sea pequeño de los parámetros físicos del medio para reducir el número de modelos a comparar.

Este proceso se asemeja al que se realiza para la dispersión de las ondas superficiales.

La comparación se puede hacer en primera instancia con curvas patrones generales (Fernández 1967) para limitar el número de modelos posibles y posteriormente obtener las curvas teóricas más específicas por medio de un programa de cálculo basado en la notación matricial de Thomson-Haskell.

La falta de un modelo de corteza apropiado impide la utilización correcta de la información que puede brindar una estación sismológica, tal es el caso de la Estación de Río Carpintero - Santiago de Cuba; la región donde esta ubicada ha sido poco estudiada con métodos geofísicos que aporten información de la estructura de la corteza terrestre, por ello se ha utilizado datos obtenidos para zonas lo mas cercano posible fundamentalmente datos sísmicos del método "TIERRA" y el método de Refracción.

000296

4.2 MATERIALES Y METODOS

Para la obtención de los espectros de amplitud fueron utilizados los registros de período medio de la Estación Sismológica de Río Carpintero (RCC), cuyos parámetros y la forma de las características de frecuencias se reproducen en la Tabla 4.1 y la Figura 4.1, (Serrano, M (1981).

Para la selección de los terremotos a analizar se consideraron aquellos lo suficientemente lejanos para obtener un paquete de ondas P no contaminadas por fases vecinas con una duración que permitiera la obtención de espectros de buena resolución; además que las magnitudes de los mismos fueran tales que su registro fuera claro.

Finalmente fueron seleccionados 2 cuyos parámetros fundamentales se muestran en la Tabla 4.2 junto con las coordenadas de la Estación RCC.

El intervalo de digitalización fue escogido de forma tal que no se introdujera el efecto de "solapamiento" en el espectro a obtener lo que se logra con un intervalo de 0,8 segundos. No fue necesario realizar la corrección instrumental debido a la similitud entre las características de frecuencias de las 3 componentes empleadas (Phinney, R.A (1964); Fernández, L.M. 1967, 1968; Leong, L.D. 1975, 1977; Rosun, V.M. 1971; Cerveny et al, 1977).

Para el cálculo de los espectros se utilizó la transformada rápida de Fourier con un posterior suavizamiento con la ventana espectral de Hamming-Tukey (Bath, M 1976). Los límites de confianza para los valores del espectro de amplitud son de 0.9 y 1.12 para un nivel de probabilidad del 95%.

Fue preparado un programa de cálculo de los modelos teóricos, basado en la forma matricial de las ecuaciones de ondas elásticas pro-

000294

TABLA 4.1

E	T_g	λ	T_c	D	$\bar{T}$
4	20.0	1.50	0.48	7.7	0.058	1000
5-8	20.0	1.50	0.49	7.7	0.059	1000
5-7	20.0	1.50	0.47	7.5	0.056	1000

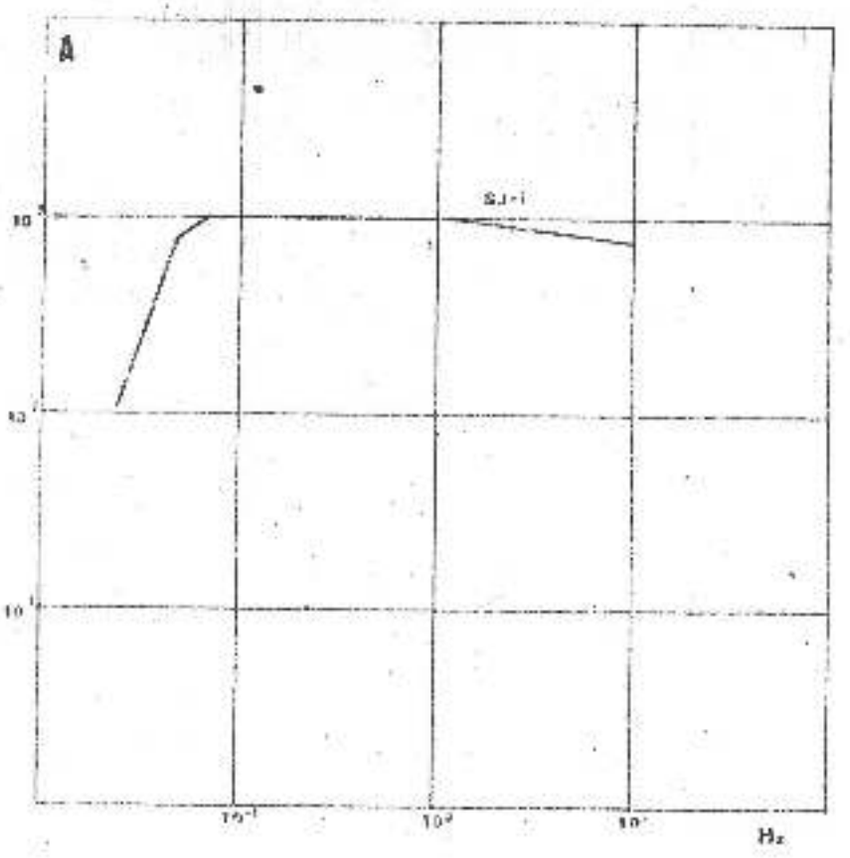
TABLA 4.1 PARAMETROS DE LOS EQUIPOS DE LA ESTACION RSC

TABLA 4.2

LUGAR	LATITUD	LONGITUD	h (Km)	OBSERVACIONES
Chile	22.9° S	68.4° O	-0.05	M_s = 6.4 Δ^o = 46.0° e = 30° t_o = $10^h42^m29.9^s$ 2.1.1974
Alaska	56.82° N	135.60° O	- 25	M_s = 6.5 Δ^o = 51.5° e = 35° t_o = $21^h45^m4.1^s$ 30.7.1972
RSC	20.0° N	75.7° O	0.1	Basamento Granodiorita

TABLA 4.2 PARAMETROS DE LOS TERREMOTOS UTILIZADOS

100295



A). Caracteristica de frecuencias del complejo SJ-1 de periodos medios.

100296

propónese en un medio estratificado y un semiespacio infinito (Muellen, Lees, 1963 ; Saito, M., 1968). El esquema en bloque del programa "Transferencia" se muestra en la Fig.4.2; con esto se obtiene la función de transferencia teórica $|P(f)|_t$.

Para la obtención de la función de transferencia observada se procedió a hallar el cociente de la componente (espectro de amplitud) vertical entre la resultante horizontal.

$$|R(f)|_o = |Z(f)| / |H(f)| \qquad (4.1)$$

$$|H(f)| = \left(|X(f)|^2 + |Y(f)|^2 \right)^{1/2} \qquad (4.2)$$

Donde X, Y corresponden a las componentes este-oeste y norte-sur respectivamente.

La determinación del modelo se basa en los valores de las velocidades de las ondas de volumen, las densidades y potencias de cada capa y el ángulo de incidencia de las ondas P en la base del mismo; estos datos fueron obtenidos de otras fuentes (Sherrakova et al, 1977; Ewing, et al. (1957, 1960., Judoley 1971 ; Ipatenko, 1971) y resumidos con la obtención de un modelo para NCG por (Rubio, M, 1978). El ángulo de incidencia se calculó para cada terremoto, para el ajuste de las curvas no se empleó ningún algoritmo matemático sino que se realizó por simple inspección, siguiendo un procedimiento similar al empleado con las ondas superficiales.

000297

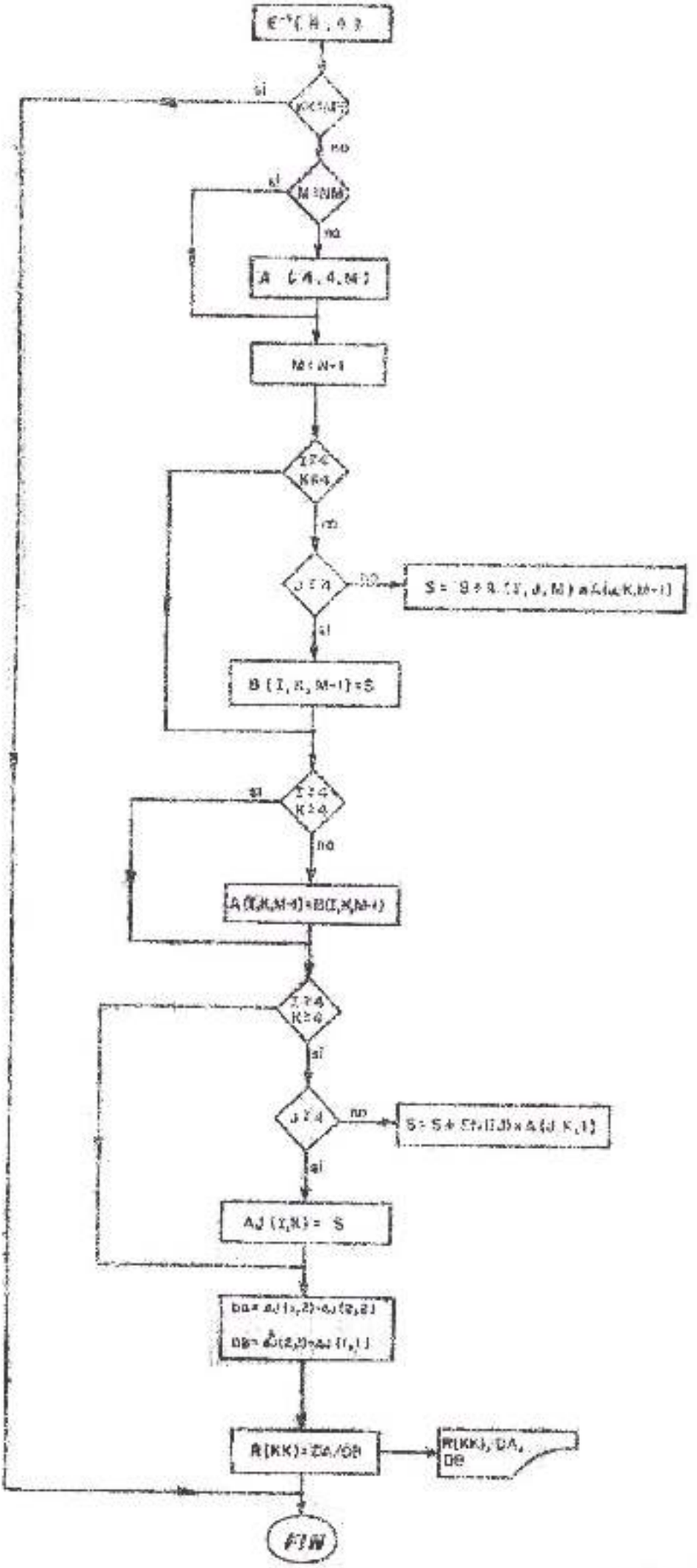


Fig. 6

000295

4.3 RESULTADOS Y DISCUSION

Partiendo del modelo obtenido por (Rubio,A,1978) se procedió a comparar las diferencias en la respuesta teórica del modelo mencionado (B) y uno más simple (A) con los parametros promediados del primero. Los resultados se observan en la Fig.43 donde se muestran en la parte superior los parametros de los modelos A y B antes mencionados y en la inferior la función de transferencia teórica correspondiente. La respuesta de ambos modelos es muy similar y se observan variaciones en las amplitudes de los picos y algún corrimiento en frecuencia.

Se puede señalar que la influencia de una capa más al modelo produce un ligero corrimiento del pico de frecuencias más altas dentro del rango y su amplitud aumenta también en comparación con el pico correspondiente del modelo A.

En la figura 44 se observa el efecto del cambio del angulo de incidencia sobre la respuesta. Este actúa notablemente en la amplitud y la frecuencia, en el caso de la última se produce un corrimiento total hacia las altas frecuencias de los 3 picos mientras la amplitud tiene el comportamiento más señalado

Utilizando los elementos antes mencionados como premisa para la comparación de nuestros resultados experimentales con los teoricos se fue calculando una serie de modelos teóricos comparativos y los más significativos por su semejanza con los experimentales se muestran en las Fig.45 y46 donde nos detendremos un poco en su análisis La Fig.45 corresponde al terremoto de Alaska, y la 46 al de Chile.

000299

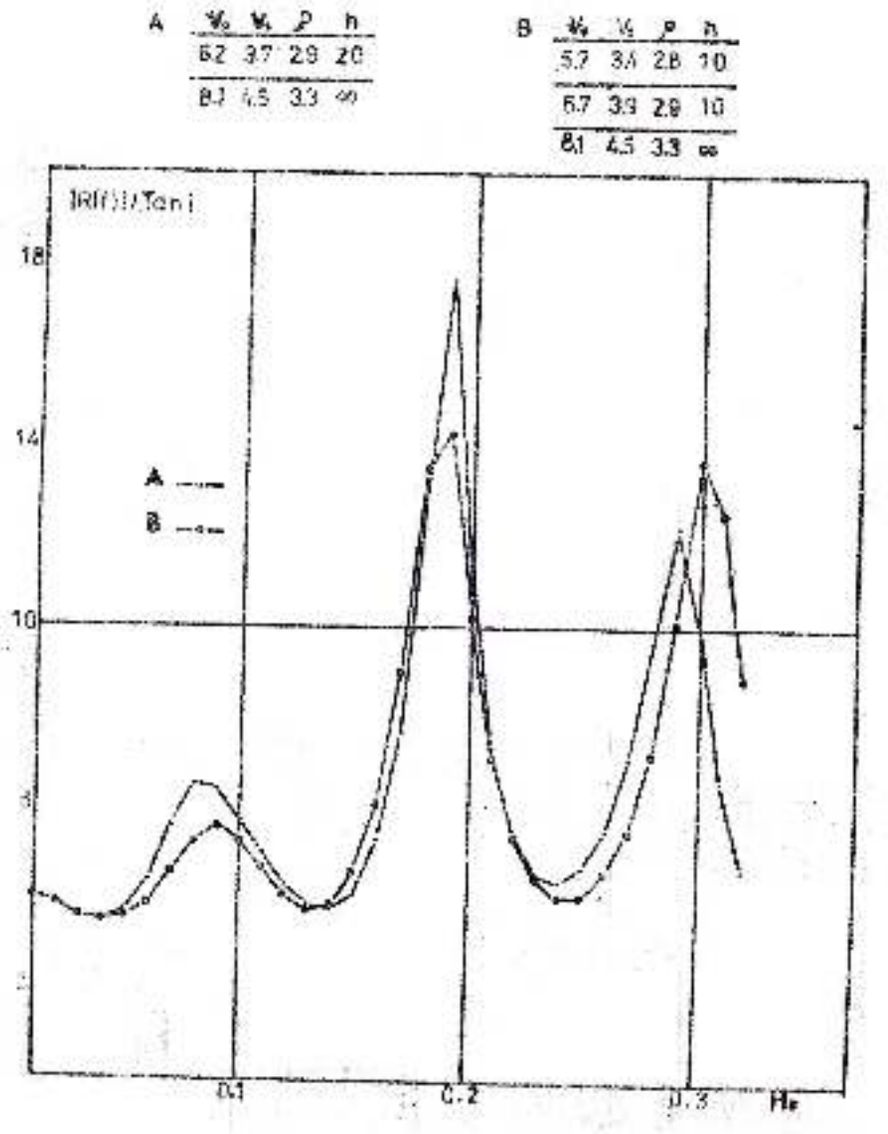


Fig.4.3. Respuesta en frecuencia o función de transferencia de los modelos A y B. El primero es una generalización del segundo.

000300

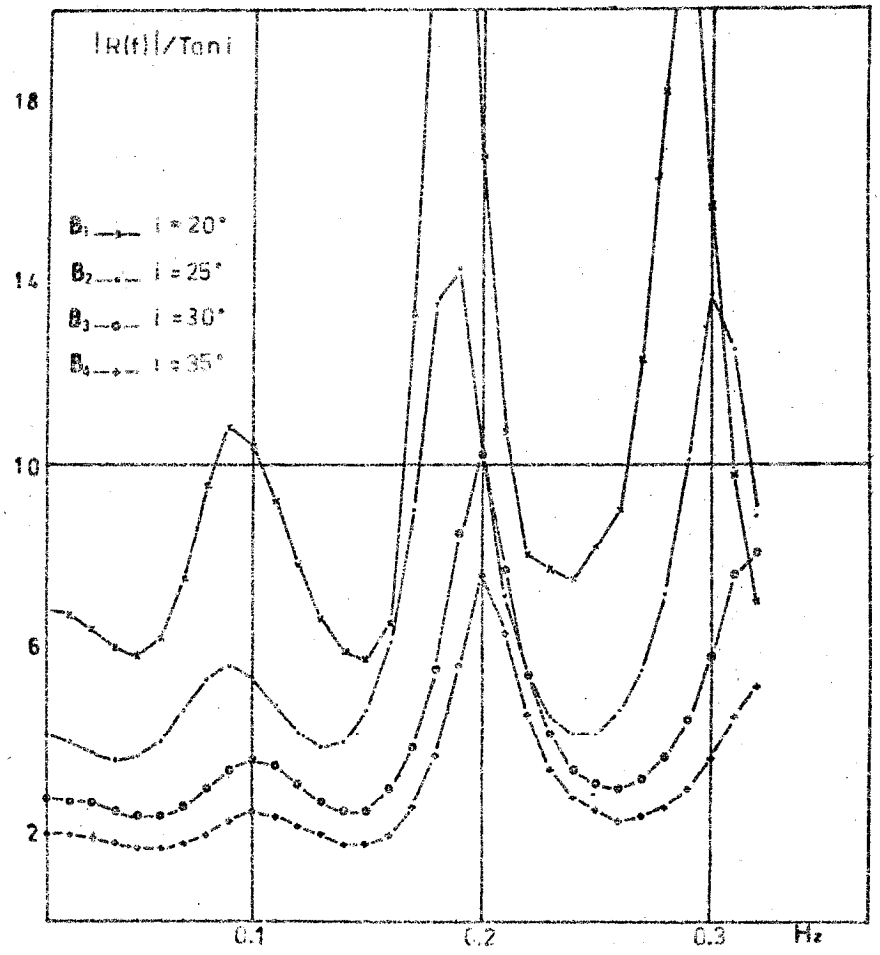


Fig 4.4. Efecto de la variación del ángulo de emergencia de la onda P sobre la respuesta en frecuencia. El ángulo fue variado desde 20^{o} hasta 35^{o} con incremento de 0.5^{o}.

000301

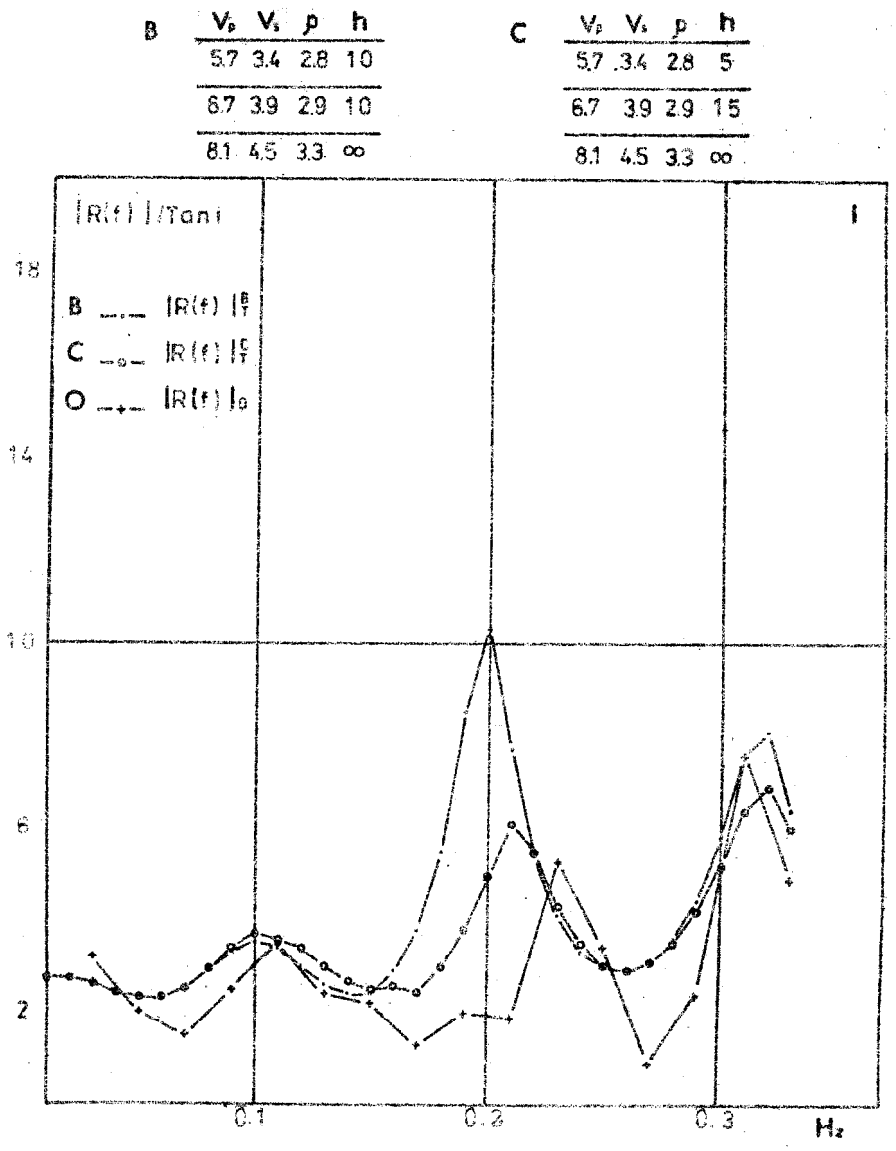


Fig.45. Comparación de los resultados experimentales correspondientes al evento de Alaska con los modelos teóricos B y C.

000302

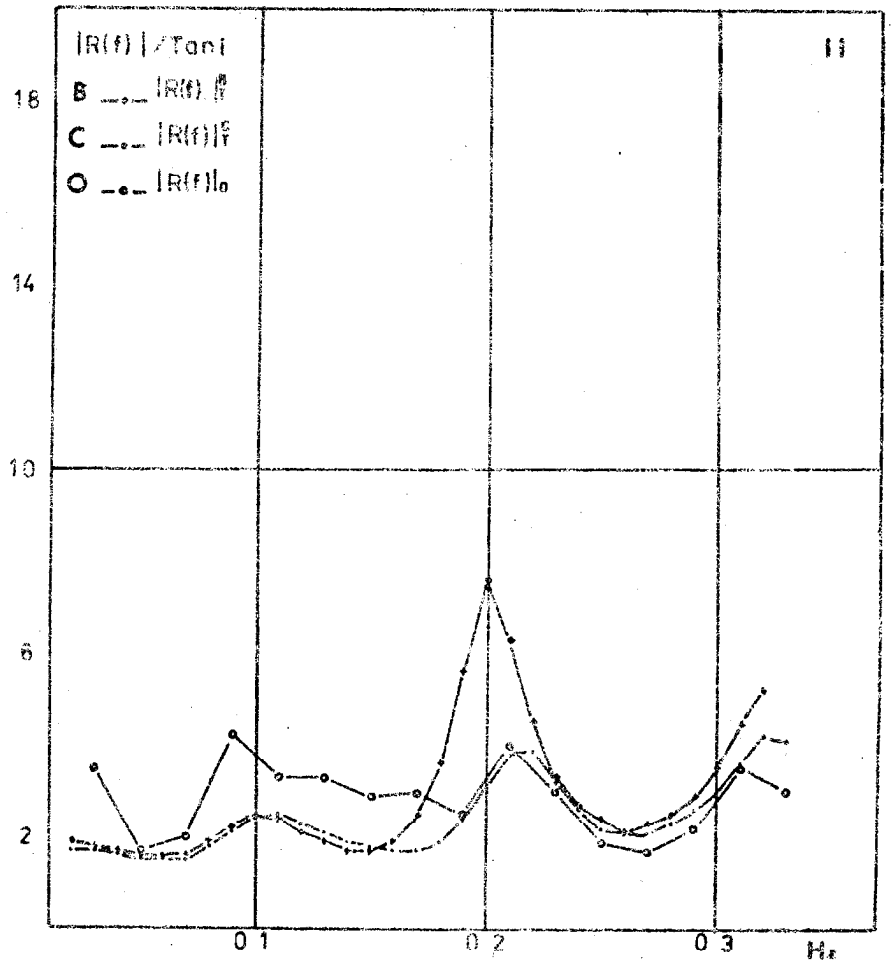


Fig 4.6. Comparación de los datos experimentales del evento de Chile con los mismos modelos B y C, para el ángulo de emergencia de 35°.

000303

En la parte superior de la fig.4.5 observamos los modelos téoricos B y C. El primero ha sido mencionado anteriormente como proveniente de la síntesis de resultados de observaciones geofísicas; el segundo respeta los valores de los parámetros físicos de cada capa, pero se alteran sus potencias, reduciéndose en 5 Km. la primera capa y aumentando a 15 Km. la segunda, manteniendo de esta forma la potencia resultante de la cortesa.

La curva O que representa a los valores observados experimentalmente se ajusta mejor a la curva C tanto por su amplitud, como por su contribución en frecuencia. De esta primera comparación en la fig. 6 concluimos que el modelo más aceptable es el C. En la comparación hecha los datos experimentales muestran poco ajuste en el pico central, a la cual no se le ha podido hallar una explicación TEÓRICA ACEPTA probaron diferentes variantes para lograr el desplazamiento de este pico hacia las bajas frecuencias, sin variar la posición de los otros dos que estaban bien ajustados, sin lograr resultados satisfactorios.

En la fig.4.6 observamos también la coincidencia aceptable entre la respuesta del modelo teórico C y la experimental. En este caso el pico de más baja frecuencia es el que menor ajuste muestra con el correspondiente al del Modelo C; aunque ese solo por su amplitud. EN DIFERENCIA

La posición de los 3 picos y sus amplitudes coinciden bastante bien, exceptuando al primero, quizas debido a la mayor influencia del ruido en la componente vertical en este campo.

Para las comparaciones no se emplearon métodos de ajuste matemáticos que ofrecieran cuantitativamente la bondad del mismo. Solo fue visual y por lo tanto cualitativo. Esto se justifica por el hecho de los grandes cambios que se observan al variar algunos parámetros ya explicados en el cuerpo del texto.

100304

TAREA 5 INFORME TECNICO DEL SISMO DE PILON

5.1 INTRODUCCION

En este trabajo se presentan los resultados del estudio complejo realizado sobre el terremoto del 19 de febrero de 1976, que afectó la región oriental de Cuba, y con mayor intensidad las zonas aledañas al pueblo de Pilón. Dicho estudio comprende la determinación de los parámetros fundamentales del terremoto principal y de sus réplicas, la obtención de las características espectrales de dos de ellas, la determinación de los mecanismos focales del terremoto principal, de sus dos réplicas más fuertes y de otros terremotos de la región. Se analiza también la posibilidad de que el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 haya actuado como disparador del terremoto de Pilón. Se presenta el mapa de isosistas del terremoto principal, con el mejor ajuste obtenido de un modelo teórico de isosistas elípticas, así como se ofrece una interpretación del mecanismo de ruptura del terremoto principal en base al conjunto de la información obtenida.

Como materiales de base fueron utilizados, en primer lugar, los obtenidos en ocasión del voluminoso trabajo de campo realizado por el Dpto. de Sismología del IGA en el área afectada por el terremoto (Serrano, M. y otros, inédito), y en segundo lugar, los obtenidos de boletines sismológicos internacionales.

5.2 EL TERREMOTO PRINCIPAL Y SUS REPLICAS

El terremoto del 19 de febrero de 1976 fue seguido de múltiples réplicas, dos de las cuales fueron lo suficientemente fuertes para ser reportadas por numerosas estaciones fuera de Cuba y permitir la determinación de sus parámetros por agencias internacionales.

Por otra parte, en ese momento en Cuba operaban 2 estaciones sismológicas permanentes: Soroa (SOR) en su parte occidental, equipada con un complejo registrador de períodos medios (tipo C) y Río Carpintero (RCC) en su parte oriental, equipada con un complejo registrador de períodos medios (tipo C), y uno de períodos cortos (tipo A) (Serrano, M., Alvarez, L., 1983).

Debido a que la estación RCC, la más cercana a la zona epicentral del terremoto principal, se encontraba a unos 130 km de la mis-

se instaló una estación de campo en el poblado de Pilón, a unos 50 km de dicha zona. Esta estación (que llamaremos PLN), compuesta por un sismómetro SM-2 un escilógrafo OSB-IM, con registro en papel fotográfico y galvanómetros GB-III, así como un cronómetro marino MJ, fue preparada para registrar en la componente vertical en 2 canales con amplificaciones de 500 y 25000 respectivamente, y se mantuvo trabajando casi ininterrumpidamente desde el 22 de febrero de 1976 hasta el 13 de abril del mismo año. En la fig. 1 se presentan las curvas de amplificación de dicha estación, así como sus datos fundamentales.

a) <u>Parámetros del terremoto principal y de sus dos réplicas más fuertes determinados por las agencias internacionales</u>

Los parámetros del terremoto principal del 19 de febrero de 1976 fueron determinados por las agencias ISC, NEIS y MOS. Los parámetros de las réplicas del 23 y 24 de febrero de 1976 fueron determinados por el ISC y el NEIS. En la tabla 1a se presentan estos datos. Por otra parte, nuestras estaciones permanentes SOR y RCC, así como la temporal PLN registraron también estos eventos, y en la tabla 1b se presentan los datos que se pudieron obtener de dichos registros.

Se debe señalar que las determinaciones de coordenadas y hora de origen de la agencia MOS (Boletín Sismológico Operativo, 1976) para terremotos ocurridos fuera del continente euroasiático son poco confiables, dada la distribución geográfica de las estaciones que reportan a la misma, lo cual no ocurre con las magnitudes, que presentan determinaciones muy confiables.

Las determinaciones de coordenadas del ISC y el NEIS difieren bastante en lo que respecta a las réplicas del 23 y 24 de febrero de 1976, lo que puede verse en la fig. 2. Para estos casos las determinaciones del ISC son contradictorias con los datos de las estaciones cubanas, situación que también ocurre con los tiempos de origen. El terremoto principal es ubicado por ambas agencias en puntos muy próximos, que se encuentran dentro del límite del error de estas determinaciones. Para este caso los datos de nuestras estaciones no permiten apreciar la precisión de estas determinaciones.

a)

Agencia	Fecha	t_o	Lat.N	Long.W	h	m_b	Ms
ISC	feb 19	13 59 58	19.85	76.87	10	5.2	
NEIS	feb 19	13 59 59.8	19.885	76.878	20	5.3	5.9(2)
MCS	feb 19	14 00 03	21.2	76.8		5.3	5.6(11)
MCS(Obninks)							5.7
ISC	feb 23	21 58 51.1	19.75	77.25	37	4.8	
NEIS	feb 23	21 58 50.8	19.821	77.198	33	4.9	
ISC	feb 24	11 28 42	19.5	77.6	71	4.8	
NEIS	feb 24	11 28 38	19.654	77.25	33	4.8	

b)

Est	Fecha	t_p	t_{s-p}	K	Ms	$t_p - t_o^{ISC}$	$t_p - t_o^{NEIS}$	ISC	NEIS
SOR	feb 19	14 01 34	74		5,9	96	94.2	715	713
SOR	feb 23	22 00 20	68		4.6	78.9	79.2	686	687
RCC	feb 23	21 59 12	16.6			20.9	21.2	170	154
PLN	feb 23		3.5					24	27
SOR	feb 24	11 30 11				79	83	670	692
RCC	feb 24	11 29 01	17.3	12.7		19	23	207	159
PLN	feb 24		3.8					51	34

TABLA 1.- Datos del terremoto principal y de sus dos réplicas más fuertes.

a) Agencias internacionales. Datos tomados de: (NEIS, 1976; ISC, 1978; MCS, 1976). En la columna de Ms se indica entre parentesis el número de estaciones usadas en la determinación.

b) Estaciones cubanas. Se comparan los tiempos de llegada de P y las distancias con respecto a los epicentros determinados por el ISC y el NEIS.

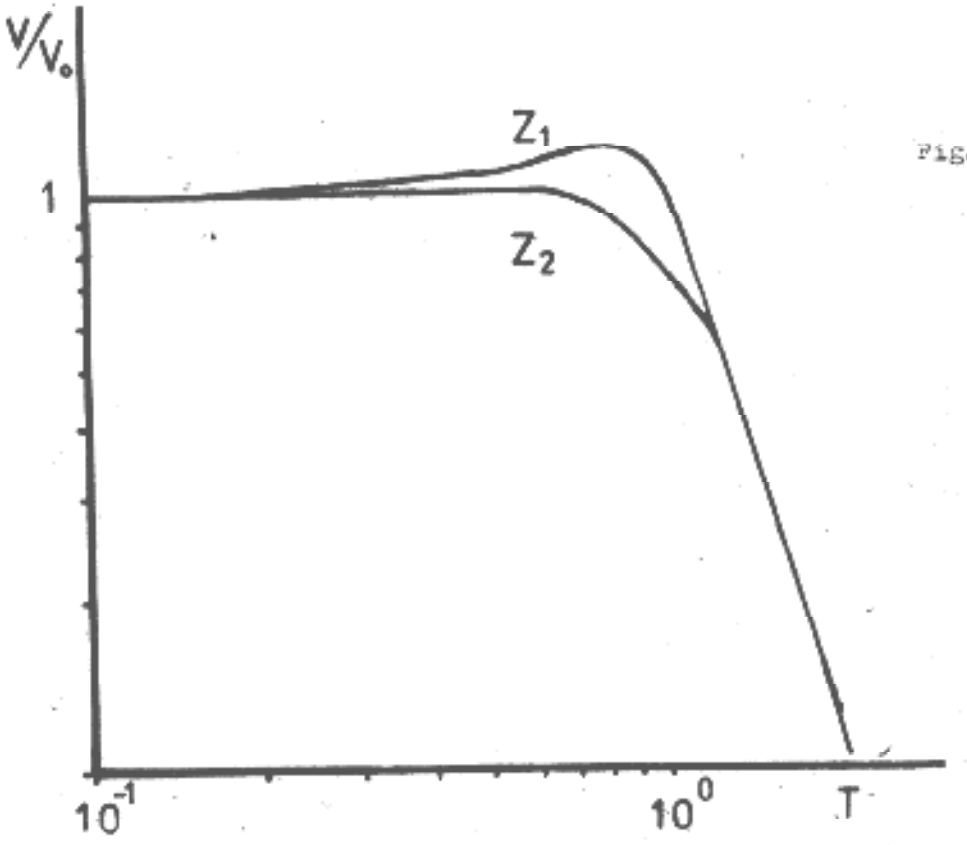


Fig. 1 Características de frecuencia de la estación PLN
Ts = 1.0 seg
Tg = 0.1 seg
Ds = 0.8
Dg = 3.77
Canal Z_1 V_0 = 25000
= 0.71
Canal Z_2 V_0 = 500
= 0.00025

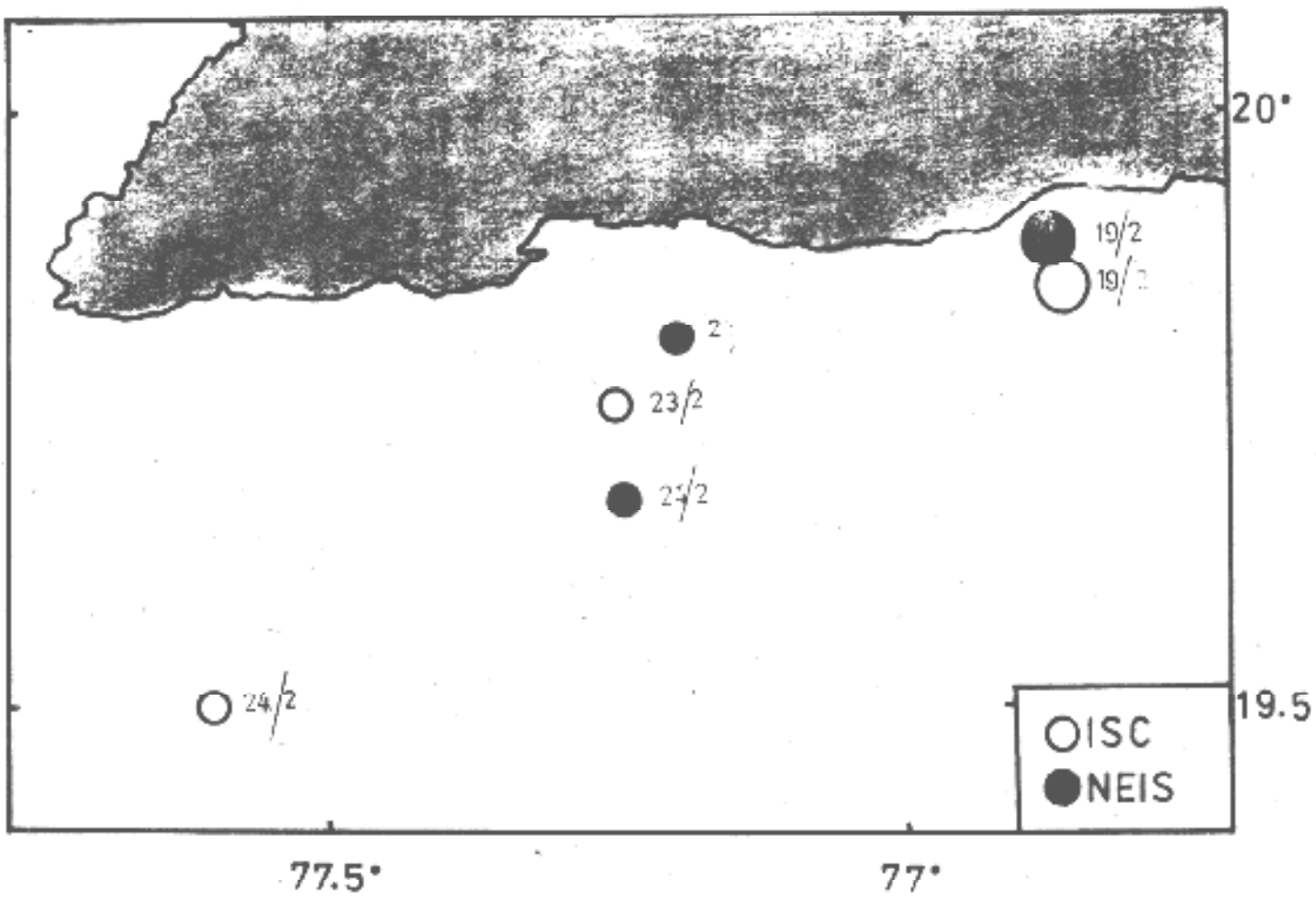


Fig. 2 Epicentros del terremoto principal y de las dos réplicas más fuertes determinados por el ISC y el NEIS

Con respecto a las profundidades, el ISC y el NEIS estiman valores cercanos para los terremotos del 19 de febrero de 1976 (h_{ISC}=10 km, h_{NEIS}=20km) y del 23 de febrero del mismo año (h_{ISC}=37 km, h_{NEIS}=33 km), no ocurriendo así para el terremoto del 24 de febrero de 1976 (h_{ISC}=71 km h_{NEIS}=33 km). En este caso la estación PLN permite eliminar del análisis la determinación del ISC, ya que reporta una diferencia de tiempos t_{s-p} de 3,8 segundos, lo que no puede corresponder a un terremoto tan profundo.

Las determinaciones de magnitud presentan cierta diferencia, aunque no tan acusada como las de coordenadas y profundidad. Del terremoto principal existen varias determinaciones de Ms y m_b (Tablas 1a y 1b). Se puede hallar un valor medio de Ms, tomando en consideración que todas las determinaciones existentes fueron realizadas por diferentes estaciones. El promedio pesado de estos valores es Ms=5,7 y puede ser considerado como un buen margen de confiabilidad como la magnitud Ms de este terremoto. Con respecto a m_b parece más adecuado el valor 5.3 por la coincidencia de las determinaciones del NEIS y MOS, además de que, para el valor de Ms=5,7, resulta muy bajo un valor de m_b=5,2, dada la relación empírica existente entre estos dos tipos de magnitudes para el área del Caribe (Alvarez, L., Buné, V.I.; 1977). La réplica del 23 de febrero de 1976 tiene determinaciones diferentes de la magnitud m_b por el NEIS y el ISC (m_b^{NEIS}=4,9; m_b^{ISC}=4,8), así como una determinación M_s=4,6 de la estación SOR. La réplica del 24 de febrero tiene determinaciones m_b=4,8 iguales por el NEIS y el ISC, sin haber sido posible estimar M_s por la estación SOR. Esto inclina a considerar que la réplica del 23 de febrero fue más fuerte que la del 24 de febrero, tomando así las magnitudes de las réplicas como: 23 de febrero (m_b=4,9, M_s=4,6) y 24 de febrero (m_b=4,8).

De este análisis se puede concluir que las determinaciones de coordenadas, magnitud y tiempo de origen del NEIS son más cercanas a la realidad que las del ISC para dos de los tres terremotos estudiados, cuestión ésta a la que se debe prestar atención en un futuro, ya que el ISC obtiene los estimados de los parámetros fundamentales de los terremotos empleando un volumen de datos mayor que el que emplean las demás agencias internacionales.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, para el terremoto principal se pueden considerar como parámetros fundamentales los valores medios entre las determinaciones del NEIS y el ISC:

$t_0 = 13^h 59^m 59^s$, Lat= 19,87 N, Long= 76,87 W, h=15 km

Con respecto a las réplicas del 23 y 24 de febrero, si bien las determinaciones del NEIS son menos contradictorias con los datos de nuestras estaciones, sus parámetros fundamentales serán redeterminados utilizando los datos de dichas estaciones.

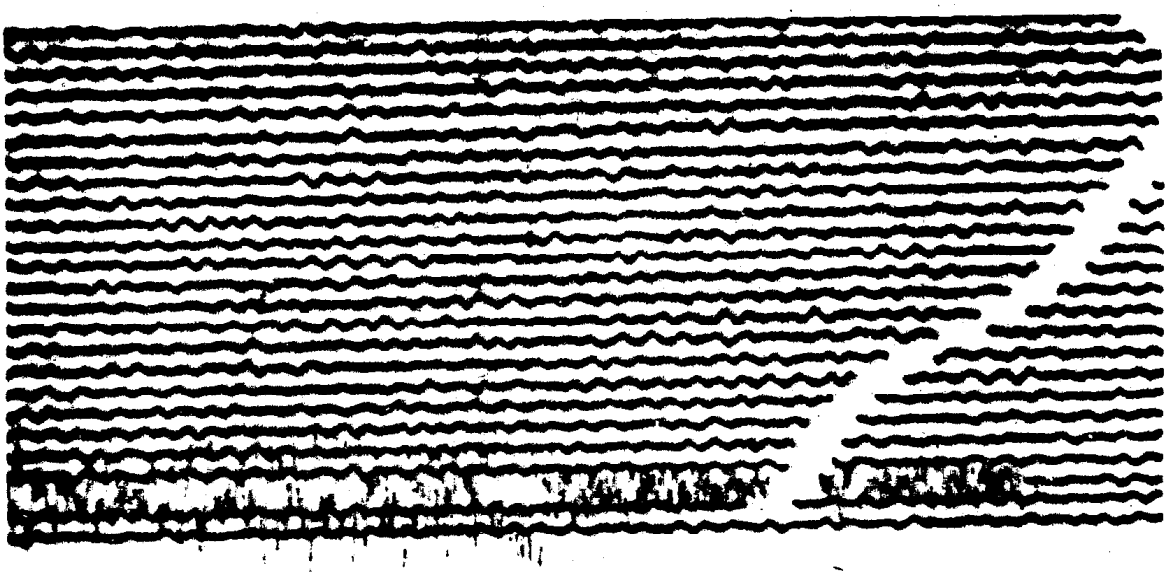
b) <u>Análisis conjunto de los registros de las estaciones RCC y PLN</u>

La estación RCC registra en tres componentes (NS, EW, Z), lo que permite una ubicación tentativa de los epicentros en base a mediciones de los tiempos por recorrido de la onda ficticia S-P (t_{s-p}), y de las amplitudes de la primera llegada de la onda P en las tres componentes (azimut y ángulo de emergencia), con la utilización de un esquema de curvas isócromas confeccionado tomando en consideración los datos de la estructura de la corteza terrestre en la región (Rautián, T.G., inédito).

La estación provisional PLN, al contar solamente con una componente vertical, sólo permite determinar las distancias hipocentrales sobre la base de los tiempos t_{s-p} y el modelo de curvas isócromas anteriormente mencionado. Los registros de esta estación presentan una particularidad interesante en lo que respecta a la forma en que aparece la onda S, ya que la misma no se diferencia practicamente de la P en amplitud, siendo posible identificarla sólo através de una variación en la frecuencia de las oscilaciones como se puede apreciar en la figura 3.

La actividad sísmica correspondiente al proceso de estas réplicas de este terremoto duró hasta el 31 de marzo de 1976, siendo innumerables los eventos registrados por nuestras estaciones, de los cuales se presentan sólo aquellos que fueron registrados por ambas, lo que garantiza una mayor confiabilidad en la determinación de los epicentros. La magnitud de los eventos se expresará através de la clase energética K determinada por la estación RCC. Este parámetro se relaciona con la magnitud determinada por las ondas de volumen mediante (Alvarez, L., 1983):

$$K = (1.5 \pm 0.3) m_b + (5.4 \pm 1.4)$$



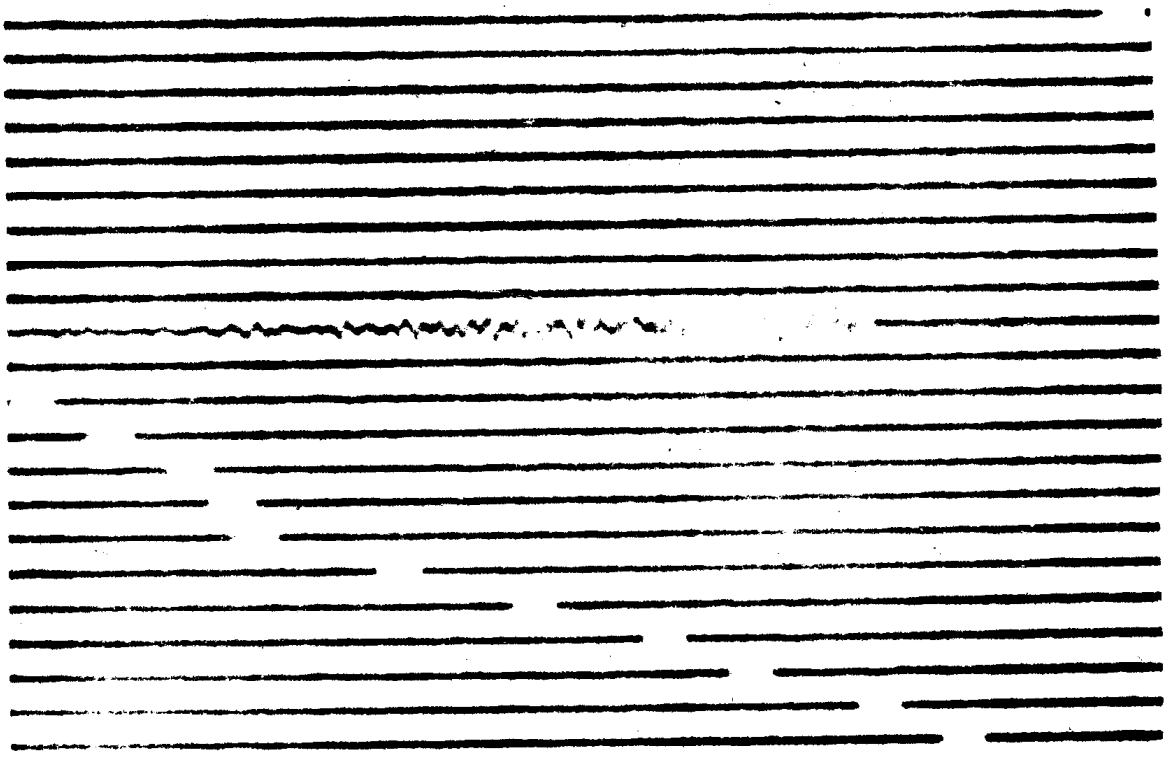


Fig. 3 Ejemplos de registros en la estación PLN

a) V_o= 25000

b) V = 500

La determinación de los tiempos de origen lleva implícita una gran incertidumbre, ya que en la estación provisional PLN no fue posible mantener una base de tiempo estable. El método utilizado fue:

- Tomando dos eventos reportados en ambas estaciones, con error en la base de tiempo de ± 0,1 seg, se determinó la pendiente del gráfico de Wadati, obteniéndose un valor de 0,65 (que corresponde a un valor de $v_p/v = 1,65$).
- Utilizando los tiempos t_p y t_{s-p} de los registros de la estación RCC se determinaron los tiempos t_o de las réplicas mediante la fórmula ($t_o = t_p - t_{s-p}/0,65$). En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

En lo que respecta a las coordenadas de los epicentros, su determinación es mucho más insegura, ya que con dos estaciones no puede obtenerse una precisión adecuada. Es por ello que resultó necesario utilizar un método aproximado, aceptando algunas suposiciones. Para ello se procedió de la forma siguiente:

- Se determinaron las distancias epicentrales a la estación RCC en base a los tiempos t_{s-p} registrados en ella y al modelo de curvas isócronas. A la distancia media a que se encuentra la zona epicentral no tiene gran importancia el valor de la profundidad en el rango $0 \leqslant h \leqslant 30$.
- Se trazaron sobre un mapa 1:500 000 los arcos de círculo correspondiente a las distancias epicentrales (a RCC) mínima y máxima (147 km y 161 km respectivamente).
- Se determinaron las distancias epicentrales a la estación PLN para tres valores de profundidad: 10, 17 y 24 km, en base a los tiempos t_{s-p} registrados en ella y al modelo de curvas isócronas.
- Se trazaron sobre el mismo mapa los arcos de círculo correspondiente a las distancias mínima y máxima para cada valor de profundidad (22,5 y 29 km para h=10 km, 19 y 27,5 km para h=17 km, 10 y 21 km para h=24 km).

Fecha	t_o	K	Fecha	t_o	K
feb 23	19 09 38.4	9	feb 28	19 38 55.1	9.2
feb 23	20 45 03.7	10	feb 28	21 20 49.5	9.3
feb 23	21 30 55.7	10	feb 29	14 57 02.8	9.2
feb 23	21 39 48.7	10.2	mar 1	04 06 39.8	8.7
feb 23	21 48 34.8	10	mar 4	03 09 03.1	11.5
feb 23*	21 58 46.5		mar 4	03 10 24.8	11
feb 24	00 22 05.4	8.3	mar 4	03 26 20.2	9.8
feb 24	00 26 56.4	10.8	mar 4	03 43 11.4	8.3
feb 24	00 43 58.8	9.8	mar 4	04 49 43.8	9.4
feb 24	08 35 05.8	11.2	mar 12	13 42 47.5	9.3
feb 24**	11 28 34.2	12.7	mar 13	01 13 16.3	8.9
feb 24	13 04 21.4	8.2	mar 16	18 01 36.5	8.5
feb 24	21 42 39.6	9	mar 17	04 07 23.4	10
feb 25	08 58 14.8	10.8	mar 17	04 25 33.5	8.9
feb 25	14 27 17.8	10.2	mar 17	01 01 27.1	8.7
feb 26	13 53 10.8	10.2	mar 18	21 01 55.2	9
feb 28	14 17 30.5	8.9	mar 31	14 30 54.5	10.2
feb 28	17 03 45.8	8.2			

TABLA 2.- Hora de origen y clase energética K de las réplicas del terremoto del 19 de febrero de 1976 registradas en las estaciones PLN y RCC.

* Réplica más fuerte del terremoto m_b=4.9, Ms=4.6
** Segunda réplica en intensidad m_b=4.8

En la figura 4a se presentan las intersecciones de estos arcos de círculo al sur de la línea que unen las estaciones RCC y PLN. Aquí se ha supuesto que las soluciones se encuentran en esta región, desechando la región simétrica al norte de la línea.

Sobre el mapa en cuestión se hallaron las soluciones particulares para los diferentes terremotos bajo dos suposiciones distintas:

- Las profundidades se encuentran limitadas al rango de 10-17 km. El resultado es la zona sombreada de la figura 4b.
- Los epicentros se encuentran en una estrecha franja paralela a la costa (figura 4c). En este caso la profundidad aumenta según nos movemos al oeste en el rango de 10 a 28 km.

c) <u>Región focal del terremoto principal y de sus réplicas</u>

Es evidente que no se puede determinar unívocamente la región epicentral de las réplicas con la información de los tiempos t_{s-p} en las estaciones RCC y PLN. Sólo se pueden formular algunas hipótesis:

1) Las réplicas se encuentran concentradas en un rango de profundidades de 10 a 17 km, en la zona epicentral sombreada en la figura 4b.

2) Las réplicas se encuentran en la zona epicentral sombreada de la figura 4c en un rango de profundidades que aumenta desde 10 km hasta 28 km.

3) Las réplicas se encuentran distribuidas en toda el área sombreada de la figura 4a sin agrupamientos particulares.

Resulta interesante comparar estas posibles zonas epicentrales con las que se obtienen de utilizar solamente los datos de azimut y distancia epicentral de la estación RCC (figura 4d). Esta última zona se encuentra desplazada hacia el SSE y tiene una orientación completamente diferente. La orientación NW-SE puede ser explicada por los errores propios de la determinación de los azimutes, pero el desplazamiento de su centro hacia el SSE es un error sistemático en que se incurre al determi-

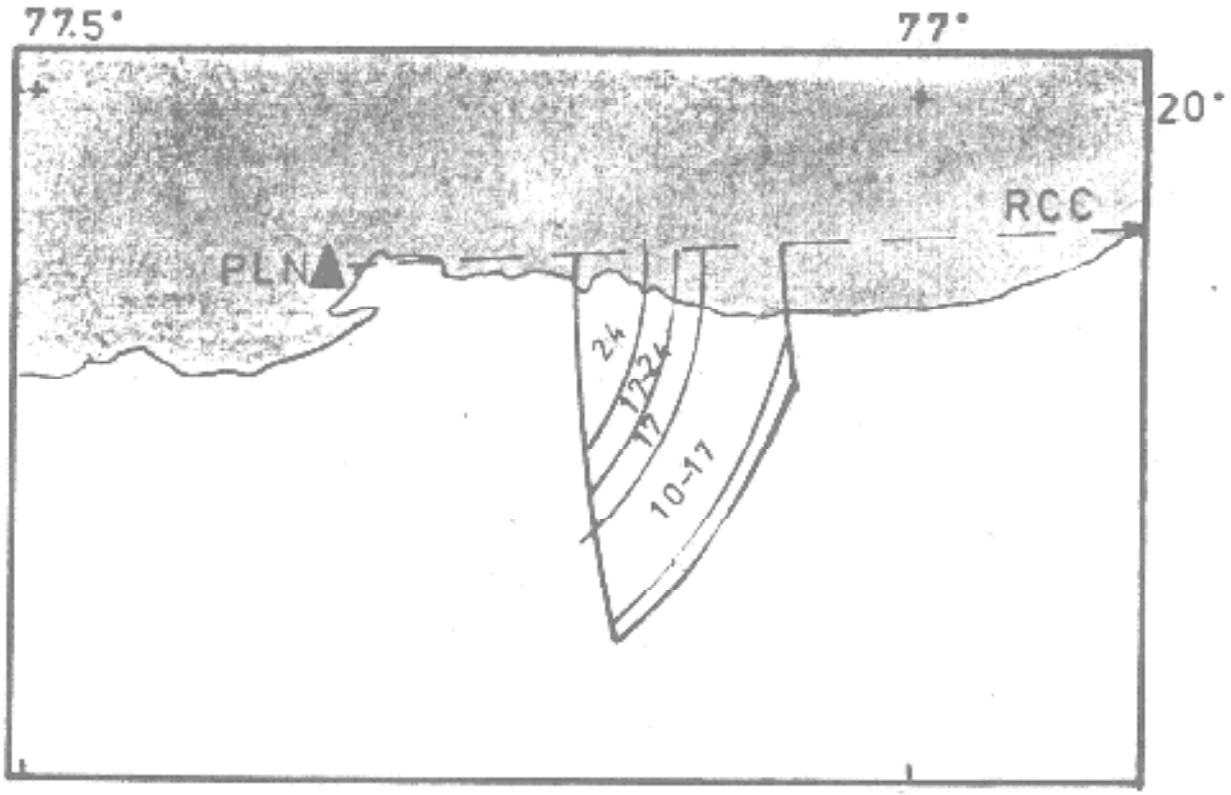


Fig. 4a Región obtenida de interseptar las isocronas para los t_{s-p} límites de las estaciones RCC y PLN. Los números corresponden a profundidad.

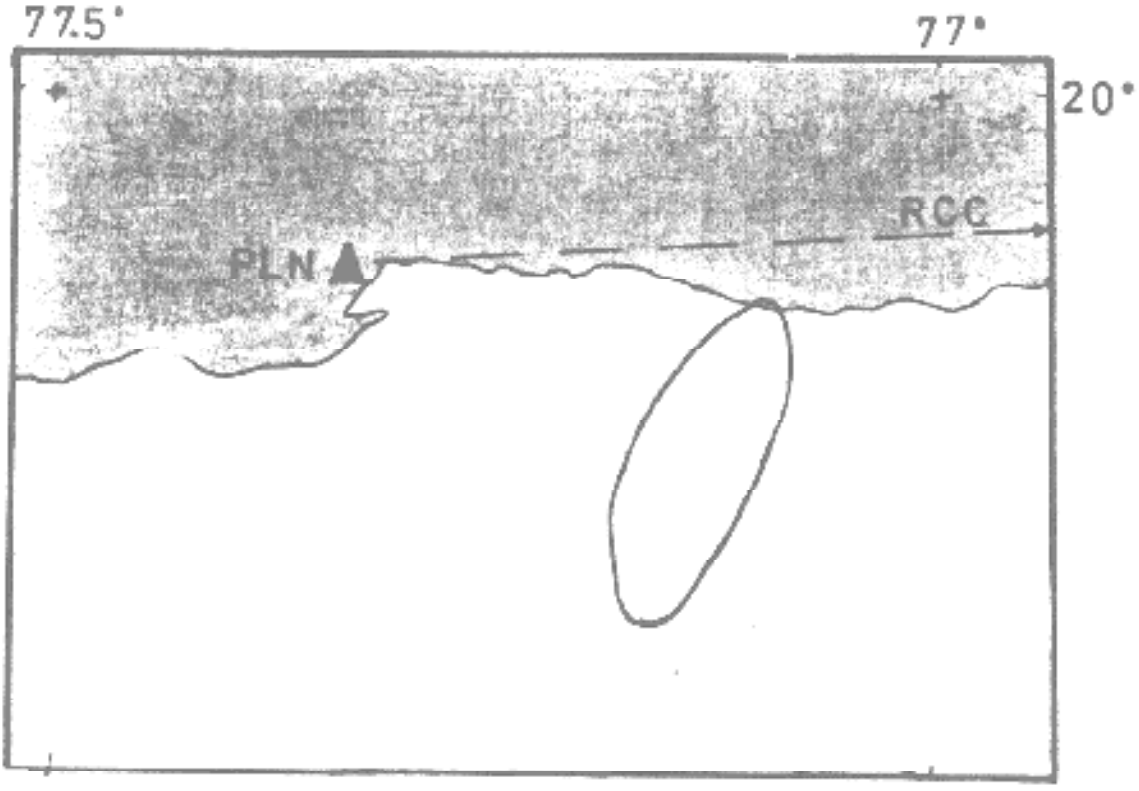


Fig. 4b Posible región epicentral de las réplicas transversal a la línea de costa.

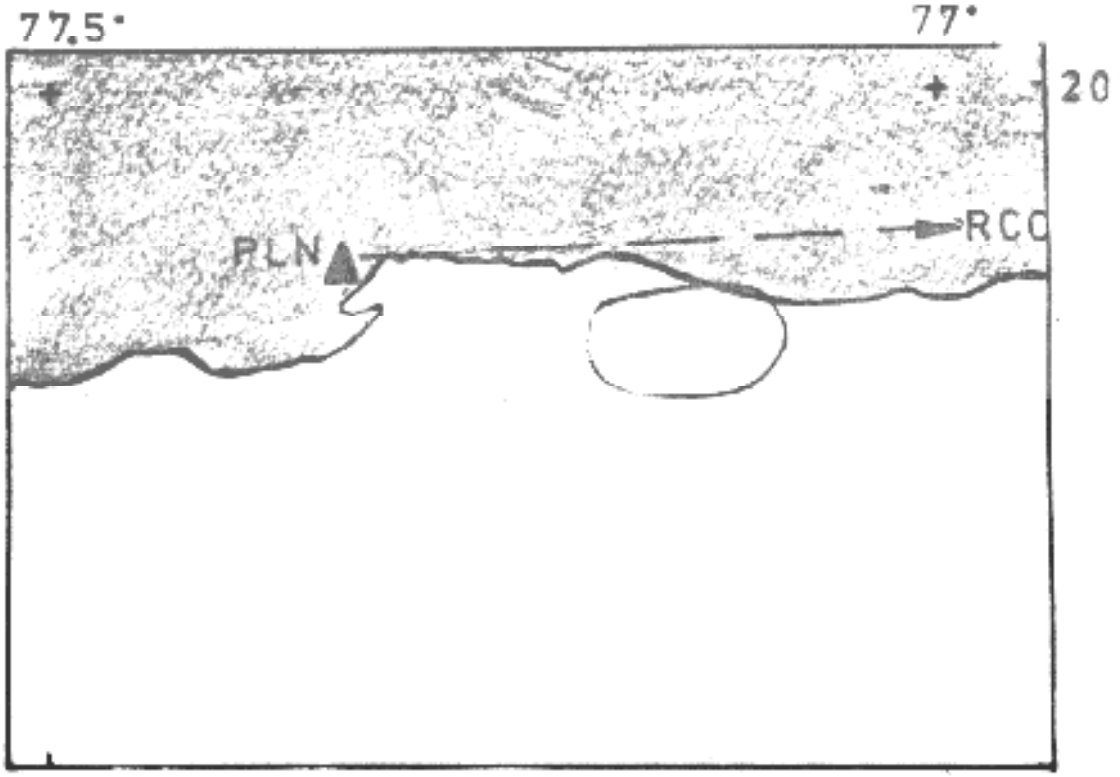


Fig. 4c Idem paralela

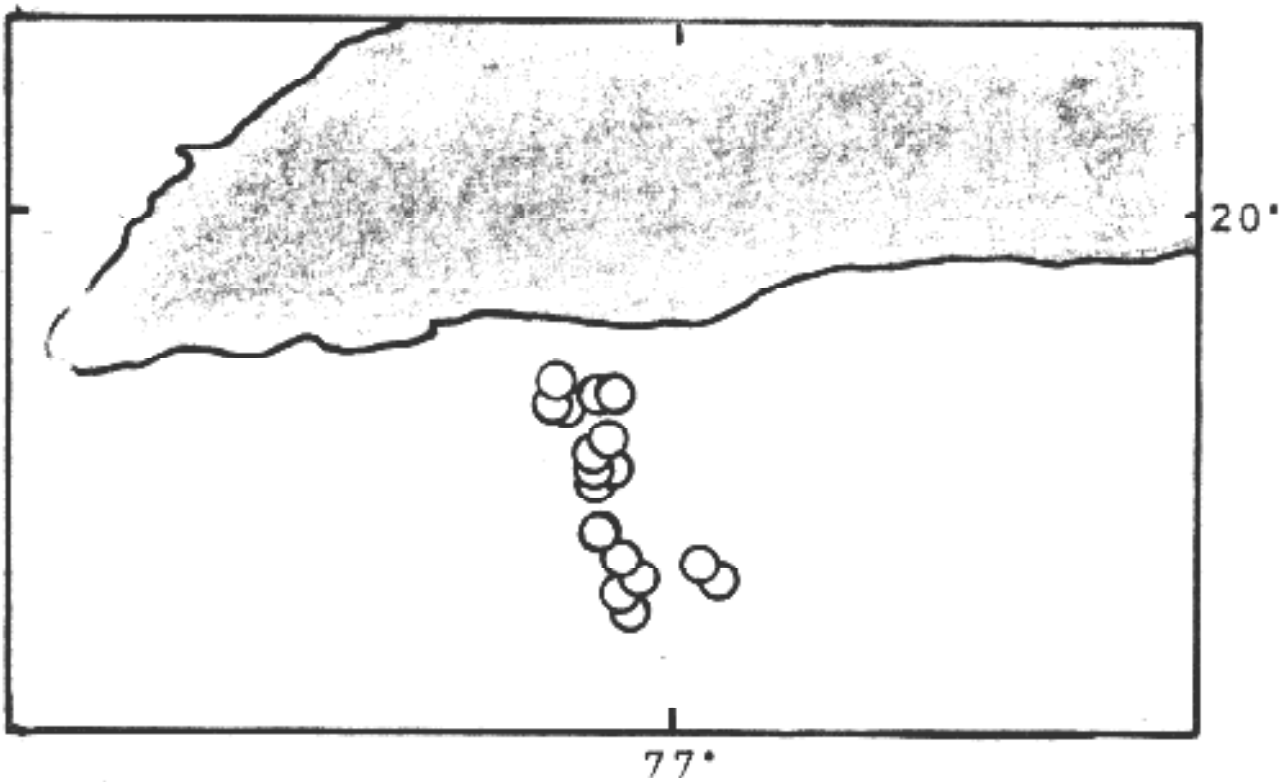


Fig. 4d Epicentros de las réplicas determinados utilizando sólo la estación RCC.

nar los parámetros de eventos cuyas ondas tengan una trayectoria hasta la estación a lo largo de la zona de contacto entre las placas del Caribe y Norteamérica.

Los datos de tiempos de llegada y amplitudes de ondas no permiten elegir entre las tres posibles zonas epicentrales propuestas; sin embargo en los tres casos resultan comunes los hechos siguientes:

a) La ruptura del terremoto se inició en los 19,87° N y 76,87° W, y se propagó en la dirección 6° WSW una distancia aproximada de 30 km (hasta el inicio de la zona de réplicas), dimensión lineal aproximada de su foco.

b) La zona de ruptura permaneció en calma (para el umbral de detección de PLN y RCC) con posterioridad al evento principal.

Con respecto a la redeterminación de los epicentros de las réplicas del 23 y 24 de febrero, en las figuras 5a y 5b se muestran los corrimientos relativos de ambos epicentros para las posibles zonas epicentrales de las figuras 4b y 4c; en el caso de la zona epicentral de la figura 4a el corrimiento será intermedio entre ambos casos estremos. Los hipocentros para el caso de la zona transversal a la costa son:

Febrero 23- Lat=19,82° N, Long=77,12° W, h=14 km.
Febrero 24- Lat=19,74° N, Long=77,16° W, h=14 km.

mientras que para la zona paralela a la costa son:

Febrero 23- Lat=19,84° N, Long=77,12° W, h=17 km.
Febrero 24- Lat=19,84° N, Long=77,17° ", h=24 km.

d) <u>Composición espectral de las replicas del terremoto</u>

Del conjunto de registros del terremoto principal fue posible seleccionar dos que permitieran la obtención del espectro de las oscilaciones. La inmensa mayoría de estos registros, ya fuera por la baja amplitud de las oscilaciones en el caso de la estación RCC, y la alta en el caso de la estación PLN, así como también por las altas frecuencias de las oscilaciones que se registraban en esta última estación, no resultó adecuada para este trabajo. Los registros seleccionados corresponden al terremoto del 25 de febrero de 1976 a las $08^h\ 58^m\ 14{,}8^s$ registrado en RCC y al

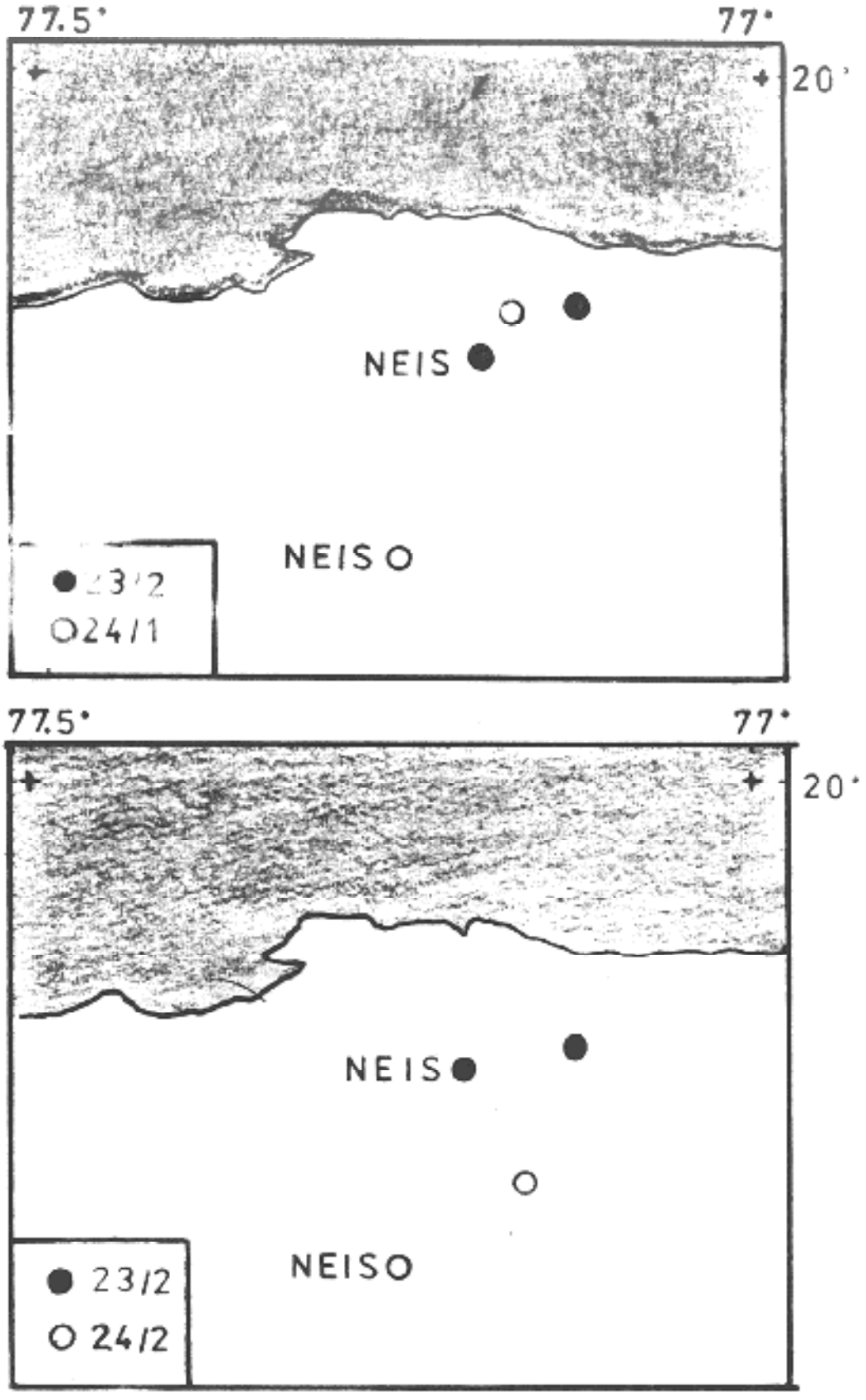


Fig. 5 Comparación entre los epicentros determinados por el NEIS para las réplicas del 23 y 24 de febrero y las redeterminaciones realizadas en este trabajo

a) Caso de zona epicentral transversal a la línea de costa.

b) Idem paralela

terremoto del 12 de marzo de 1976 a las $13^h\ 42^m\ 47{,}5^s$ registrado en PLN (Tabla 2).

Para la obtención del espectro de estos eventos se utilizó la transformada de Fourier calculada para intervalos de cifrados desiguales (Leong, L.S., 1976). Los registros de las componentes verticales de los dos eventos fueron ampliados fotográficamente diez veces y cifrados manualmente; la ventana de datos empleada consideró a las ondas P y S hasta que las amplitudes de esta última se redujeran a la mitad de la amplitud promedio. Las características de amplitud-frecuencia de los equipos (figura 1 y Serrano, M., Alvarez, L., 1983) fueron consideradas para la corrección de instrumental.

En las figuras 6 y 7 se muestran los espectros de aceleración obtenidos en el rango de 0,3 a 0,7 seg. Los límites de confiabilidad para un 95% de probabilidad corresponden al intervalo 0,86-1,18 (Båth,M. 1974). Se prefirió el uso de los espectros de aceleración en lugar de los del desplazamiento, ya que el primero es un parámetro de más utilidad desde el punto de vista del diseño estructural. Los gráficos aparecen en amplitudes relativas para poder comparar eventos de diferente energía.

En la figura 8 se muestran superpuestas las envolventes de ambos espectros. En ella se ve claramente el corrimiento a los períodos mayores de la estación RCC con respecto a la estación PLN, lo que lógicamente se asocia a la diferencia en distancias epicentrales para ambos casos (Δ_{RCC}=158 km, Δ_{PLN}=24 km).

Lamentablemente la imposibilidad de obtener los espectros para un mismo terremoto impidió estimar los valores de atenuación para diferentes frecuencias en la región. Los resultados son limitados, pero constituyen lo máximo que se pudo obtener en esta dirección.

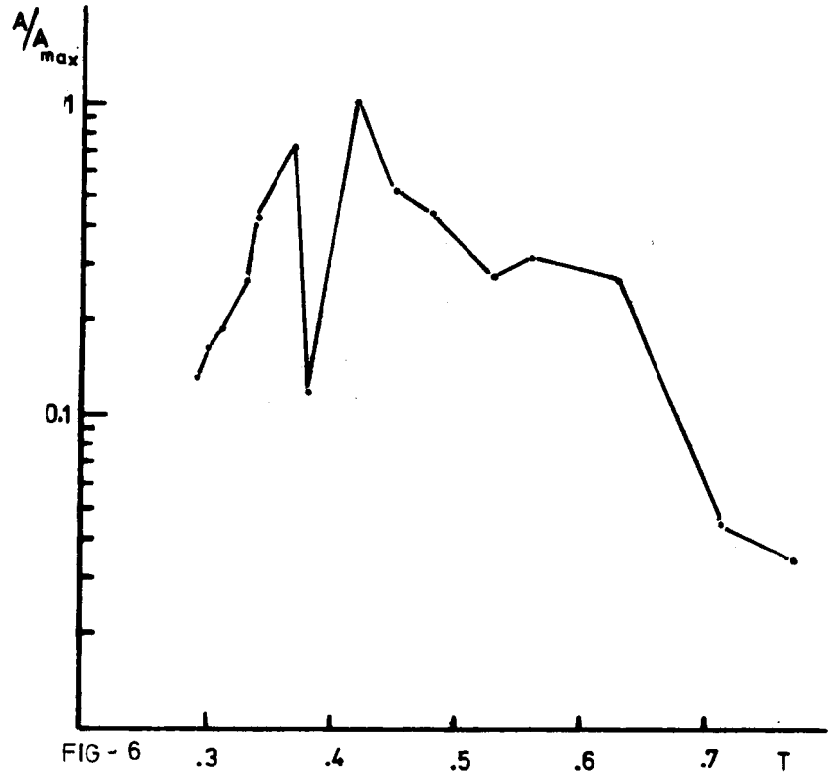


FIG - 6

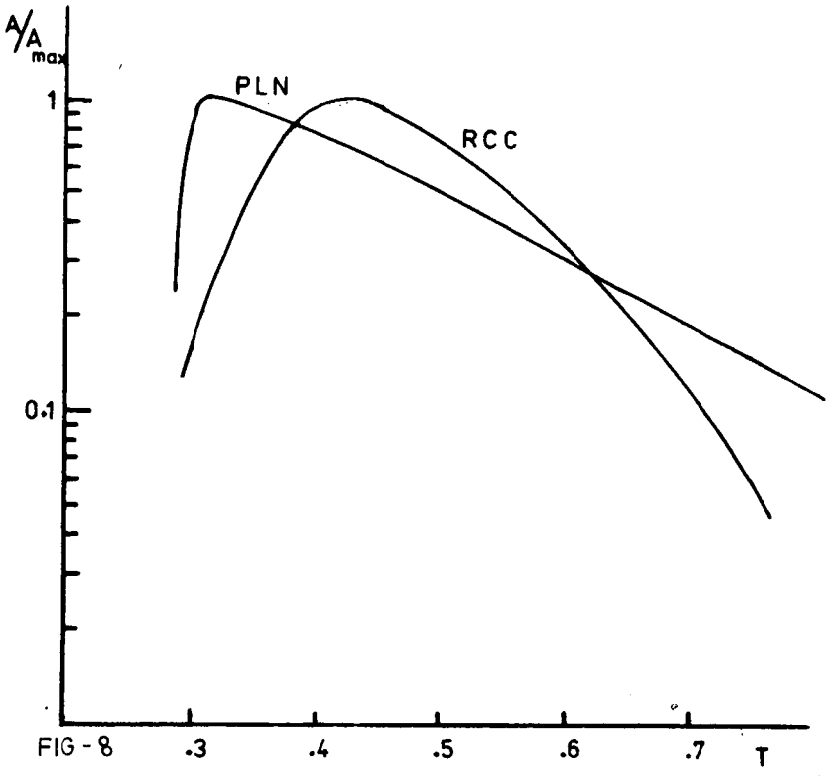


FIG - 8

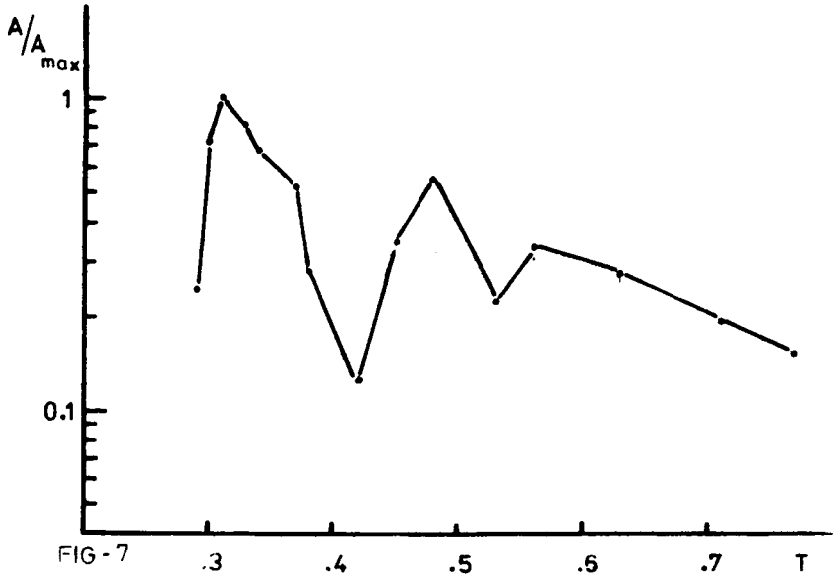


FIG - 7

Fig. 6 Espectro de aceleración de las ondas P y S del terremoto del 25 de febrero de 1976 a las $08^h\ 56^m\ 14.8^s$, registrado en la estación RCC.

Fig. 7 Idem del terremoto del 12 de marzo de 1976 a las $13^h\ 42^m\ 47.5^s$, registrado en la estación PLN.

Fig. 8 Superposición de las envolventes de ambos espectros.

POSIBLE RELACION ENTRE EL TERREMOTO DE GUATEMALA DEL 4 DE FEBRERO DE 1976 Y EL DE PILON DEL 19 DE FEBRERO DE 1976

La región donde ocurrió el terremoto del 19 de febrero de 1976 se había mantenido en calma en los últimos 40 años. Durante este siglo, en la misma sólo se habían producido 2 terremotos que fueran reportados por agencias internacionales: el 30 de enero de 1924, y el 6 de junio de 1932 (Tabla 3a). Incluso el terremoto del 6 de junio de 1932 no puede ser asociado con mucha seguridad a esta zona, ya que existe la probabilidad de que sea una réplica del terremoto fuerte del 3 de febrero de 1932, que, dado el error con que se determinaban las coordenadas en la época, pudo ser ubicado más al oeste de lo que en realidad ocurrió.

En lo que respecta a los terremotos débiles, cuyo registro en Cuba se posibilita por la instalación de estaciones en el territorio nacional a partir de 1964, ya sean temporales o permanentes (Rautian, T.G., Godzikovskaya, A.L., Alvarez, L., Chuy, T., inédito), sólo nos encontramos con dos eventos, uno el 1ro. de marzo de 1970 y otro el 9 de febrero de 1973 (Tabla 3b).

La ocurrencia de estos eventos aislados no nos permite hacer ninguna inferencia sobre el comportamiento temporal de la zona que dio origen al terremoto del 19 de febrero de 1976. Si existieron eventos premonitores, fueron muy débiles y no pudieron ser registrados por la estación RCC.

Sin embargo, un hecho que llamó la atencion desde los primeros momentos, fue la ocurrencia, 15 días antes, de un terremoto muy fuerte (Ms=7,5) que destruyó la ciudad de Guatemala y afectó grandemente a la república del mismo nombre. El epicentro de este terremoto fue ubicado sobre la falla de Motagua, en la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica, cuyo mecanismo focal fue del tipo "corrimiento por el rumbo siniestro" (Kanamori, H., Stewart, G.S., 1978; Plafker, G., 1977).

Pudiera surgir la idea de que este terremoto sirvió de disparador al del 19 de febrero de 1976. En un análisis de la activación de la placa de Cocos con posterioridad al terremoto de Oaxaca del 29 de noviem-

a)

Fecha	t_o	Lat N	Long W	h	Ms
30 ene 1924	20 54 48	20	77.5		5.5
6 jun 1932	11 49 55	19.5	76.5		6

b)

Fecha	t_o	Lat N	Long W	h	K
1 mar 1970	21 36 52.5	19.6	76.8	30	9.5
9 feb 1973	11 05 53	19.8	77	13	9.2

TABLA 3.- Terremotos ocurridos en la región antes del 19 de febrero de 1976.

a) Registrados en redes internacionales.
b) Registrados por la estación RCC.

Terremotos \ año	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Total general	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	13	2	2
Pertenecientes a grupos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Réplicas del 4 feb 1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Total de eventos independientes.	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	5	1	2

TABLA 4.- Número de eventos en el intervalo 1964-1978 para la Sección de la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica desde los 72° W hasta los 90° W.

Fecha	T_o	Lat N	Long W	Peg.	m_b	Ms
4 feb 1976	09 01 43.9	15.28	89.19	5	6.0	7.5
8 feb 1976	08 13 48.0	15.69	88.54	5	5.1	5.7
19 feb 1976	13 59 59.8	19.89	76.89	20	5.3	5.7
19 may 1976	17 43 56	16.98	85.60	10	5.2	4.5
29 sep 1976	09 52 34.9	18.91	80.65	50	5.1	5.1

TABLA 5.- Parámetros de los 5 eventos independientes de 1976 que se indican en la tabla 4.

bre de 1978, Wier plantea (Wier, S., 1978) que, en las placas pequeñas, si éstas se comportan como perfectamente elásticas, los cambios de tensiones provocados por un terremoto fuerte deben ser transmitidos a lo largo de la misma con velocidades de ondas elásticas, a la vez que obtiene un estimado para la velocidad de la que denomina "onda de tensión" de 600 km/día.

Lo primero que se debe realizar para probar si la hipótesis propuesta por Wier es aplicable a nuestro caso es determinar si existió una actuación de la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica con posterioridad al terremoto del 4 de febrero de 1976. En la tabla 4 aparece el número de terremotos por año (m_b, $M_s \geq 5$) para la sección de dicha frontera comprendida entre Guatemala y el sur de Cuba Oriental para el período 1964-1978. Del análisis de la misma, resulta evidente que el año de 1976 muestra un pico en la actividad sísmica anormalmente alto, lo que puede ser considerada como una activación de la región provocada por el terremoto del 4 de febrero de 1976.

Analizando por separado los cinco eventos "independientes" del año 1976 (Tabla 5, fig. 9), se ve que en los tres primeros meses con posterioridad al terremoto del 4 de febrero de 1976 ocurrieron tres eventos más, uno al norte de Honduras el 8 de febrero de 1976, el del 19 de febrero de 1976, y nuevamente otro al norte de Honduras el 19 de mayo de 1976. Siguiendo la hipótesis de Wier se puede suponer el surgimiento de una "onda de tensión" el 4 de febrero de 1976, que se propagó por la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica alcanzando la región sur oriental de Cuba (a 1350 km aproximadamente) 15 días después, en cuyo caso, la velocidad de propagación de dicha onda fue del orden de 90 km/día.

La región desde el epicentro del terremoto del 19 de febrero de 1976 hasta los 72°W no mostró activación. Más hacia el este el régimen sísmico cambia (Alvarez, L., Buné, V.I., 1977) y el cuadro tectónico se complica sustancialmente (Bracey, R., Vogt, P.R., 1970), lo cual dificulta seguir dicha "onda". Se puede suponer que, en caso de haber existido, la "onda de tensión" se amortiguó dada la gran distancia desde su origen y la complejidad tectónica del territorio a atravesar.

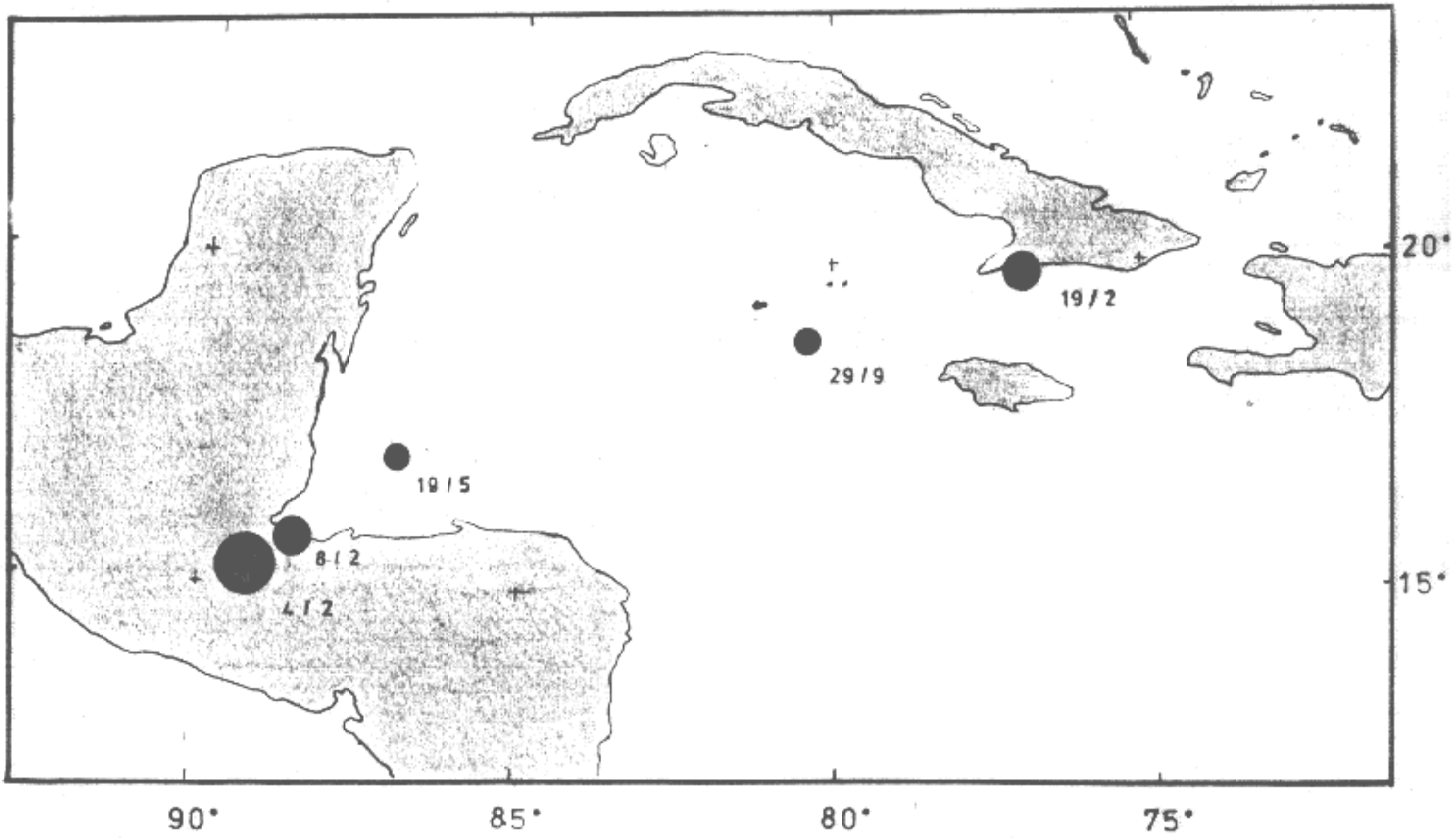


Fig. 9 Eventos independientes ocurridos en 1976 a lo largo de la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica.

Es posible que la hipótesis de Wier (Wier, S., 1978) sea aplicable a los datos experimentales para el caso del terremoto del 19 de febrero de 1976. Esta cuestión, con todas sus implicaciones, debe ser analizada con más detenimiento, lo cual se escapa de los objetivos de este trabajo.

CONDICIONES TECTONICAS DE LA REGION

La situación tectónica de Cuba es sumamente variada y compleja, no pudiendo ser analizada sin contemplar su relación con las estructuras afloradas y sumergidas de la región del Caribe.

Cuba está comprendida en Las Antillas Mayores, uno de los dos arcos insulares que forman parte de la región del Caribe, encontrándose delimitada perfectamente al sur por la falla Caimán (Fosa de Bartlett) con sus dos ramas de rumbo SW-NE que intercepta a la fosa de Puerto Rico en el E; al N limita con la Plataforma de Bahamas y al W con las Plataformas de Bahamas y de Yucatán (Fig. 10), tomando configuración triangular, en un cuadro geodinámico muy activo.

Aunque las zonas con mayor actividad sísmica en la región del Caribe y de América Central son el arco insular de Las Antillas Menores y la costa del Pacífico de A. Central, no se puede perder de vista el borde suroriental de Cuba, donde se han concentrado la inmensa mayoría de los eventos sísmicos del país, que han sido registrados por las redes sismológicas nacional e internacional.

Para el área del Caribe, fue aplicado desde el año 1970 un esquema (Molnar, P., Sykes, L.R., 1969) de los movimientos de las placas, que ha sido enriquecido y mejorado en años sucesivos por contribuciones de estudios geofísicos, geológicos y sismológicos. En base a él, se plantea que Cuba descansa sobre la placa de América del Norte y la manifiesta sismicidad en su región suroriental se encuentra relacionada con el contacto de esta placa con la del Caribe. Una parte del límite actual entre dichas placas lo constituye una estructura sumergida de corteza oceánica de 4-6 km de espesor en su centro y aproximadamente 17 km en sus bordes, originada en el Terciario, la antes mencionada Fosa de Bartlett, con una profundidad de 7 km; presentando dos fallas transcurrentes que la delimitan, además de presentar evidencias de la

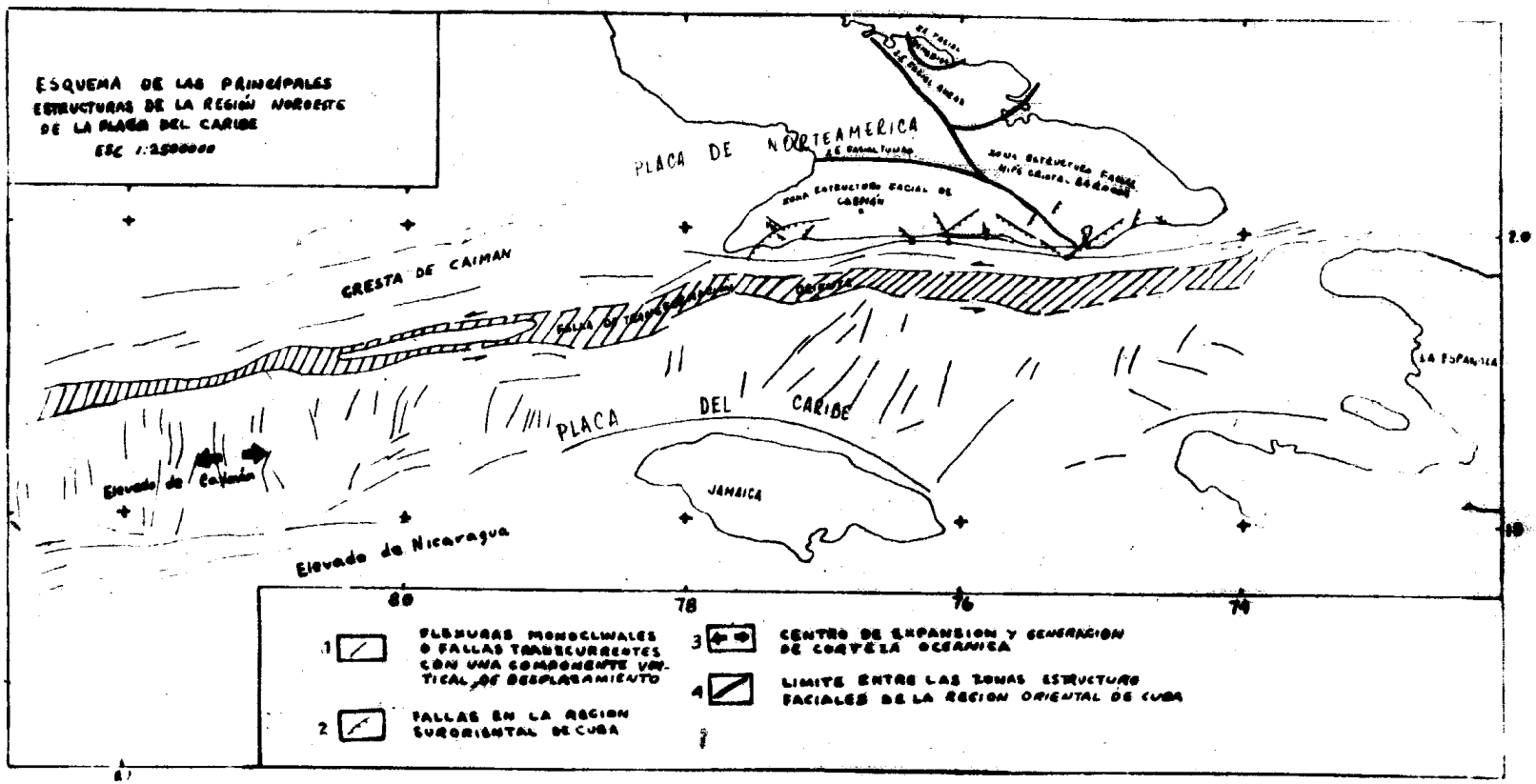


Fig. 10 Esquema de las principales estructuras de la región noroeste de la placa del Caribe.

Modificado de: Case J.E. Holcombe, T.L. (1980)

existencia de un proceso de generación de corteza oceánica (Holcombe, T.L. y otros, 1973) al estilo de los rifts oceánicos en la región de las islas Caymán, donde ocurren terremotos con profundidades de 0-70 km (Case, J.E.; Holcombe, T.L., 1980). Al E, en su intercepción con la fosa de Puerto Rico, se plantea la hipótesis de la existencia de una zona de subducción con la presencia de fallas de charnelas en los bordes de una pequeña placa (Bracey, R; Vogt, P.R., 1970), cuestión ésta discutida (Molnar, P., Sykes, L.R., 1971; Bracey, R., Vogt, P.R., 1971). El límite entre las placas del Caribe y América del Norte se prolonga hacia el W hasta la unión con la placa de Cocos, estando constituído por el sistema de fallas jóvenes y activas de Motagua, Pochelic y Jocotán-Chamelecón, ya en tierras de América Central (Plafker, G., 1977).

La velocidad de generación de corteza oceánica para la región de las Islas Caimán es de 0,4 cm/año (Perfit, M.R., Heezen, B.C., 1978), y en cuanto a las velocidades de los movimientos relativos de las placas del Caribe y de América del Norte han sido estimadas por distintos autores los valores siguientes: (Holcombe, T.L. y otros, 1973) 2,2 cm/año, (Jordan, T.H., 1975) 2,1 cm/año, (Mc. Donald, K.C., Holcombe, T.L., 1978) 2,0 cm/año, donde la placa del Caribe se desplaza de forma lateral-siniestra con respecto a la de América del Norte. El movimiento con respecto a la de América del Sur es de tipo lateral-diestro.

La importancia para el desarrollo de la región del Caribe y en particular de Cuba, de los movimientos de las placas se puede resumir en: Los plegamientos del Cretácico Cenomaniano-Eoceno Superior asociados a la etapa de continentalización de la evolución geológica de Cuba, se plantea que fueron debidos a los movimientos horizontales de retroceso al N y E de las masas continentales del sur que comprimieron a la depresión oceánica, originando de este modo el afloramiento de las Ofiolitas (Iturralde-Vinent, M.A. 1981). Por otra parte la convergencia actual entre las placas de América del Norte y del Sur ha sido planteada por (Ladd, J.W., 1976).

La región oriental de Cuba presenta cinco zonas Estructuro-Faciales; de ellas en la parte sur se encuentran Caimán y Nipe-Cristal-Ba-

racoa, las cuales, a pesar de pertenecer a la zona Zaza, tienen diferentes estadíos de evolución y orientación en sus sistemas montañosos.

La zona **estructuro-facial** Caimán se caracteriza por una tectónica muy compleja, con la presencia de un sistema de fallas laterales de dirección NE-SW, **asociado** fundamentalmente a la orogénesis Cubana y a los movimientos relativos de las placas; un segundo sistema de fallas NWN-SES de tipo compresivo por la convergencia de las placas de América del Norte y del Sur, y, por último, un tercer sistema de fallas (las más jóvenes) formado en el flanco sur de la Sierra Maestra, con rumbo Bartlett, asociados al movimiento lateral-siniestro de la placa del Caribe (fig. 11) (Brigada Cubano-Húngara, 1976). Es aquí, en la zona **estructuro-facial** Caimán donde se han producido los mayores movimientos neotectónicos del país. La zona **estructuro-facial** Nipe-Cristal-Baracoa se caracteriza por una edad más antigua que Caimán y por presentar movimientos de tipo vertical durante la fase orogénica Pirenaica siendo los movimientos horizontales limitados en el tiempo (Cr_2-Paleoceno); la misma se delimita a partir del E de la Bahía de Guantánamo con una estructura disyuntiva definida de dirección NW-SE. Es decir, se manifiesta un contraste de estabilidad tectónica entre ambas zonas **estructuro-faciales** que se **encuentra** en plena correspondencia con los resultados de la actividad sísmica para la región.

El empleo de los materiales cósmicos y aéreos (Trifunov, V.G., Formell, F., Oro, J., Pérez, C., inédito), permitió determinar otros indicios de la actividad tectónica reciente para la región oriental de Cuba, como por ejemplo, la presencia de anticlinales cuya constitución plegada está relacionada con los movimientos laterales siniestros por las fallas Bartlett-Caimán y las condiciones de compresión en la dirección NE-SW. Estos anticlinales se encuentran intercertados por fallas transversales que constituyen el denominado plumaje de la falla Bartlett norte (3^{er} sistema, fig. 11).

Las evidencias de los movimientos de las placas analizadas para la región del Caribe, se encuentran en la migración del vulcanismo en el sentido de las manecillas del reloj desde la zona Arroyo Cangre en Pinar del Río (Cuba) en el J_3, hacia Cuba Central en el Cr, continuando

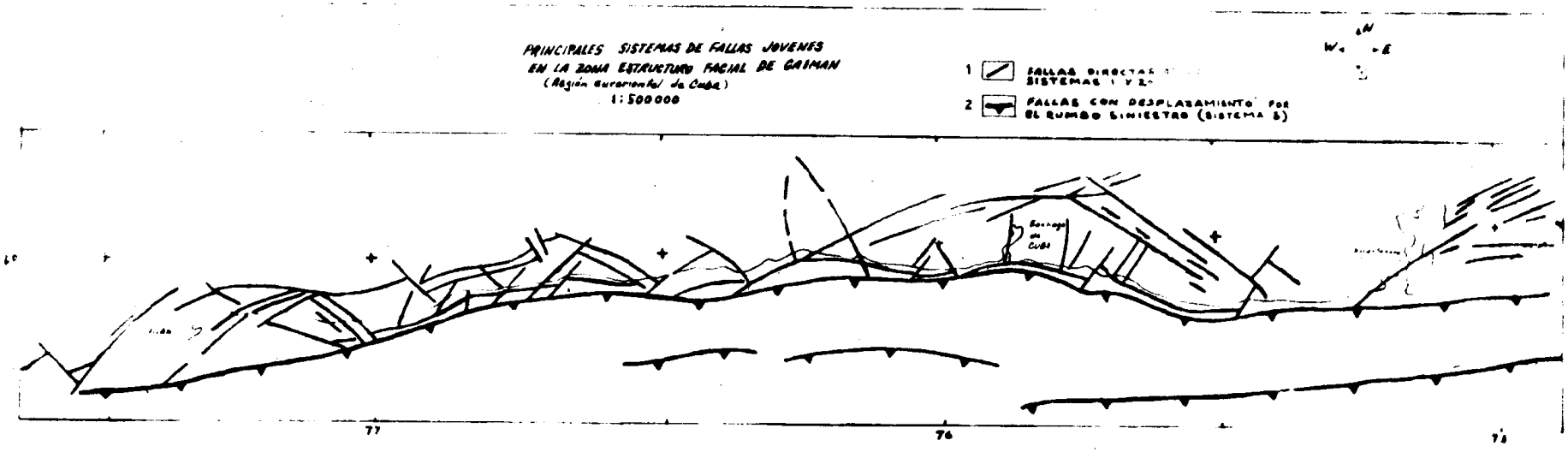


Fig. 11 Principales sistemas de fallas jóvenes en la zona estructuro-facial de Caimán.

Tomado de: Brigada Cubano-Húngara (1976)

a Cuba Oriental ya en el Paleógeno, para encontrarlo actualmente Las Antillas Menores (Oro, J., comunicación personal).

La zona epicentral del terremoto del 19 de febrero de 1976, se encuentra en el borde del bloque Pilón de la zona estructuro-facial Caimán, en que aflora el miembro Pilón (último miembro de la formación Cobre), que se encuentra poligonado por los tres sistemas de fallas antes descritos:

1) Fallas paralelas al eje de la Sierra Maestra que limitan la zona estructuro-facial Caimán.

2) Fallas transversales que dividen en bloques la zona estructuro-facial Caimán.

3) Fallas de plumaje de Bartlett Norte,

y perfectamente diferenciado al E por un escalón más elevado denominado bloque Cobre, en que aflora la típica formación Cobre.

MECANISMOS FOCALES EN LA REGION SURORIENTAL DE CUBA

Como se ha discutido en el epígrafe precedente, el tipo de los procesos tectónicos de la región está determinado por la interacción entre las placas Norteamericana y del Caribe. Lo complejo de esta interacción hace que no exista un desplazamiento simple a lo largo de la frontera entre ellas, aumentando así la importancia de la determinación del mecanismo focal de los terremotos ocurridos en la misma.

Diferentes autores han estudiado los mecanismos focales en la región del Caribe (Wickens, A.J., Hodson, J.H., 1967; Molnar, P., Sykes, L.R., 1969; Mendiguren, J.A., 1966; Kanamori, H., Stewart, G.S., 1978; Dean, B.W., Drake, C.L., 1978; Langer, C.J., Bolinger, G.A., 1979). Para la frontera entre las placas de Norteamérica y del Caribe al oeste de los 72°W han sido obtenidos los mecanismos focales de seis terremotos, cuyos parámetros y soluciones de planos de falla aparecen en la tabla 6, además de cuatro soluciones compuestas para las réplicas del terremoto del 4 de febrero de 1976. En la figura 12 se representan gráficamente sobre un mapa los ejes de tensión (T) y compresión (P) de cada uno de los seis terremotos mencionados.

a)

No	Fecha	t_o	Lat N	Lon W	h	M
1	25 jul 1962	04 37 46.5	19.0	81.2	33	
2	23 feb 1966	05 11 32.5	16.8	85.9	33	4.9(m_b)
3	19 sep 1957	00 28 02.2	16.96	85.60	12	6.0(PAS)
4	20 abr 1962	05 47 55.3	20.6	72.2	25	
5	25 feb 1969	07 39 02.0	15.3	87.4	24	5.4(m_b)
6	4 feb 1976	09 01 43.9	15.28	89.19	5	7.5(M_S)

b)

No	Eje X Az.	Eje X Bu.	Eje Y Az.	Eje Y Bu.	Eje Z Az.	Eje Z Bu.	Eje P Az.	Eje P Bu.	Eje T Az.	Eje T Bu.	Plano X Ru.	Plano X Bu.	Plano Y Ru.	Plano Y Bu.
1	171	0	261	0	81	80	213	7	306	7	261	90	350	80NE
2	160	0	250	10	70	80	204	7	295	7	250	90	34	80NE
3	165	0	75	0	Centro		30	0	120	0	255	90	165	90
4	144	43	20	30	278	31	176	7	74	57	234	47NW	110	60SW
5	356	14	250	48	98	38	205	20	316	44	86	76SE	340	42NE
6	336	0	246	5	66	85	202	4	292	4	66	90SE	336	85NE

TABLA 6.- Parámetros (a) y soluciones de plano de falla (b) de seis terremotos en la frontera de las placas del Caribe y Norteamérica. Del 1 al 4 son tomados de (Molnar, P.; Sykes, L.R., 1969), el No. 5 de (Dean, B.W.; Drake, C.L., 1978), y el No. 6 de (Kanamori, H.; Stewart, G.S., 1978). Las soluciones de plano de falla fueron completadas a partir de los datos dados por los autores. (Az.= azimut, Bz.= buzamiento, Ru.= rumbo)

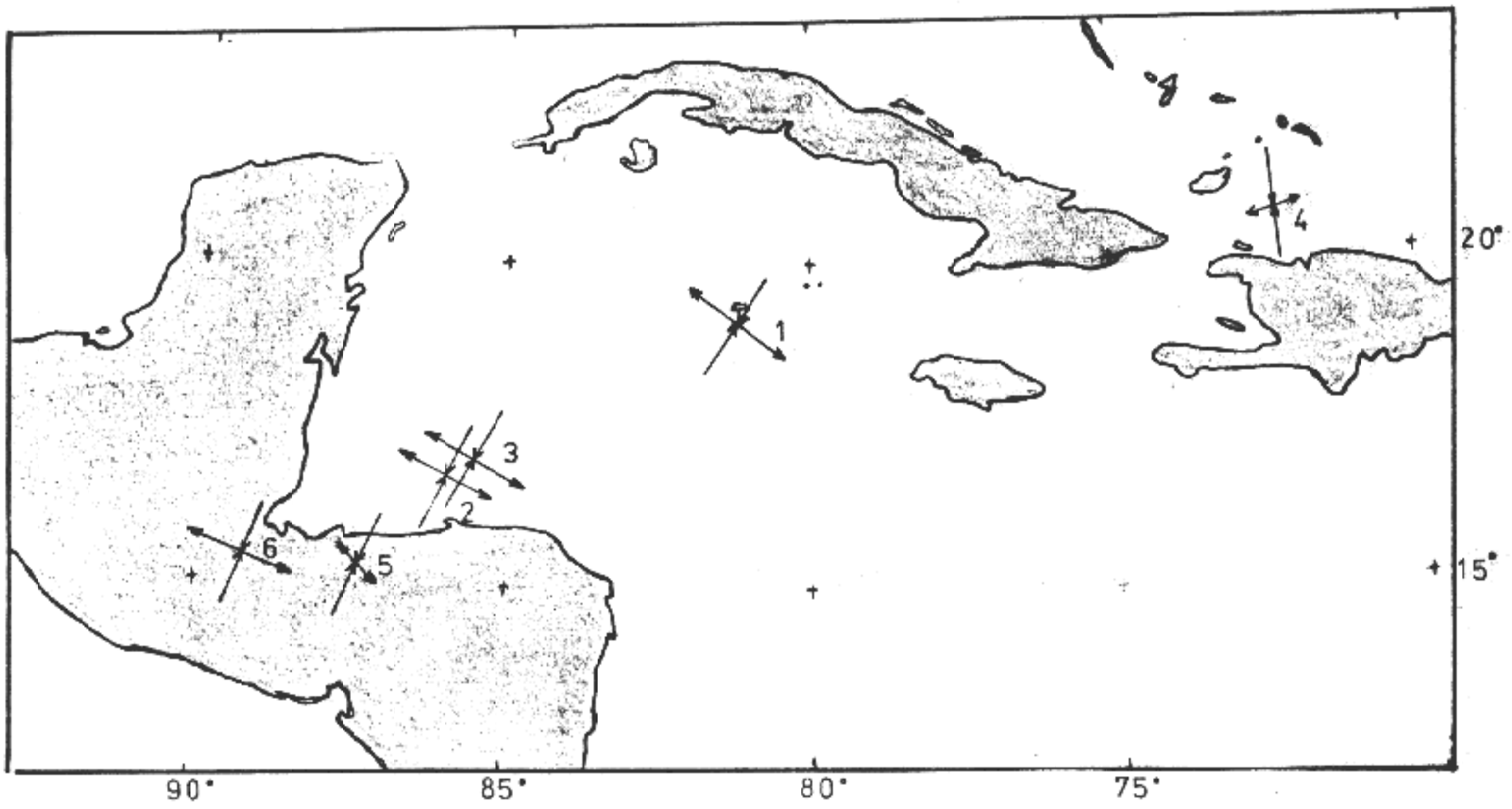


Fig. 12 Mecanismos focales determinados por otros autores. Los números se corresponden con los de la tabla 6

Como se ve de estos datos, existe un vacío en la literatura para la región suroriental de Cuba, por lo que en este trabajo no sólo se realizó un estudio del terremoto del 19 de febrero de 1976 y sus réplicas, sino se incluyeron en el análisis otros terremotos de la región que en los últimos años han sido reportados por estaciones sismológicas alejadas de Cuba. En total se analizaron nueve terremotos, cuyos parámetros se presentan en la tabla 7a.

Se empleó el método de determinación manual de los planos nodales sobre la representación en la red de Wulf de las observaciones del signo del primer impulso de las ondas P en la semiesfera inferior. Se utilizaron fundamentalmente las observaciones de estaciones lejanas al epicentro, incluyendo, en caso de existir, las correspondientes a las estaciones RCC y PLN. El signo del primer impulso de P fue tomado en algunos casos de los boletines del Centro Internacional de Sismología (ISC, 1978), y en otros del análisis directo de copias de sismogramas. El valor del ángulo de emergencia se tomó de tablas $i(\Delta)$ (Balakina, L.M. comunicación personal).

En total fueron determinados cuatro mecanismos focales, dos de ellos soluciones para terremotos simples, y los otros dos, mecanismos compuestos para varios terremotos (Tabla 7b). A continuación se detallan estas soluciones:

1) Terremoto del 19 de febrero de 1976.- sobre la base de 36 lecturas de signos de P tomadas de los boletines internacionales (ISC, 1978) y directamente de los sismogramas de las estaciones cubanas se determinó un mecanismo de corrimiento por el rumbo siniestro (Fig. 13). El total de puntos inconsistentes con la solución fue de 8 para un 22%. El plano X, que se considera correspondiente al plano de falla se determinó con una incertidumbre en el buzamiento de $\pm$ 10°.

2) Réplicas de los días 23 y 24 de febrero de 1976.- mecanismo compuesto determinado sobre la base de 21 lecturas de signos de P tomadas de los boletines internacionales (ISC, 1978) y directamente de los sismogramas de las estaciones cubanas. Corresponde a un fallamiento de tipo normal con plano de falla de rumbo 96°

Fecha	t_o	Lat N	Lon W	h	m_b	Ms
11 oct 1968	02 28 24	19.88	75.92	48	4.3	
16 feb 1969	23 07 28	19.92	75.74	83	4.2	
16 mar 1970	22 48 52	20.14	74.6	89	4.3	
22 dic 1970	17 09 56.0	19.92	75.29	34	4.7	
11 abr 1972	11 56 55	19.09	80.74	19	4.7	
20 may 1973	03 00 09.3	19.71	75.58	33	4.5	
19 feb 1976	13 59 59.8	19.87	76.87	15	5.3	5.7
23 feb 1976	21 58 46.5	19.84	77.12	17	4.9	4.6
24 feb 1976	11 28 34.2	19.84	77.17	24	4.8	

TABLA 7a.- Parámetros de los terremotos usados para determinar mecanismos focales. Los seis primeros son tomados de los boletines del ISC, los tres últimos de las redeterminaciones efectuadas en este trabajo.

Terremoto o grupo de terremotos	Eje X Az. Bu.	Eje Y Az. Bu.	Eje Z Az. Bu.	Eje P Az. Bu.	Eje T Az. Bu.	Plano X Ru. Bu.	Plano Y Ru. Bu.
19 feb 1976	356 10	266 4	148 80	40 4	310 11	86 80SE	356 86NE
23 feb 1976 24 feb 1976	220 30	5 55	118 16	258 69	26 13	310 60NE	95 35SW
11 oct 1968 16 feb 1969 16 mar 1970 22 dic 1970 20 may 1973	158 32	54 20	296 50	198 8	102 40	248 58NW	144 70SW
11 abr 1972	345 2	75 20	257 70	28 14	122 13	75 88SE	165 70SW

TABLA 7b.- Soluciones de plano de falla obtenidas.

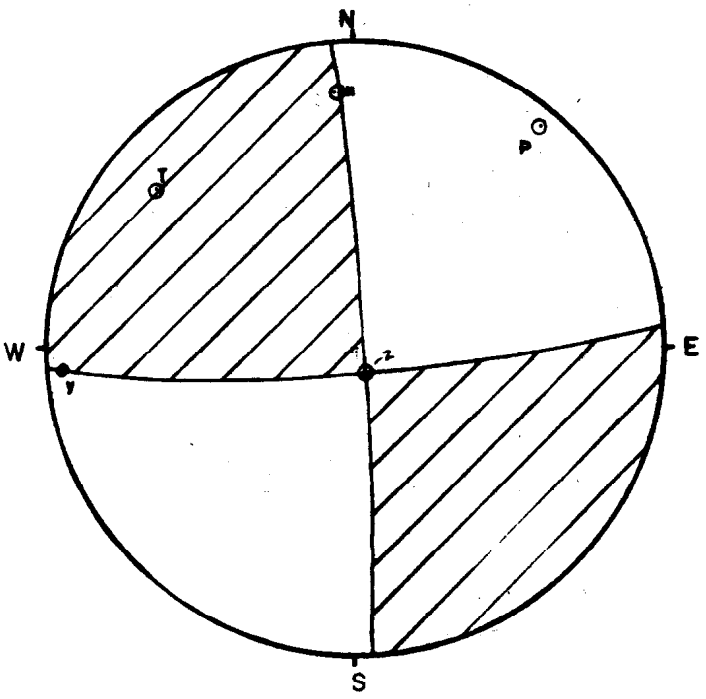


Fig. 13 Mecanismo focal del terremoto del 19 de febrero de 1976

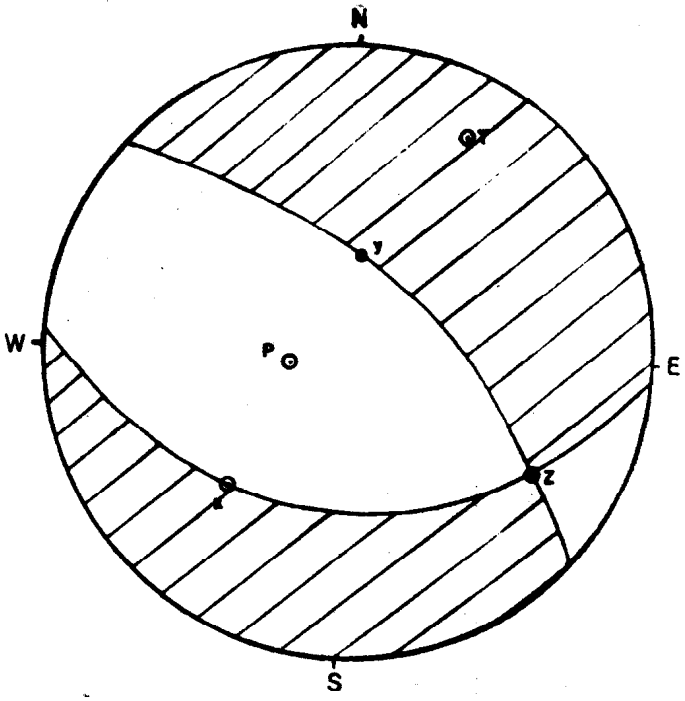


Fig. 14 Mecanismo compuesto de las réplicas del 23 y 24 de febrero de 1976

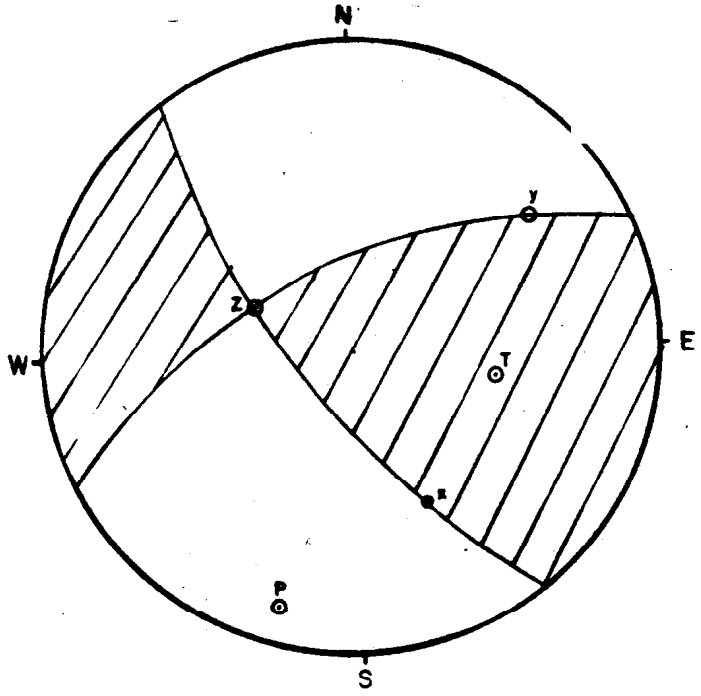


Fig. 15 Mecanismo compuesto de cinco terremotos en la región suroriental de Cuba (11 oct 1968, 16 feb 1969, 16 mar 1970, 22 dic 1970, 20 may 1973).

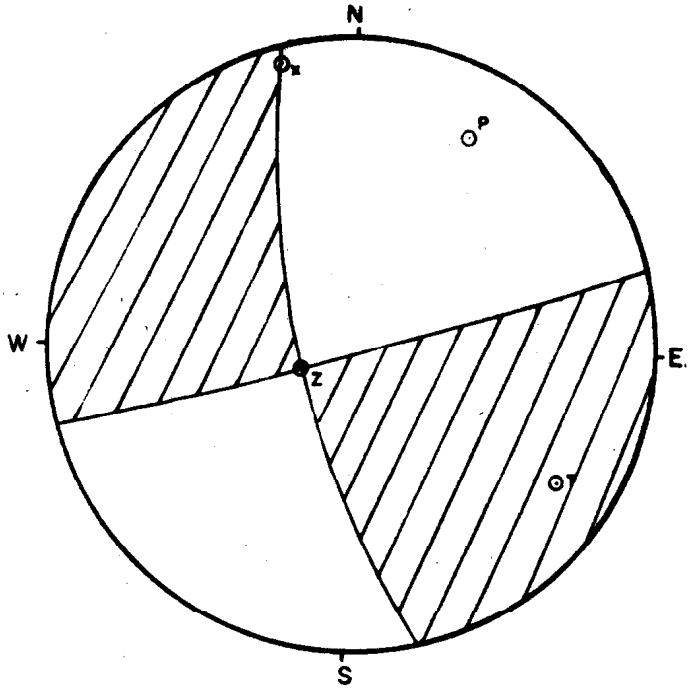


Fig. 16 Mecanismo focal del terremoto del 11 de abril de 1970.

y buzamientos de 36° hacia el sur (Fig. 14). El total de puntos inconsistentes fue de 4 para un total de 19%. Sin embargo la poca cantidad de puntos utilizados hace poco confiable esta solución.

3) Terremotos del 11 de octubre de 1968, 16 de febrero de 1969, 16 de marzo de 1970, 22 de diciembre de 1972 y del 20 de mayo de 1973.- mecanismo compuesto determinado sobre la base de 54 lecturas de P medidas directamente de sismogramas de la red WWSSN y de las estaciones cubanas. Corresponde a un corrimiento por el rumbo siniestro (Figura 15), pero en este caso el plano de falla buza hacia tierra firme, al contrario de lo que ocurre para el del 19 de febrero de 1976. El número de puntos inconsistentes fue de 12, para un 22%.

4) Terremoto del 11 de abril de 1972. Sobre la base de 20 lecturas de signo de P medidos directamente de sismogramas de la red WWSSN y de las estaciones cubanas se determinó un mecanismo del tipo de corrimiento por el rumbo siniestro (Figura 16). El plano X, que se considera correspondiente al plano de falla se determinó con una incertidumbre de $\pm$ 12° en el buzamiento. El total de puntos inconsistentes fue de 2 para un 10%. Sin embargo, la poca cantidad de puntos utilizada hace poco confiable esta solución.

En la figura 17 se representan sobre un mapa los ejes P y T determinados en cada caso. Con excepción del mecanismo correspondiente a las réplicas del 23 y 24 de febrero de 1976, el cuadro obtenido reafirma los planteamientos sobre el corrimiento de la placa del Caribe con respecto a la Norteamericana. Los planos de falla seleccionados coinciden en lo fundamental con la dirección de la frontera entre las placas. Las soluciones 1 y 4 corresponden a desplazamientos por el rumbo netos a lo largo de dicha frontera. La solución 3 tiene una alta componente de desplazamiento por el rumbo, pero el buzamiento mayor de sus ejes de tensión indica la presencia de cierto movimiento del tipo "thrust". Sin embargo, en este caso se debe señalar que el plano de falla buza hacia el interior de la Isla, contrario a lo que se debía esperar dado el tipo de estructura presente y la actividad sísmica actual de la región (Alvarez, H., 1974). Finalmente, el mecanismo normal de la solución 2 significa que

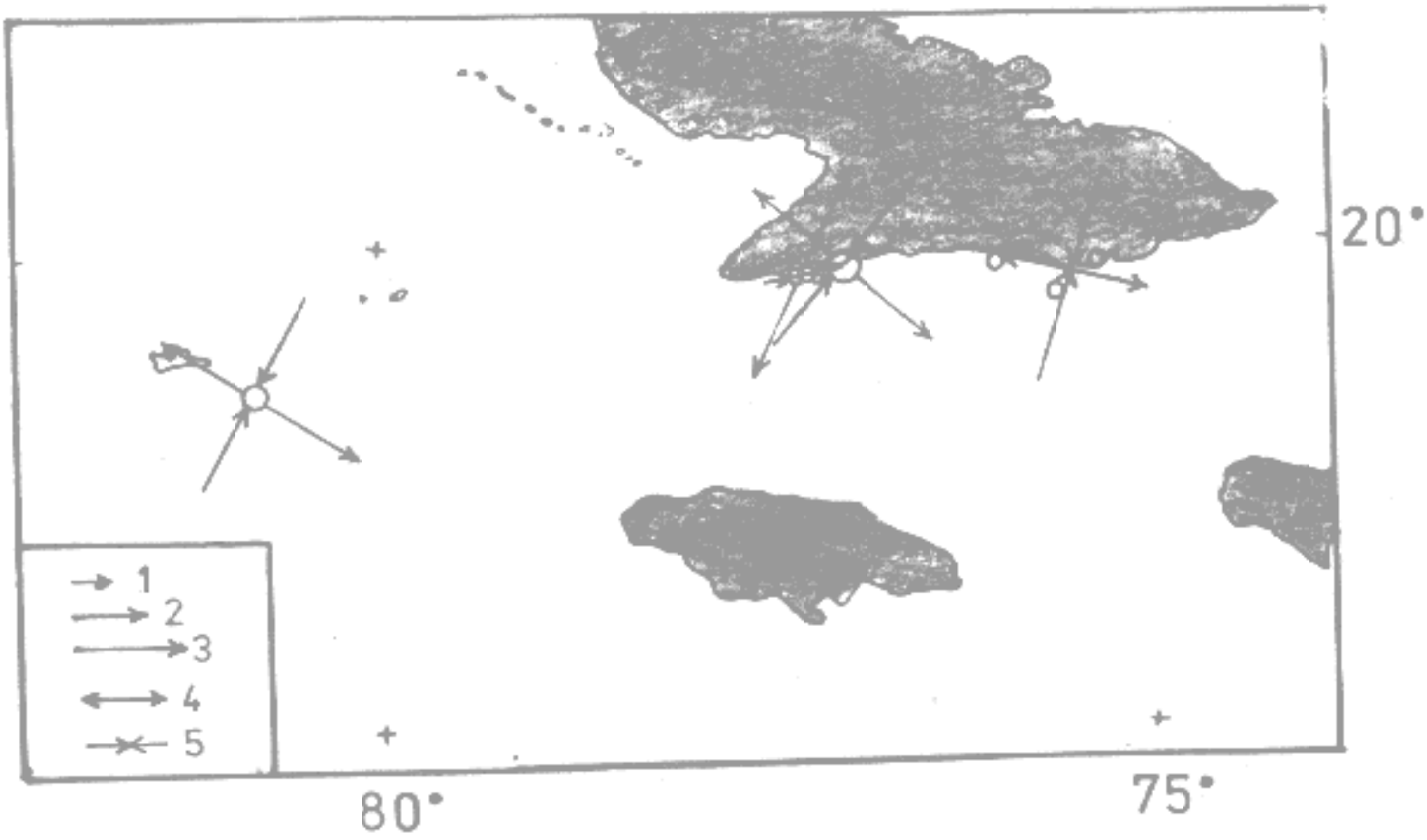


Fig. 17 Ejes de presión (P) y tensión (T) de las soluciones halladas. 1- buzamiento mayor que 60°, 2- idem entre 30° y 60°, 3- idem menor que 30°, 4- Eje T, 5- Eje P

las réplicas más fuertes del terremoto del 19 de febrero de 1976 fueron debidas a reajustes verticales en el sistema Bartlett-Caimán.

EFECTOS MACROSISMICOS DEL TERREMOTO DEL 19 DE FEBRERO DE 1976 Y DE LA ACTIVIDAD POSTERIOR.

Como se planteó en la introducción, este sismo fue el más fuerte de los ocurridos en los últimos 35 años, y sus efectos se hicieron sentir sobre una amplia área de la región oriental. Incluso, en la vecina isla de Jamaica, distante unos 140 km al sur de Cuba, fueron sentidas sacudidas de V grados en la escala Mercalli-Modificada (NEIS, 1976). La intensidad máxima reportada se circunscribe a un tramo de la costa cercano a la localidad de Pilón y corresponde a VIII grados en la escala MSK-78. Esta escala es una variante mejorada de la mundialmente conocida MSK-64, introducida recientemente en la práctica sismológica con resultados satisfactorios (MSK-78, 1981).

El área afectada incluye las provincias de Granma, Santiago de Cuba, Holguín y Las Tunas, así como gran parte de las provincias Guantánamo y Camagüey. Una buena parte de la misma fue recorrida en ocasión de los trabajos de campo realizados inmediatamente después de ocurrir este terremoto, lo que permitió realizar una evaluación de las intensidades con que fue percibido el mismo en las diferentes localidades. Un resumen de los datos que se consideran más importantes se presenta en la tabla 8. Por otra parte, en la figura 18 se presentan fotos de los efectos en diferentes lugares de la localidad de Pilón.

Este material, complementado con reportes llegados al Instituto de Geofísica y Astronomía por diferentes vías sirvió de base para la confección del mapa de isosistas (fig. 19).

Si se compara este mapa con las isosistas teóricas obtenidas de la ecuación de campo macrosísmico propuesta por Fedótov S.A., Shumílina, L.C., 1971).

$$I = 1.5\,M_S - 2.63\,\lg r - 0.0087\,r + 2.5$$

evaluada para Ms=5.7 y h=15 km (fig. 20), se observa una correspondencia bastante buena para la dirección paralela a la estructura principal, lo que corrobora lo planteado por (Alvarez, L., Buné, V.I., 1977) de que

TABLA No. 3.- Principales daños señalados del sismo del 19 de febrero de 1976.

Pilón (VIII). En el espigón de la Terminal Pesquera se volcaron motores V8, las piezas y herramientas cayeron de los estantes y mesas; un banco de trabajo de gran peso, se corrió varios centímetros de su posición original. En el espigón del Central los soportes de acero de la conductora de melaza se abrieron y desajustaron, una masa de acero de 0.5 tonelada se corrió 2 cms., los tachos del Central se corrieron 3,5 cms. de su posición original, se partió una tubería de hierro colado de 1 cm. de espesor y 30 cms. de diámetro. Fue sentido con extraordinaria violencia por los obreros, algunos de los cuales perdieron el equilibrio y cayeron. Se reporta sentido en vehículos en movimiento. Se señalan daños en el 80% de las edificaciones, grietas en el terreno, derrame de líquidos de sus envases, desplazamiento de muebles en las habitaciones y sentidas las oscilaciones en un barco atracado en el muelle. Produjo daños de consideración en el Centro Escolar y el Centro Comercial, tales como rotura de las paredes y caída de pedazos de placa. Se señalan deformaciones en los railes del puente que conduce al embarcadero.

Punta de Hicacos (VIII). El extremo más oriental de la Punta es una barra de arena donde se ubica un albergue de madera y piso de cemento; en él se reportan grandes fracturas en numerosos lugares del piso; todas las literas, bancos, etc., cambiaron de posición o se cayeron; se señalan daños en una mesa de concreto y en las paredes del Centro Turístico que se encontraba en construcción, se produjeron grietas grandes y profundas, así como fracturas en numerosos lugares de los muros del parqueo y en las aceras. Los pescadores vieron revolverse el fondo del mar en la orilla de la barra de arena.

Camarón Grande (VIII). Se señalan el colapso total de una casa de mampostería y placa, así como la caída violenta de objetos en casas de construcción rústica. Se reportan cambios de nivel en los pozos y manantiales, así como el surgimiento de otros manantiales. Se señalan derrumbes en taludes artificiales de pendiente superior a los 45°, ocasionando la interrupción de caminos. Se produjeron grietas largas en el terre-

Mota (VII-VIII). Se produjeron grietas de mayor o menor envergadura en

todas las construcciones de mampostería. Se reporta que en el Centro Escolar se partió una columna de concreto provocando una grieta de gran tamaño en la placa, la cual presenta además grietas largas por debajo y por arriba. La placa quedó despegada de las paredes.

Pico Turquino (VII). Se partió y cayó un monumento geodésico de concreto cuya base al parecer no estaba bien asentada. El monumento de José Martí presenta una grieta fina de más de un metro de largo, así como grietas horizontales en su base de asentamiento. Se reportan deslizamientos en el terreno y grietas en las rocas.

Pico Cuba (VII). Se produjeron deslizamientos en las pendientes naturales de gran inclinación. Una casa de madera y techo de zinc colapsó totalmente, otra quedó inclinada y en una tercera la pared quedó hundida como si hubiera sido golpeada por una masa. Los hornos circulares de la casa museo se fracturaron en varios lugares. Se produjeron grietas en las rocas.

Las Mercedes (VII). Se reportan grietas profundas que cortan las paredes de bloques y caída del repello en la Casa de la Cultura, el Centro Escolar y casas de vivienda; caída al piso de objetos colgados en las paredes; grietas grandes en la unión de las columnas de concreto con las vigas del techo y grietas profundas en las paredes de bloque en el Comedor del INIT. La chimenea del horno de la panadería se fracturó y cayó. Se reporta la interrupción del camino que conduce de Vega a Purgatorio. Se señala la caída al piso de planchas metálicas recostadas en una pared.

Cieneguilla (VII). Produjo pánico en la población. Se señalan largas grietas verticales y horizontales en todas las construcciones de mampostería y placa. En las tiendas de ropa, víveres y farmacia se precipitó la mercancía al piso. Se reporta que en el edificio de la FMC se despegó la placa de las paredes.

Playa Caletón de Mota (VII). En el Centro Turístico recientemente se reportan grietas en todas las paredes y en las columnas de concreto, fracturas en los muros del parqueo, grietas largas en las aceras y áreas cementadas, rotura de celosías ornamentales de ladrillo y de los bancos de la parada de ómnibus.

Punta Piedra (VII). Llanura despoblada con una sola vivienda de yagua y guano. Sentida por los moradores con extraordinaria fuerza. Se derramó el agua de los tanques, se cayeron al suelo taburetes y objetos de los estantes. Los horcones de la casa se aflojaron. Se señalan grietas en el terreno.

Marea del Portillo (VII). Se produjeron grietas grandes en todos los edificios de mampostería; en el mostrador de cemento del Círculo Social se señalan grietas grandes. En el horno de la panadería se señalan grietas grandes que practicamente lo cortaron en dos. Se reporta la caída de todas las mercancías en exhibición en las tiendas.

Río Camaroncito (VII). Zona despoblada. En el cañón del río del mismo nombre se observaron derrumbes en las laderas naturales y largas grietas verticales de varios centímetros.

Ocujal (VII). Se reporta sentido con fuerza por toda la población. En todas las construcciones de mampostería y placa se presentan grietas finas y largas tanto horizontal como verticalmente. En todas las dependencias de víveres, ropa y medicinas se precipitó al piso gran parte de la mercancía. Se reportan algunos deslizamientos en los taludes artificiales.

Pozo Redondo (VI-VII). Produjo pánico en la población. Se señala la caída de muchos objetos de los estantes y vitrinas. En el Centro Escolar se reportan grietas largas en las uniones de la placa con las paredes, grietas en algunas columnas de concreto, aplastamiento en la zona de contacto de las placas y columnas, así como grietas largas horizontales y verticales en las paredes. Se reporta el desplome de un bo[illegible]o que presumiblemente estaba defectuoso.

Alto de Jo (VI-VII). Se señalan grietas largas tanto verticales como horizontales en las construcciones de mampostería. En el Centro Escolar de reciente construcción se reportan grietas en la placa además de grietas grandes en las paredes.

Politécnico J.L. Tassende de Media Luna (VI-VII). Produjo pánico entre los alumnos y profesores, los cuales abandonaron las aulas. Se señalan grietas grandes en las paredes y separación de los elementos prefabricados que componen las paredes y el techo. Se reportan fracturas en algu-

nos puntos de unión entre las paredes y el techo con desprendimiento de pedazos de concreto.

Politécnico 2 de diciembre de Niquero (VI-VII). Produjo pánico entre los alumnos y profesores, los cuales abandonaron los locales. Se reportan grietas grandes en todo el edificio, separación de los elementos prefabricados que componen las paredes y el techo, así como fracturas en los puntos de unión entre las paredes y el techo. Se señalan grietas finas en las columnas de concreto.

Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos (VI-VII). Se reportan la caída de lámparas fluorescentes, grietas largas en las paredes de bloque, grietas finas en las columnas de concreto, caída de celosías ornamentales y del repello de las paredes en las edificaciones de las escuelas. Produjo pánico en los alumnos y profesores.

Baire (VI). Produjo pánico en la población, la cual abandonó las casas y locales. Se reportan grietas finas y caída de repello en las paredes de las edificaciones. En el Policlínico y en la Fábrica de Piensos se señalan estos daños, así como grietas en las uniones de las paredes con la placa en el segundo piso y la caída de objetos en el laboratorio del primero. En la nave de la Fábrica de Viviendas (construcción de ladrillo sin alquitrabe) se reportan grietas largas en las paredes.

Veguitas (VI). Produjo pánico en la población. Se señalan grietas finas en las paredes de una casa de bloques y en la Estación Meteorológica. En la Escuela Secundaria Básica No. 4 produjo pánico en los alumnos y profesores, rompimiento de cristales y recipientes de laboratorio, así como grietas largas en las paredes de la cocina, caída de azulejos y grietas finas en los techos.

Alegría de Pío (VI). Produjo pánico en la población. En la tienda del pueblo se cayó al suelo la mercancía de exhibición y una estiba en el almacén. Se señala la caída de numerosos objetos en las casas. Se reporta que muchas personas perdieron el equilibrio.

La Magdalena (VI). Se reporta sentido con fuerza por toda la población. En la Tienda del Pueblo se precipitó al suelo gran parte de la mercancía. Se reporta la caída de objetos en muchas casas.

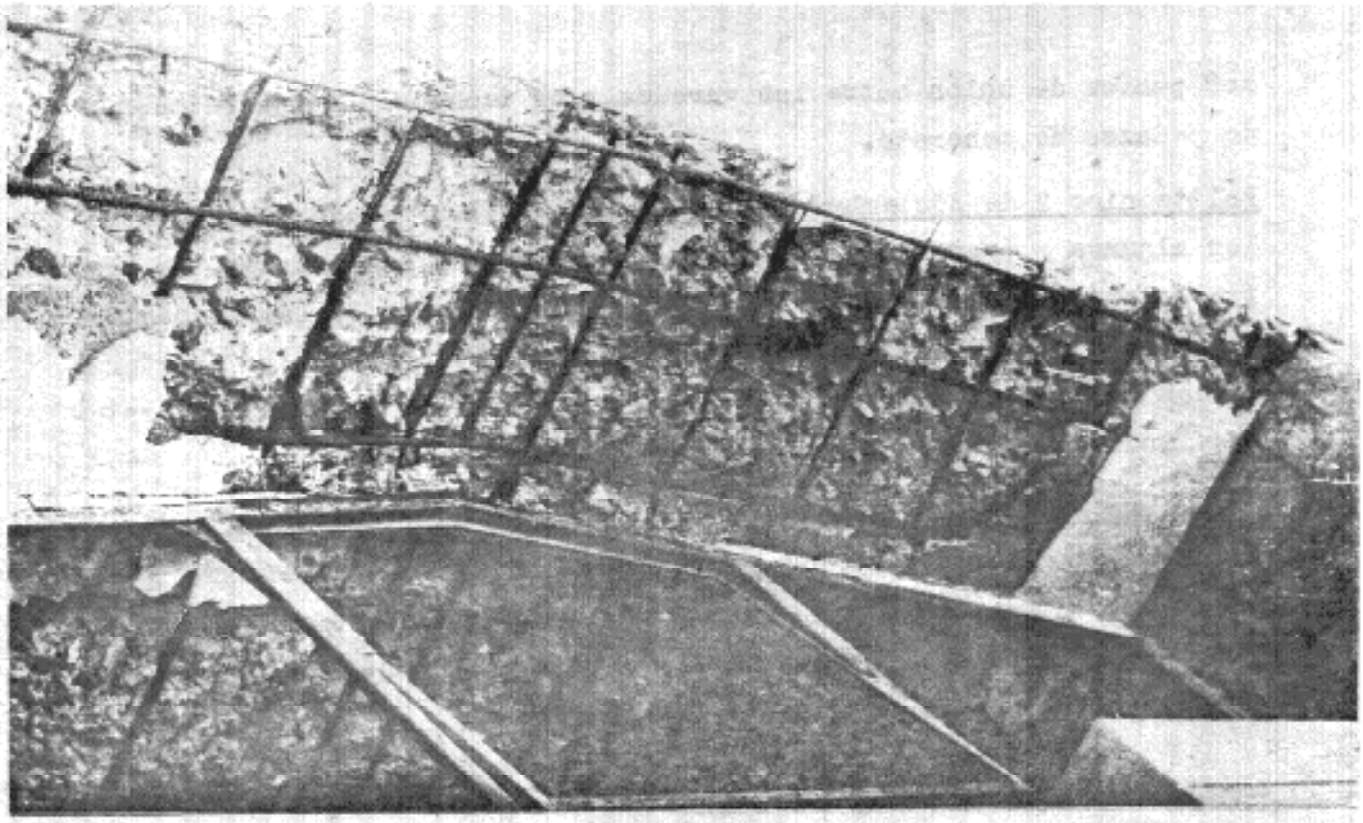
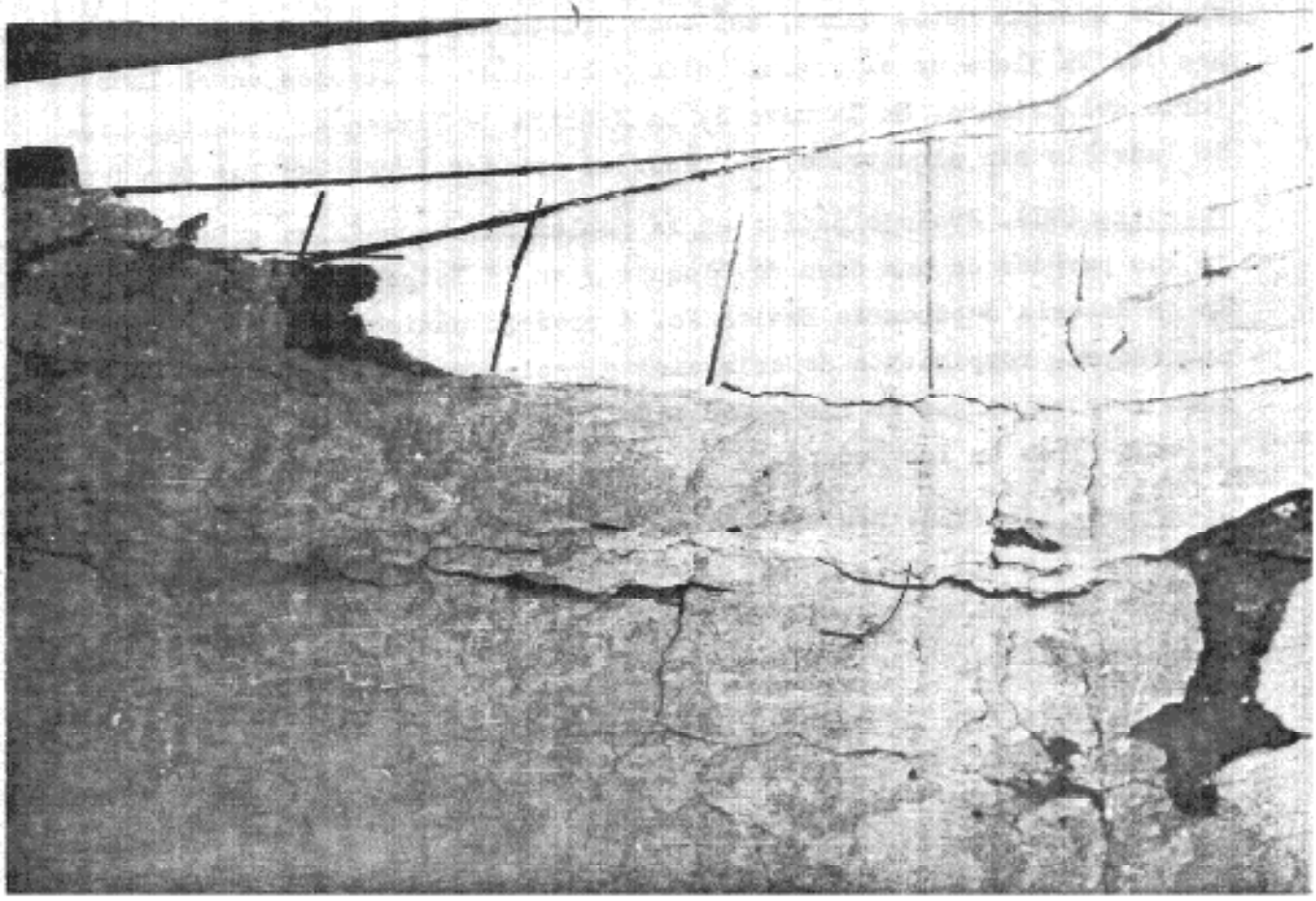


Рис. 19 а. Вид [illegible]



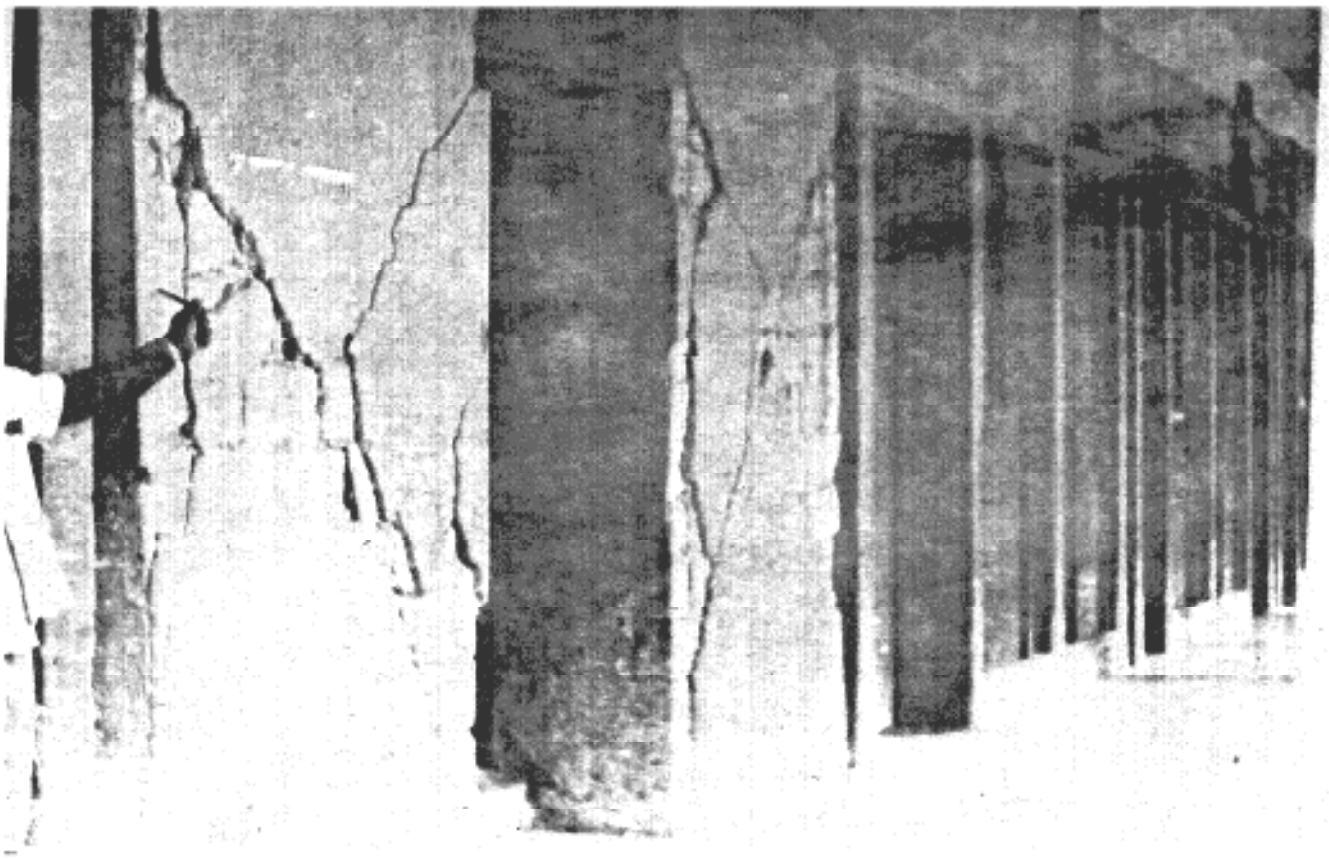


Fig. 18 c. Pilón. Grietas grandes y profundas en paredes.

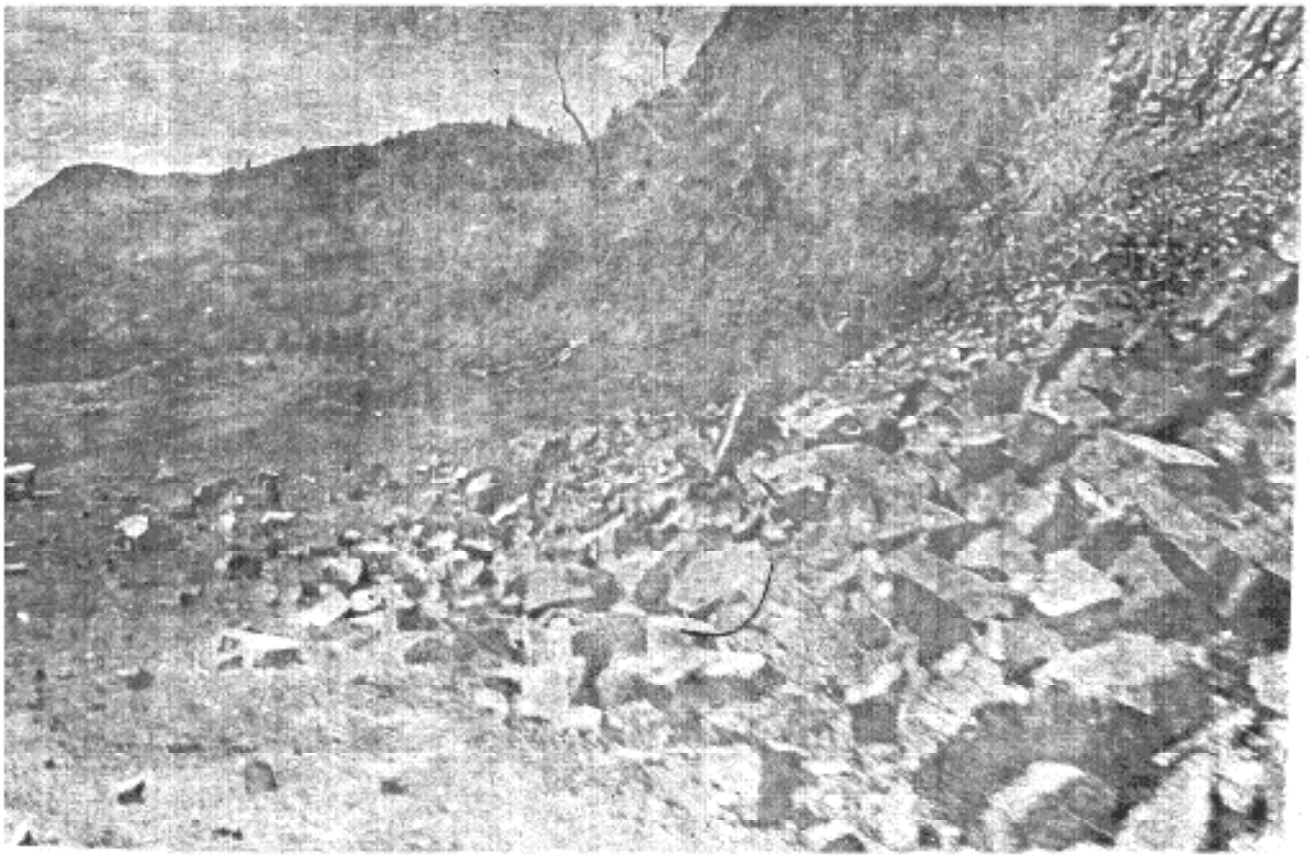


Fig. 18 d. Deslizamiento de rocas en una zona cercana a Pilón.

ésa es la fórmula de atenuación de las intensidades que mejor se ajusta a las condiciones del arco insular del Caribe.

Se debe señalar que la comparación no se hizo a partir del epicentro determinado instrumentalmente, sino a partir del centro de la zona focal, aproximadamente en los 19.9°N y los 77.1°W.

Por otra parte, en la figura 5.20 se observan otros tres fenómenos característicos:

- Deformación de las isosistas experimentales a través de un alargamiento en la dirección de la estructura tectónica Guacanayabo-Nipe.
- Extensión hacia el oeste de las isosistas de grados mayores. Un detalle de la isosista de VIII grados se muestra en la figura 5.21.
- Mayor atenuación en la dirección perpendicular a la estructura principal, formando cada isosista una elipse. La razón media de los semiejes es de A/B= 1.57.

Un ajuste mucho mejor se obtiene utilizando el modelo de isosistas elípticas discutido en 1.3. En la fig. 5.22 se presenta la superposición de las isosistas experimentales y el modelo obtenido para A/B= 1.57 y dirección de validez de la fórmula de campo macrosísmico (1.16) paralela a la orientación de la estructura causante del terremoto.

Las réplicas del terremoto del 19 de febrero de 1976 fueron perceptibles en gran número, reportándose 40 en Pilón, y un número menor de ellas en otras localidades. Las más fuertes son las correspondientes a los días 23 y 24 de febrero estudiadas anteriormente, las cuales produjeron intensidades de VI grados en Pilón, con un área de perceptibilidad considerable.

000346

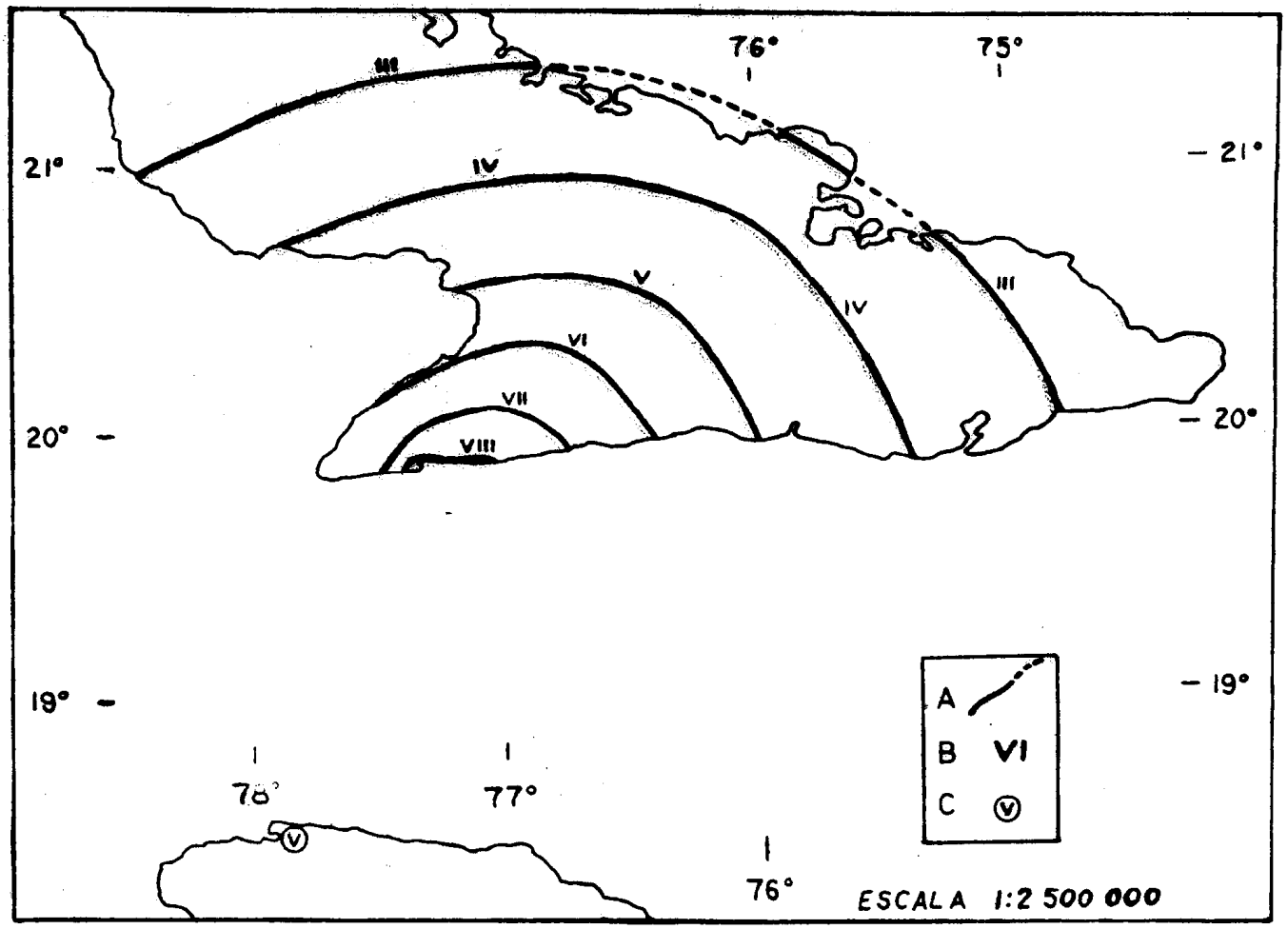


Fig. 19 Isosistas del terremoto del 19 de febrero. A- isosistas, B- valores de intensidad, C- intensidad reportada en Montego Bay, Jamaica.

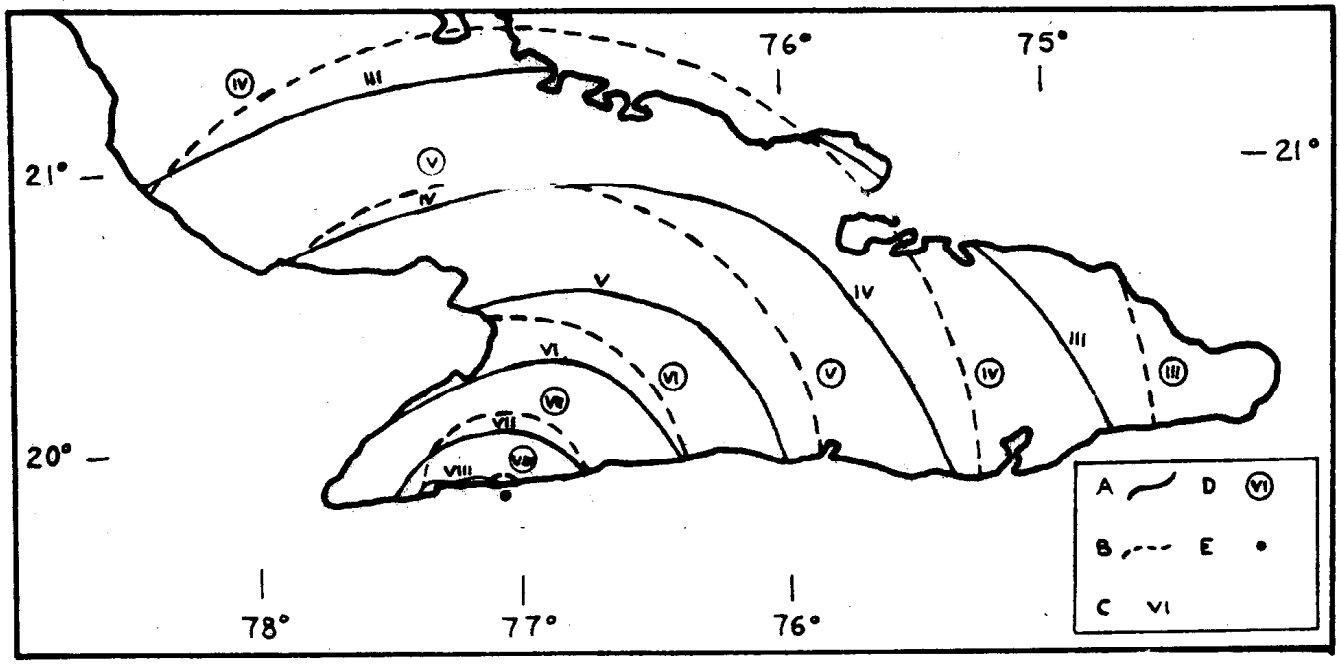


Fig. 20 Comparación de las isosistas experimentales con las teóricas circulares de Fedótov. A- isosistas experimentales, B- idem teóricas, C- valor de intensidad de isosista experimental, D- idem teórica, E- epicentro macrosísmico.

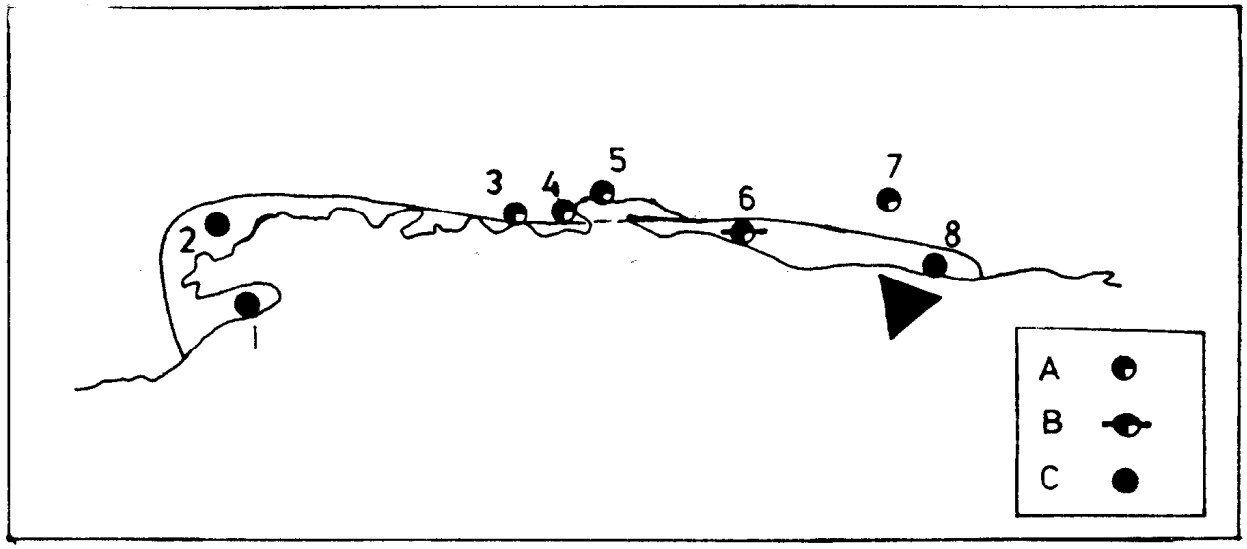


Fig. 21 Detalle de la isosista de VIII grados. A: VII grados, B: VII-VIII grados, C: VIII grados, 1: Punta Hicacos, 2: Filón, 3: Punta Piedra, 4: Caletón de Mota, 5: Mareo del Portillo, 6: Mota, 7: Río Camaroncito, 8: Camarón Grande.

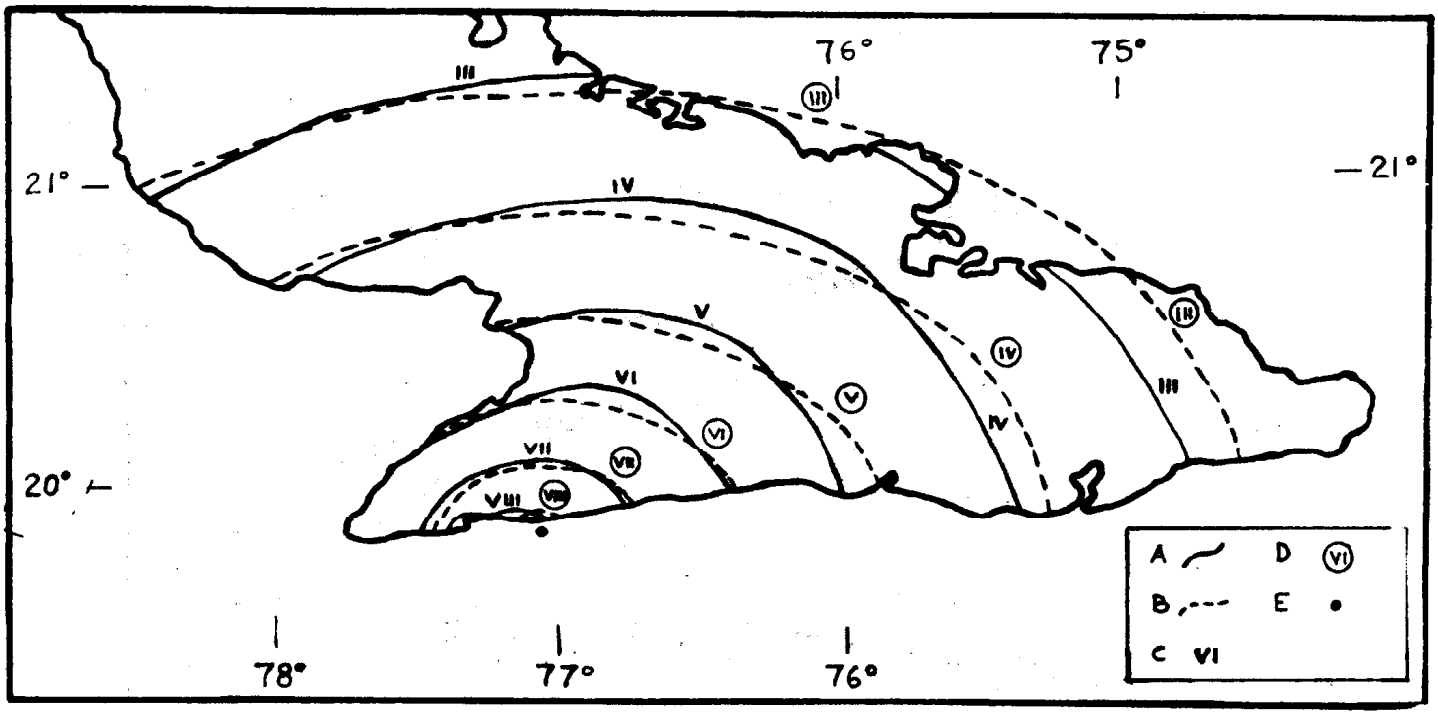


Fig. 22 Comparación de las isosistas experimentales con las teóricas elípticas propuestas en este trabajo. La simbología es similar a la de la fig. 20.

En la Tabla 9 se presenta un listado de las réplicas perceptibles. En el caso de haber sido registradas por PLN y RCC los valores de t_o y K corresponden a los de la Tabla 2. En caso de sólo haber sido registradas por PLN, el valor de t_o se estimó en base al tiempo de registro en dicha estación. La estimación del valor de K en este caso conllevó un trabajo adicional. Como el registro en la estación PLN era en una so la componente, no se podían aplicar las técnicas usuales de determinación de K (Rautian, T.G., 1964). Para distancias tan cortas, la solución más viable resulta la estimación de magnitud en base a la duración del registro, la cual es muy usada en las redes locales (Lee, W.H.K.; Lahr, J.C.; 1978).

$$M = a \lg \tau + b\Delta + c$$

Estas estimaciones de magnitud tienen un carácter regional (y una fuerte dependencia del tipo de equipos utilizados, por lo que resulta conveniente calibrarlas para cada caso particular.

En este caso se realizaron las mediciones del tiempo de duración de la señal τ desde el inicio de P hasta que la señal tenía una amplitud de 1 mm en el registro, en la estación PLN en la componente de amplificación V=25,000. Considerando una distancia epicentral aproximadamente igual para todas las réplicas se obtuvo una relación entre la K determinada por RCC y la duración τ en PLN de la forma

$$K = (3.3 \pm 0.6) \lg \tau + (3.3 \pm 1.4)$$

que se utilizó para estimar los valores de K en caso de sólo haberse registrado la réplica en la estación PLN.

En caso de no haber sido registrada por ninguna estación, el valor de t_o se da en base al reporte macrosísmico y no se evalúa K.

DISCUSION

Resulta interesante el hecho de que la zona de réplicas se encuentra ubicada a unos 30 km del epicentro del terremoto principal. Si bien es cierto que la determinación del epicentro de este terremoto se hizo con estaciones alejadas y no pudo ser verificada con nuestras estaciones, es obvio que los errores en los parámetros de eventos de esta mag-

TABLA 9: Réplicas perceptibles del sismo de Pilón del 19 de febrero de 1976.

Fecha	Hora (UT)	K	M	Lugares donde se reportó perceptible
1976 Feb 23	21:58:46,5	12,2	m_b=4,9 M_s=4,6	Pilón (VI), Veguitas, Las Mercedes, Niquero, Campechuela, San Ramón, Manzanillo, Santiago de Cuba, Central B. Masó, Yara, C.E. Camilo Cienfuegos, Guisa, Jiguaní, Santa Rita, Vado del Yeso, Buey Arriba, Mabay, Baire, Palma Soriano, Bayamo, Cauto Cristo, Babiney.
1976 Feb 24	08:28:54,2	11,1		Pilón (V), Manzanillo, Las Mercedes, Central B. Masó, Yara, Veguitas, C.E. Camilo Cienfuegos, Guisa, Jiguaní, Santa Rita, Río Cauto, Buey Arriba, Mabay, Palma-Soriano, Bayamo.
1976 Feb 24	08:35:05,8	11,2		Pilón (IV)
1976 Feb 24	11:28:34,2	12,7	m_b=4,8	Pilón (VI), Niquero, Manzanillo, Las Mercedes, C. Bartolomé Masó, Yara, Veguitas, C.E. Camilo Cienfuegos, Guisa, Jiguaní, Santa Rita, Río Cauto, Buey Arriba, Mabay, Baire, Palma Soriano, Bayamo.
1976 Feb 24	22:11:46,2	9,9		Pilón (IV), Manzanillo, Las Mercedes, Central B. Masó, Yara, Veguitas.
1976 Feb 25	08:58:14,8	10,8		Pilón (III).
1976 Feb 25	14:27:17,8	10,2		Pilón (III).
1976 Feb 27	02:30:32			Pilón (II).
1976 Feb 28	02:33:47			Pilón (III).
1976 Feb 28	13:53:10,8	10,2		Pilón (III).
1976 Feb 28	21:20:49,5	9,8		Pilón (III).
1976 Feb 29	14:57:02,8	9,2		Pilón (III).
1976 Mar 03	14:18:37,4	8,6		Pilón (II).
1976 Mar 04	03:09:03,1	11,5		Pilón (IV), Santiago de Cuba, Babiney, Buey Arriba, Jiguaní, Santa Rita, Palma Soriano, Baire, Chivirico.

Fecha	Hora (UT)	K	M	Lugares donde se reportó perceptible
1976 Mar 04	03:10:24,8	11,0		Pilón (IV).
1976 Mar 04	03:11:16,4	10,4		Pilón (III).
1976 Mar 04	03:26:20,2	9,8		Pilón (II).
1976 Mar 04	03:34:27,2	8,7		Pilón (II).
1976 Mar 04	03:38:32,8	9,1		Pilón (II).
1976 Mar 04	03:50:30,2	7,6		Pilón (II).
1976 Mar 04	04:17:33,0	8,2		Pilón (II).
1976 Mar 04	04:49:43,8	9,4		Pilón (II).
1976 Mar 04	05:07:22,6	7,3		Pilón (II).
1976 Mar 10	09:06:32,5	8,6		Pilón (II), La Plata (II), Cieneguilla (II).
1976 Mar 10	09:08:12,5	12,0		Pilón (III), La Plata (III), Cieneguilla (III).
1976 Mar 12	13:42:47,5	9,3		Pilón (II).
1976 Mar 12	14:50:34,5	8,0		Pilón (II).
1976 Mar 13	01:13:16,2	8,9		Pilón (II).
1976 Mar 13	01:36:33,8	10,2		Pilón (III).
1976 Mar 14	08:35:26,2	7,5		Pilón (II).
1976 Mar 17	04:07:23,4	10		Pilón (IV).
1976 Mar 17	04:57:36,6	9,6		Pilón (II).
1976 Mar 17	15:23:27,2	10,9		Pilón (IV).
1976 Mar 17	15:26:34,2	7,7		Pilón (II).
1976 Mar 18	21:01:95,2	9		Pilón (II).
1976 Mar 20	10:01:04,8	11,6		Pilón (III).
1976 Mar 20	11:52:32,4	11,6		Pilón (III).
1976 Mar 31	14:30:54,5	10,2		Pilón (II).

nitud no alcanzan nunca valores tan grandes, por lo que es lógico suponer que el epicentro del terremoto principal están desplazado con respecto a la zona de réplicas. Este no es un fenómeno particular del terremoto del 19 de febrero de 1976. En otros casos se ha observado que el mayor número de réplicas se concentra hacia el final de la zona de ruptura, incluso sobre otras estructuras secundarias con movimientos diferentes al de la causante del terremoto principal (Langer, C.J.; Bollinger, G. A.; 1979).

La longitud de la zona de ruptura (L), estimada en 30 km, fue comparada con las relaciones empíricas M(L) halladas por otros autores. Las fórmulas de Shebalín (Shebalín, N.V., 1971 a,b), para la magnitud Ms=5.7 arrojan valores de L entre 14 y 15 km, muy por debajo de la longitud estimada. El carácter regional de estas relaciones ha sido planteado por (Acharya, H.K., 1979), donde se estiman los parámetros de la relación

$$M = a \lg L + b$$

para diferentes regiones.

La fórmula obtenida para las Islas Kuriles-Kamchatka por este autor da un valor de L=30 km para Ms=5.7. Los parámetros de dicha fórmula son (a=2.84, b=1.51).

De aquí se puede concluir que si el epicentro del terremoto principal no fue ubicado erróneamente, la fórmula de longitud del foco que mejor se adapta a los datos experimentales para este terremoto es la obtenida por (Acharya, H.K., 1979) para la región de las Islas Kuriles-Kamchatka. Esto no implica que sea válida para todos los terremotos de la región del Caribe, ya que sólo ha sido utilizado un caso, y este tipo de relación está afectado por dispersiones apreciables (Wyss, M. 1979).

A esto se suma el hecho de que las intensidades mayores fueron sentidas precisamente a partir de la zona de réplicas, y no a partir del epicentro del terremoto principal, junto con la deformación hacia el oeste observada de las isosistas de VII y VIII grados. Esta situación, que puede parecer anómala no es la primera vez que se presenta. Por ejemplo, el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 se caracte-

rizó, no sólo por la gran concentración de epicentros al final de la zona de ruptura que se mencionó anteriormente, sino también por una distribución de las intensidades muy peculiar, donde son más extensas las áreas de las isosistas hacia el extremo de la zona de ruptura (Espinosa, A.F., Husid, H., Quesada, A., 1976).

Una explicación teórica de este fenómeno, con su aplicación a los casos de los terremotos de Guatemala y de Parkfield (1966, Ms=5.5), fue dada por (Bouchon, M., 1980). El planteamiento concreto puede resumirse en:

> "Las oscilaciones provocadas por una falla de corrimiento por el rumbo en la vecindad del foco tienen una dependencia azimutal muy grande, caracterizándose por un máximo de la liberación de energía en la dirección de propagación de la fractura y un máximo de las amplitudes de estas oscilaciones en una estrecha franja a lo largo de esta fractura".

Resulta evidente que este mecanismo explica consecuentemente los fenómenos observados para el terremoto del 19 de febrero de 1976. Por otra parte, no sería aventurado plantear que todos los terremotos fuertes del sur de la región oriental responden a dicho mecanismo. Esta suposición está avalada por el hecho de que los movimientos predominantes en la misma, como se ha probado en este trabajo, corresponden al tipo de corrimiento por el rumbo, así como por algunas particularidades que presenta la distribución de las intensidades de los terremotos fuertes en dicha región (IFT, AC de la URSS; IGA, AC de Cuba, 1978).

Otro aspecto de suma importancia está relacionado también con los mecanismos focales. Las soluciones halladas en este trabajo responden al esquema regional de desplazamientos de la placa del Caribe hacia el este con relación a la placa de América del Norte. El desplazamiento vertical reflejado por el mecanismo normal de las réplicas del 23 y 24 de febrero tiene un carácter secundario, ya que ocurrió en el proceso de reajuste posterior al corrimiento por el rumbo, de intensidad mucho mayor, causante del terremoto principal, mientras que el otro mecanismo compuesto (fig. 15), obtenido para cinco terremotos independientes de magnitud comparable con la de estas réplicas, corresponde a un movimiento del tipo de corrimiento por el rumbo.

El mecanismo focal de estas réplicas, con un rumbo del plano de falla de E 95 S, nos permite, por otra parte, discriminar entre las dos variantes de zonas epicentrales discutidas al comienzo del trabajo y que se presentan en las fig. 4b y 4c. La zona epicentral de la fig. 4b es incompatible con la solución hallada para el mecanismo focal de las dos réplicas más fuertes, por lo queda como alternativa más viable la de la fig. 4c. Esto no significa que se descarte la posibilidad de ocurrencia de réplicas más al sur de dicha zona, sino que la actividad fundamental estuvo concentrada en esa pequeña región cuyas coordenadas centrales son: 19.84° N y 77.14° W. Considerando el error normal en las determinaciones epicentrales, estas coordenadas pueden ser asociadas, en general, a todos los eventos reportados en las tablas 2 y 9.

CONCLUSIONES

A partir de lo discutido anteriormente se pueden realizar las conclusiones siguientes:

1) La ruptura del terremoto principal (Ms=5.7, m_b=5.3) se inició a las $13^h\ 59^m\ 59^s$ del 19 de febrero de 1976 en los 19.87 N y los 76.87° W, a la profundidad de 15 km, y se propagó unos 30 km al oeste considerándose esta distancia como la longitud del foco. La misma está sujeta a los errores en la determinación del epicentro, y se ajusta a la relación empírica M(L) obtenida por (Acharya, H.K., 1979) para la región de las Islas Kuriles-Kamchatka.

2) La zona de ruptura del terremoto principal permaneció en calma con posterioridad a éste para el umbral de detección de las estaciones sismológicas RCC y PLN.

3) La zona epicentral de las réplicas, que se estuvieron produciendo durante 41 días, corresponde a una estrecha franja del mismo rumbo que el sistema Bartlett-Caimán, con unos 13 km de longitud aproximadamente, ubicada al final de la zona de ruptura del terremoto principal. La profundidad de los focos aumenta de 10 a 28 km según se desplazan de este a oeste.

4) Las réplicas más fuertes corresponden a:

Febrero 23 $t_0 = 21^h 58^m 46.5^s$ Ms= 4.6, m_b=4.9
Lat=19.84° N, Long=77.12° W, h=17 km
Febrero 24 $t_0 = 11^h 28^m 34.2^s$ m_b=4.8
Lat=19.84° N, Long=77.17° W, h=24 km

5) El terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 pudo haber actuado como disparador del terremoto del 19 de febrero de 1976, a través de un mecanismo de generación de una "onda de tensión" con velocidad de propagación a lo largo de la frontera entre las placas del Caribe y Norteamérica de 90 km/día. Este no se debe considerar como una prueba de la validez de la hipótesis de Wier (Wier, S., 1978), lo cual se escapa de los objetivos de este trabajo, sólo se señala que esta última puede aplicarse para explicar algunas particularidades observadas para el caso del terremoto del 19 de febrero de 1976.

6) Los espectros de las oscilaciones de las ondas P y S para dos terremotos, registrados, uno en RCC y el otro en PLN, muestran el corrimiento hacia períodos mayores con el aumento de la distancia, característico de la mayor absorción de las altas frecuencias. No fue posible calcular los valores de la atenuación por no lograrse obtener los espectros para un mismo terremoto.

7) Las mayores intensidades reportadas se encuentran a partir del final de la zona de ruptura del terremoto principal en una estrecha franja, lo que se explica por el mecanismo descrito por (Bouchon, M. 1980).

8) El mecanismo focal de los terremotos independientes en la región es del tipo de corrimiento por el rumbo, de completo acuerdo con los movimientos relativos entre las placas de Norteamérica y el Caribe.

9) El mecanismo focal de las réplicas del 23 y 24 de febrero de 1976, refleja un fallamiento normal, lo que implica el carácter secundario de los movimientos verticales en la región ya que sólo pueden ser activados por un corrimiento por el rumbo de mucha mayor intensidad.

10) La ecuación de campo macrosísmico de Fedótov explica la atenuación de las intensidades en la dirección paralela a las estructuras principales, obteniéndose un mejor ajuste de las isosistas obtenidas para el terremoto del 19 de febrero de 1976 con el uso de un modelo de isosistas elípticas con razón entre semiejes A/B=1.57 y semieje mayor A determinado por la fórmula antes mencionada.

Tabla 6 Subcuenca de la quebrada de [illegible] con [illegible] geológico-geotécnico [illegible] en la región de Cuzco.

6.- CONCLUSIONES

La utilización de datos geológico-estructurales y geotécnicos para la determinación de unidades básicas de procesos morfogenéticos y la estimación de los agentes activos potenciales de los riesgos de - ha demostrado gradualmente en la experiencia.

Aunque las diferentes formas de abordar estos problemas, han de ser consideradas de gran importancia la información de carácter básico y le fue un paso mayor a la información climática, ellas son otras no son el paso fundamental a la información de tipo geodinámico-estructural. La utilización de técnicas de reconocimiento de estructuras ha permitido diferenciar la influencia de las diferentes tectónicas en los materiales rígidos geológicos en una zona determinada.

En este contexto, en donde estos rígidos [illegible] una gama [illegible] de [illegible] y [illegible] [illegible] [illegible]

6.2) GEOLOGIA Y SISMICIDAD DE LA PLACA DEL CARIBE.-

La tectónica de la región del Caribe ha sido estudiada por muchos autores. El primer trabajo en que se hace una interpretación de la sismicidad desde el punto de vista de la tectónica de placas lo realizaron el de Molnar y Sykes (Molnar, P., y Sykes, L.R., 1969). En el mismo fueron recalculados los hipocentros y las magnitudes de terremotos para el período 1950-1965, realizando una distribución espacial y determinando los mecanismos focales para muchos de ellos. Como resultado fueron delimitadas las fronteras de la placa del Caribe y determinado el carácter del movimiento a lo largo de ellas, incluyendo estimación de su velocidad.

Después de este trabajo, la tectónica de la región del Caribe ha sido estudiada por numerosos autores con ayuda de los datos sismológicos. Las revisiones fundamentales de estos trabajos han sido la redeterminación de hipocentros y la determinación de mecanismos focales de terremotos, ya más alejados o en general con respecto a la tendencia por la general revisión de la situación de las fronteras de la placa del Caribe y la determinación del carácter del desplazamiento a lo largo de ellas.

La frontera noroccidental de la placa del Caribe que no fue situada específicamente en el trabajo de Molnar y Sykes, fue estudiada detalladamente con posterioridad al terremoto de Managua del 4 de febrero de 1972 (M=6,2). En esta región existe un sistema de fallas jóvenes activas (Managua, Polochic y Jocotán-Chamelecón), y el carácter del desplazamiento corresponde a un movimiento por el modelo elástico (Plafker, G., 1976). Este mismo autor propone diferentes modelos para explicar el carácter de la unión de las placas de Cocos, Caribe y Norteamérica.

En la costa del Pacífico de América Central, desde la intersección de la fosa de Cocos con, o la del Caribe se observa un desplazamiento lateral en una dirección perpendicular a la frontera de las placas en varios lugares, en los cuales se observa una segmentación de la cadena volcánica (Burr, J., Stauber, R.E., 1971). Un ejemplo de tal desplazamiento lo constituye el terremoto de Managua del 23 de diciembre de 1972 (M=6,2) con mecanismo focal de tipo correspondiente al régimen tensional (Algermissen, S.T.; Dewey, J.W.; Langer, C.J., y Arabasz, W.J., 1974).

La frontera suroccidental de la placa del Caribe en la región de Panamá-Colombia ha sido estudiada por Pennington (Pennington, W.D., 1981). Esta región corresponde a la frontera entre las pla-

/0/356

ca de Cocos, Nazca, del Caribe y Suramericana. La frontera entre las placas de Cocos y Nazca corresponde a la llamada zona de fallas de Panamá de dirección E-W. La frontera entre las placas de Nazca y del Caribe es de tipo difuso; se extiende en una región que incluye a Panamá y territorios adyacentes, en la cual predomina la subducción a lo largo de un sistema de fallas de dirección NW-SE. La frontera entre las placas de Nazca y Suramericana transcurre a través de la zona de Colombia-Ecuador, donde la placa de Nazca subduce a la suramericana. Además de esto, a lo largo de 1% zona de fallas de Los Andes Orientales ocurre el movimiento del llamado Bloque de Los Andes en dirección NNE. No obstante, en este trabajo no se determinó ubicación de la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana desde la región de Panamá hasta el occidente de Venezuela.

La región occidental de Venezuela fue estudiada por Rosa (Rosa, J.V., 1977), quien ubicó la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana a partir de los 7° Lat. S y 72° Lon. W a lo largo de la ladera occidental del sistema montañoso de la Cordillera Oriental y hacia el noreste a lo largo de la zona de fallas de Boconó hasta su intersección con las fallas de transformación del Norte de Venezuela. El desplazamiento fundamental correspondió a un movimiento por el rumbo dextral en dirección SW-NE. Hacia el observó un disminución de profundidad hipocentral en la región de Barquisimeto para la cual el autor no plantea una explicación definitiva.

La región de Venezuela oriental y del noreste del Caribe fue estudiada por Pérez y Aggarwal (Pérez, O.J. y Aggarwal, Y.P., 1981). Estos autores ubican la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana en la zona de fallas El Pilar-Bocono y en extensión este hasta la península de Paria, con un desplazamiento predominante de tipo corrimiento por el norte dextral. A partir de esta región la frontera sigue hacia el ENE a lo largo de la zona de fallas Los Bajos-El Soldado hasta el puerto de Trinidad, donde plantean que debe existir un desplazamiento del tipo dextral. Esta interpretación difiere de la de Weber y Sykes, en la cual la frontera continúa hacia el este desde el Golfo de Paria hasta el oeste de Trinidad.

La frontera oriental de la placa del Caribe es del tipo convergente para los arcos de islas. En cinco de ellos ubicados al este de las Antillas Menores donde ocurre la subducción de la placa Norteamericana y Suramericana bajo la del Caribe. Sin embargo, la situación no es tan simple. Stein, et al. analizaron la sismicidad en la trinchera de la región al norte de los 14° Lat. N, donde la actividad sísmica es mayor (Stein, S.; Engeln, J.F. y Wiens, D.A., 1982) y llegaron a la conclusión de

300950

que la discusión observada en esta región en gran medida corresponde al tipo de interior de placa y sólo una pequeña parte de ella está asociada al proceso de subducción, por lo que la mayor parte de dicho proceso la influencia.Asimismo, el epicentro o sitio mismo no existen individualmente sino que es la extensión de la frontera entre las placas Norteamericana y Suramericana.

Igualmente se ha estudiado con la región de las Islas Vírgenes (Frankel,A.;St Mann,W.R. y Murphy,A.J., 1990).La frontera entre las placas Norteamericana y del Caribe pasa por la Fosa de Puerto Rico y se inclina de igual que en las zonas de subducción.Sin embargo, el epicentro fundamental trasmurre a lo largo del arco de Islas y no perpendicular a él, como es característico en Islas vecinas.La discusión se complica con la presencia de la zona sismogenerada de la Fosa de Anegada al norte de Puerto Rico, a lo cual se le asocia el terremoto de Islas Vírgenes de 1867 que produjo un tsunami.En esta región, sería de esperarse en Aguadilla 3-5 pies de altura de inundación, sin embargo el punto ilustrativo corresponde a una zona pequeña con la Fosa de Virgen al sur de Puerto Rico, pero la sismicidad observada no permite asegurar tal relación.

En la costa norte de la Hispaniola se observa un movimiento de la frontera entre las placas en la región de bahía de Samaná en 1946 ocurrió un terremoto muy fuerte que produjo un tsunami recorriendo lo que hacia de la península de una extensión de subducción en el Caribe.Esto ya fue estudiado en el trabajo de Molnar y Sykes, sin embargo el carácter de la frontera es está muy claro (Mercey,J.B.;Vogt,P.R., 1970, 1971; Molnar, y Sykes,L.R., 1969).Además la gente que la sismicidad de mayor y el mecanismo de la terremoto(Krause,R.G.;Baldwin,B.A., 1971) permite plantear la existencia de subducción de la placa del Caribe bajo la Isla.

Para la región entre América Central hasta la Hispaniola, Molnar y Sykes (1969) reportaron la existencia de sismicidad que, visto conjunto a lo largo de una gran falla de transformación. Este estudio se amplió con el descubrimiento en la región de Cayo del Colón de un centro de propagación de corteza oceánica (McCann,W.R.;Vogt,P.R.;Holcombe,T.L.;Stevenson,D.L., 1973; Mc Donald,K.C.;Holcomb,T.L., 1978).Al oeste de esta región y hasta la Península el terremoto final corresponde a un cinturón que el cruza diagonal a lo largo del borde norte de la Placa del Caribe-Bartlet (Fiamov,L.;Serrano,M.;Rubio,R.;Chuy,J.;Gonzalez, R.;1984).El borde sur de la Fosa de Bartlett norte y a el se asocian varios terremotos fuertes ocurridos en Cayman, Cuba, Haiti el de 1907 que produjo un pequeño tsunami (Perfit,M.,;Rosson, Dale, 1977).Aunque para dicha región no existen determinaciones

[illegible] tectónico local, la proyección de formas [illegible] positiv
a la existencia de algún desplazamiento vertical, probablemente
debido a la subducción de la placa del Caribe bajo la Fosa de
Barbuda. Cuisón.

Con posterioridad al trabajo de Molnar y Sykes diferentes au-
tores han realizado trabajos de interpretación compleja de la
sismicidad de la región del Caribe. Entre ellos debe destacarse el
trabajo de Jordan (Jordan,T.H., 1975) en el cual
se da un esquema de las fronteras de la placa del Caribe y su
movimiento con respecto a la larga de esta región norcentral
del continente con un gran número de estructuras sin una frontera
definida. La velocidad de desplazamiento de la placa del Caribe
respecto a la de Norteamérica se estimó en 2,1 cm/año, y
la velocidad absoluta de la placa del Caribe en 2,6 cm/año.

En estudios diferentes presentan Tchalenko y otros (Tchalenko,
J.S.; Arredondo, A.L., Malfait, B.T.; Dillon, E.P., 1979), Wadge y
su análisis de las deformaciones de la tectónica activa donde
no solo determinan las fronteras de la placa del Caribe, sino
que identifican siete microplacas. En la parte norte del Caribe
identifican: la Cubana y la de Haití. La primera se ubica en
contacto en la placa de Norteamérica e incluye a Cuba y la regi-
ón del sur hasta la frontera con la placa del Caribe, sus lí-
mites son sumergidos. La de Haití incluye La Hispaniola, Puerto
Rico y las Islas Vírgenes; su frontera superior corresponde a
la de la placa del Caribe y Norteamericana, la sur pasa a
través de la Fosa de Anegada, la Isla de Los Muertos, la Costa
sur de la Hispaniola y hacia Haití el contacto hasta encontrarse
con la frontera entre la placa y el extremo oriental de Cuba.
El Caribeano del desplazamiento a lo largo de las fronteras de
estas microplacas varía variado. El desplazamiento de las subcuen
ca el siguiente: Oeste de los 61° de longitud oeste, debido
al movimiento por el rumbo lateral subducción de la placa Norte
americana bajo la del Caribe; para el este de los 61° de longi-
tud oeste se observa subducción de la placa del Caribe bajo
Cuba y de las islas Caimán. Hacia el este, bajo la placa de Hai-
tí tiene lugar una subducción desde dos direcciones (norte y sur)
de las placas Norteamericana y del Caribe, para explicar las di-
ferencias en la dirección de subducción en Cuba y La Hispaniola
se supone la existencia de una falla de transformación entre
Cuba y el occidente de La Hispaniola. Por otra parte en la parte
sur de la región del Caribe antes mencionada identifican cinco
microplacas: Curazao, Maracaibo, Cristóbal Colón, Panamá y Bonai-
re. Los dos últimos con límites supuestos. En general las fron-
teras entre estas microplacas coinciden bastante bien con las
estructuras cartografiadas por Jordan, a excepción de esta re-

109201

Luego se analiza también los desplazamientos relativos entre las placas.Utilizando los mismos datos que Jordan y algunos complementarios se obtuvieron los velocidades de desplazamientos en distintos sectores de la frontera por una metodología diferente a la de Jordan, la velocidad en la frontera Caribe-Norteamericana resultó ser de 1,4 cm/año, la absoluta de 1 cm/año.

Otras estimaciones de velocidad para los límites viene aillonco de unos datos obtenidos por Ryner y otros (Ryner,L.E.;Ski Wann, Wallenfalka, A. L.,1966) sobre la base de la configuración de la anomalía magnetogravimétrica en la Hispaniola,Puerto Rico y las Antillas Menores.La velocidad Caribe-Norteamericana obtenida fue de 1,7± 0,5 cm/año y en término de velocidades absolutas la placa del Caribe se encuentra casi en reposo.A partir de esta velocidad la velocidad entre las placas los autores plantean un modelo para la zona de generación de cortezas oceánicas en la región de las Islas Vírgenes.Dicha zona de la fosa al norte de la zona de generación se relaciona, por lo que todo el movimiento está concentrado al sur, es decir, 3-4 cm/año.La velocidad de generación es de 1cm/año a cada lado.Al este del centro el desplazamiento se divide entre ambos bordes de la fosa, y sobre el borde norte es casi activo debe asimilar todo el desplazamiento debido a la generación de cortezas (2cm/año), mientras que en el borde sur se absorbe el resto del desplazamiento (1-2cm/año). A partir del análisis de la sismicidad dividen las estructuras mas activas en la región.En la frontera norte de la placa del Caribe la estructura tectónica fundamental pasa por el borde sur de la fosa del Caimán hasta el sur, donde se subdivide en dos ramas.La rama norte transcurre a lo largo del borde norte de la fosa de Bartlet, lo cruza norte de la Hispaniola, la fosa de Puerto Rico y continúa hacia las Antillas y Barbados en la región de las Islas Vírgenes tiene un ambiente tectónico incluye la Bahía de Anegada.La rama sur transcurre a lo largo del borde sur de la fosa de Bartlet atravesando Jamaica y al sur de la Hispaniola hacia Venezuela se une con el sistema de fallas de Oriente a través de la fosa de Cayman.En el interior de la Hispaniola los autores ubican dos pequeñas zonas sísmicas: en el centro de la propia isla y en la región de la isla Gonave.En la frontera este de la placa del Caribe la zona sísmica fundamental se extiende a lo largo de la costa de América del Sur.

Una descripción general de características estructurales fundamentales en la región del Caribe ofrece en (Rabinowitz,P.D., 1984).En este trabajo se se analiza la tectónica de la región, via arcango se delimitan dos sistemas en la parte norte, borde de la placa Norteamericana: la de Puerto Rico que abarca la parte sur del pueblo norte y parte del Golfo de Méjico, y la de

Solomon que abarca la cuenca de Cayman, la península de la Florida y la cuenca de Yucatán. La frontera este de la placa Caribe y la sur de la de Colombia coinciden aproximadamente con las fronteras de la placa Cocos definida por Malfait y otros.

En un trabajo posterior Pindell y otros (Pindell, J.; Cande, S.; Pitman, W.; Rowley, D.; Dewey, J.; Labrecque, J.; Haxby, W., 1988) evaluaron una reconstrucción de la evolución tectónica de la región de México y el Caribe desde 195 millones de años atrás hasta la fecha sobre la base de la tectónica de placas. La provincia de microplacas fue analizada en líneas generales y solo en detalle para la microplaca que llaman de Emilio-Puerto Rico. Esta última corresponde a la microplaca que Malfait y otros llaman de Hatú, con la diferencia que en frontera oeste se deja indefinida. Estos autores reconocen el hecho de que las fronteras de la placa del Caribe no están claramente definidas al norte y al oeste, ya que al norte y al sur no pueden trazarse unívocamente por la presencia de las microplacas.

De todos los trabajos relacionados resulta evidente que la situación tectónica de la región del Caribe es muy compleja y hasta la fecha no ha sido totalmente explicada, incluso las interpretaciones de un mismo rasgo dadas por diferentes autores son contradictorias. No obstante se pueden formular las conclusiones generales siguientes:

- Las fronteras occidental y oriental de la placa del Caribe están claramente definidas. Ellas corresponden a zonas de Benioff típicas, donde en la continental ocurre una subducción aunque ocurren terremotos poco profundos con otros rasgos de movimientos.
- En las fronteras norte y sur de esta placa los datos geológico-geofísicos y en menor medida los sismológicos permiten dividir condicionalmente diferentes microplacas que se ubican tanto en la placa del Caribe como en la Norte y Suramericana.
- La frontera principal del norte de la placa del Caribe pasa por el sistema de fallas Motagua, el borde sur de la falla del Cabo, el rift del Cabo, el borde norte de la zona de Beata, la prolongación este de la zona de Puerto Rico y la propia zona de Puerto Rico.
- La frontera sur principal de la placa del Caribe pasaría por las fallas Boconó, Oca y El Pilar.
- La región de unión de las placas Nazca, Caribe, Cocos y Suramericana se caracteriza por una sismicidad difusa y no se diferencia una frontera clara.
- La velocidad de desplazamiento entre las placas Suramericana y del Caribe oscila entre 2 y 2 cm/año.

000583

En la fig. 6.1 se muestran los elementos fundamentales de la tectónica de la región.



Fig. 6.1 Tectónica de placas de la región del Caribe. 1.- fronteras de las placas, 2.- fronteras de las microplacas, 3.- movimiento por el rumbo, 4.- dirección del movimiento de las placas, 5.- zona de subducción, 6.- zona de generación de cortezas. Los números con el mapa corresponden a las microplacas: 1.- Yucatán, 2.- Bahamas, 3.- Cubana, 4.- Haití-Puerto Rico, 5.- Curazao, 6.- Maracaibo, 7.- Caribe-Sur Colón, 8.- Magdalena, 9.- Panamá.

000364

6.3 Zonificación de la región oriental de Cuba

6.3.1 Introducción

Para la estimación de la peligrosidad sísmica de cualquier territorio es necesario estimar la contribución debida a los terremotos de diferentes zonas capaces de producir en la zona de estudio movimientos del suelo de intensidades para el que se efectúan los cálculos.

Las dimensiones de la región que rodea una zona de estudio se seleccionarán en dependencia de la atenuación de la intensidad sísmica característica para ella.

De tal forma, la región oriental de Cuba se afectada por los terremotos que ocurren en un área mucho mayor que su territorio y para realizar los estimados de peligrosidad hay que considerar todas las posibles contribuciones regionales. Usando - en consideración estos criterios se procedió a la delimitación de las zonas sísmicas en la región comprendida entre los límites 16°-24° Latitud Norte y 71°-81° Longitud Oeste. Esta región incluye la provincia entre los ploos del Caribe y Norteamericana donde se ubican la mayoría de los terremotos fuertes registrados hasta la fecha y parte del territorio nacional donde se han reportado terremotos débiles y algunos relativamente fuertes. Las dimensiones fueron seleccionadas para que garantizaran considerar todas las contribuciones capaces de provocar intensidades 6 usando la fórmula, la cual es válida a lo largo del eje mayor de la elipse, y la otra para intensidades 8 usando dicha fórmula que válida a lo largo del radio menor de una elipse con $A/B=2.4$ (en el caso de Ms: $A/B=1.25$).

La delimitación de las zonas sísmicas se realizó de la siguiente forma: En primer lugar sólo se consideraron aquellos focos que pertenecían a la frontera compleja entre los ploos para los cuales existe una ortodiótica suficiente como para realizar estimados confiables de los parámetros del registro sísmico; la

influencia de otros sismos en la peligrosidad sísmica será analizada posteriormente. En segundo lugar, la delimitación se - basó fundamentalmente en los datos sismológicos con utilización de los mapas de profundidad del fondo oceánico a escala 1:3750 000 y de sismicidad isocrática a escala 1:4000 000. La crítica más detallada de esta selección requiere investigaciones especiales no incluidas en el programa del tema.

6.3.2. Epicentros utilizados

a) Mapa de epicentros

Se confeccionó el mapa de epicentros de terremotos registrados por los agencias internacionales 1899-1961 (fig. 6.3.2). En él se observa una gran dispersión de los epicentros y resulta difícil delimitar las fronteras de las zonas donde ellos se originan; dicha dispersión está fuertemente vinculada con la baja precisión con que fueron determinadas sus coordenadas. Sin embargo la precisión de las determinaciones hipocentrales no es uniforme en todo el período de observaciones; ella depende de 3 factores: cantidad de estaciones registradoras, método de determinación de las coordenadas. De tal forma, como regla general, los errores serán mayores para los terremotos más antiguos y disminuirán con el tiempo progresivamente en dependencia del aumento del número de estaciones registradoras. Por otra parte, la utilización de computadoras en las determinaciones hipocentrales disminuyó grandemente el margen de error. Tales calculadoras comenzaron a evaluarse para la región analizada a partir de 1953 (Sykes, L.R., Ewing, M., 1965) y con posterioridad continuaron realizándose operativamente por las agencias internacionales USCGS-USGS a 1961.

Teniendo en consideración estos factores fueron confeccionados 2 nuevos mapas de epicentros; uno de ellos para el período 1899-1945 que incluye las determinaciones de menor calidad (







760367

el segundo para el periodo 1950-1960 con las características más

c) Mapa de densidad de epicentros

Con los datos de la estación ROB para el período 1963-1981 fueron confeccionados mapas de densidad de epicentros por la metodología ponderada del apéndice 4-3. La región analizada fue la comprendida entre los 18° y 21° latitud Norte y los 74° y 70° longitud Oeste. Se confeccionaron para 2 intervalos de profundidad: 0-50 km (fig. 6-6.) y 50-100 km (fig. 6-6.) y los valores corresponden al número de eventos en cuadrículas de 0.2° x 0.1°. Estos mapas, aunque reflejan el hecho evidente la disminución del número de terremotos según nos alejamos de la estación ROB, permiten igualmente analizar algunas particularidades de la sismicidad de la región.

d) Mapa de isosistas

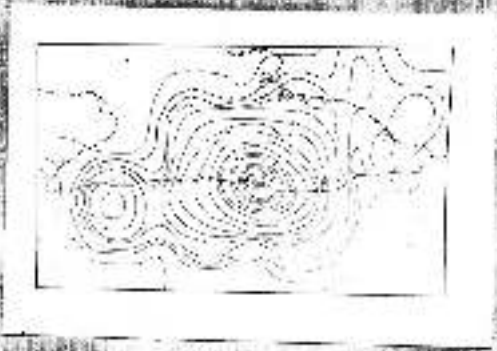
Escala original 1:3700 000 (Aglan Mundial, 1954) con isosistas cuyos intervalos de 1000 a pero profundidades desde 1000 a 2000 m y a intervalos de 500 a para profundidades menores de 1000 m. En la fig. 6-7 se presenta un esquema simplificado con isosistas a intervalos de 2000 m.

e) Mapa de anomalías (topográfico-isostáticas de la gravedad

Escala original 1:4000 000 (Woollard y otros, 1974), con isolíneas representativas de las anomalías residuales topográfico isostáticas a intervalos de 50 miligalio desde - 200 hasta + 250 mgal. Abarca los continentes de la región de interés para el terremoto insular cubierto se refleja la cantidad de datos. En la fig. 6-8 se presenta un esquema simplificado con isolíneas a intervalos de 100 mgal.

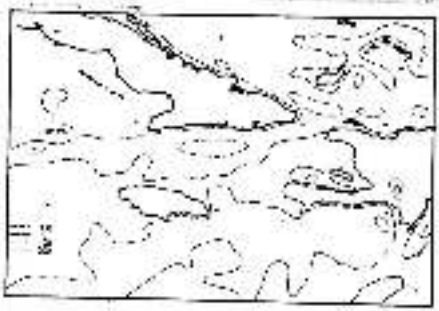
5.1.3 Delimitación de las zonas [illegible]

Del análisis del material precedente se el apéndice anterior resulta evidente que la delimitación de las zonas [illegible] no puede ser realizada de forma unívoca. En primer lugar, la









región es muy activa y debido a la ausencia de una red densa de estaciones sismológicas, principalmente en el sector de Haití, no se dispone de datos de terremotos útiles para el período 1950-1979. Se pueden aplicar diferentes criterios para la selección de estos sismos, todos ellos con una cierta dosificación de subjetividad.

La solución más simple de este problema consiste en delimitar sólo dos zonas: una correspondiente al borde norte de la Fosa de Barlovento-Colombia y en prolongación a lo largo del norte de la Hispaniola, y la otra ubicada al sur de esta fosa abarcando Jamaica y la parte occidental de La Hispaniola (fig. 6-9). Dentro de estas dos zonas pueden considerarse los epicentros del período 1950-1979, no así en lo que respecta a los epicentros de algunos terremotos fuertes del período 1900 - 1949; sin embargo estos últimos son grandes dificultades pueden ser considerados a algunos de estos sismos. La frontera norte de la zona 1 coincide con la isolínea de 2000 m en el sur de Cuba, la isolínea de las anomalías isostáticas de 0 mgal al norte de la Hispaniola y la isolínea de - 100 mgal al norte de esta isla. Su frontera sur transcurre por sectores de las isobatas de 7000 m, 6000 m y 5000 m y de las isolíneas de las anomalías isostáticas de 0 mgal a - 100 mgal. Esta zona se caracteriza por la presencia de epicentros a lo largo de casi toda su extensión.

Igualmente, la zona 2 se delimitó partiendo de la suposición de que a partir del rift de Oriente hacia la porción occidental de La Hispaniola se extiende una zona almacenadora, cuya actividad que la anterior pero continúa (Dykes, L.R., De Cann, M.T. Mafia, A.L., 1982), donde la sismicidad se distribuye en una amplia franja. Su frontera norte se delimitó siguiendo aproximadamente las isobatas de 5000 m y 6000 m hasta la Hispaniola, donde se acoge para incluir la isla de Gonâve en la cual se observan unas gradientes abruptas de las anomalías

tamaños aquí. Más fácilmente fue delimitada formalmente la forma de incluir la mayoría de los terremotos registrados en la región. Esta primera variante de delimitación de zonas sismogenéticas fue con vista a la original distribución de la sismicidad, considerando que la misma es resultado de variaciones tectónicas del régimen sísmico, y por tanto consideramos zonas como zonas homogéneas.

No obstante, ese análisis está lejos de ser satisfactorio, resulta perfectamente aceptable el criterio de que cada zona es heterogénea, ya que los resultados del ajuste del modelo de recurrencia reflejan diferencias apreciables sobre diferentes partes de estas zonas, agrupan sismos relativamente superficiales en pequeñas regiones de las mismas así como parte de ellas están completamente vacías de eventos.

Sobre esta base se puede subdividir la zona 1 en cuatro subzonas:

1_1 = desde los 81° hasta los 76° Long. Oeste.

1_2 = desde los 76° hasta los 74° Long. Oeste.

Esta zona incluye la fosa de terremotos débiles de profundidad 50-100 km ubicada entre los 77.5° y los 75.5° de Long. Oeste (fig. 6-6.3).

1_3 = desde los 74.6° hasta los 74.4° Long. Oeste.

1_4 = desde los 74.4° hasta los 81° Long. Oeste.

La subdivisión de la zona 2 es algo más compleja, ya que la presencia de sismos menos fuertes permite suponer que en el volumen de separación ubicado en su continuidad y de tal forma evaluar que la sismicidad se encuentra concentrada en 2 subzonas, quedando el resto de la antigua zona como referida. Estas quedaron así:

2_1 = alrededor de la isla de Jamaica.

2_2 = en la región septentrional de la Española, incluyendo la isla de Cuba.

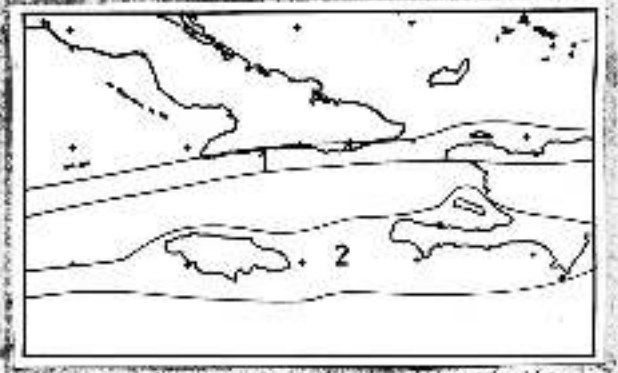


Fig 6.9 Esquema de la división en zonas de origen de terremotos (OT)

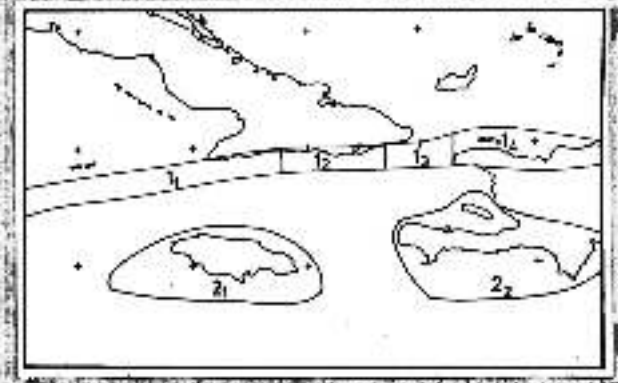


Fig 6.10 Esquema de división en zonas OT

000273

Ilustramos a esta subdivisión variando 2 de estos parámetros (fig. 1.-a-).

Se debe notar que puede ser considerado otros variantes en la determinación de estos parámetros. Por ejemplo, para la zona [illegible] Vásquez y Arellano (Ingeniería Sísmica, 1983) proponiendo la subdivisión de 2 zonas [illegible] Acapulco, una al norte y otra al sur de Acapulco, para de lograr estimar los parámetros del espectro elástico de las mismas. El objetivo esa de llevar la subdivisión hasta el límite en que fue posible estimar los parámetros del espectro elástico (a_o, Max) para cada una de ellas. Los tres fueron determinados en base a criterios sencillamente sismológicos, a y b fueron estimados de las gráficas magnitud-frecuencia, y Max de todo [illegible] 0.1 -0.25 calculado por encima [illegible] máximo registrado (ver apéndice 1.4).

Como se ve, la determinación de zonas [illegible] y la estimación de la magnitud máxima fue realizada sobre la base de una pequeña cantidad de datos, por lo que no se descarta la posibilidad de que estudios más profundos del problema varíen el mapa [illegible]

000274

6.4.1 INTRODUCCION

Una de las más [illegible] del Departamento Nacional [illegible] por el explosivo aumento [illegible] en los [illegible] [illegible] [illegible]

000370

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

-El carácter público de la información, que permite controlar y evitar [illegible]

-El carácter público de la información, que permite controlar y evitar [illegible]

La información [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]

[

CANAL	BANDA ESPECTRAL	ZONA TERRESTRE DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO
1	450-520 nm	(azul-verde)
2	520-600 nm	(verde-rojo)
3	630-690 nm	(amarillo)
4	760-900 nm	(rojo)
5	1550-1750 nm	Infrarrojo cercano
6	10400-12500 nm	
7	2080-2350 nm	

J00379

100381

[illegible] ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...

El tratamiento [illegible] en esta investigación, aunque en forma general coincide con los realizados por otros investigadores para el territorio nacional, difiere fundamentalmente en los procedimientos con que cuenta este colectivo, de evaluar cantidad de programas científicos en dos canales diferentes y con un gran soporte debido a la computación.

En los trabajos de (CHIRINOS, V.H.; PEÑATE, M.; UAC, A.J. y COBAS, T.C., 1991), tanto de Pinar del Río como para el mundo, fue aplicada una vía [illegible] científicas y no persiguió el objetivo de [illegible] con la actividad científica. Una referencia al trabajo de (ARCHENTI, C.M.; CAICEDO, G. y KALISUCH, S.K., 1991) es el primero que refiere en un mapa a escala 1:500 000 [illegible] cartografía del desarrollo científico de Cuba, pero tampoco persiguió un objetivo geográfico y confrontamos dificultades con la falta de información en determinadas zonas del territorio nacional, debido a la carencia de materiales y/o mucha dificultad en los mismos, lo cual [illegible] obtener igual grado de información.

No obstante ello, en todos estos trabajos se encontró gran coincidencia en los principales [illegible].

Hay que señalar que los principales [illegible] delimitados tienen representación en los [illegible] en diferentes trabajos del territorio.

Además, se comprueba que en las zonas de menos y medianos [illegible] consolidados, los [illegible] son numerosos aislados.

También existe una [illegible] correspondencia entre algunas [illegible] importantes y zonas de [illegible].

Pero, aún más importante que estas [illegible] en sí, a nuestro juicio lo constituyen precisamente las [illegible]

sitos, ya que ocupa planicies marinas y un conjunto de lomas que no superan los 500 m de altura. Las características litológicas y geomorfológicas, así como el mayor grado de desarrollo edáfico y pedogenético, hacen que la vegetación sea más densa y variada que en el resto de la región.

(M.P. Ibáñez; I.M. Zulaica; A.M. Zalazar, 1979; C.M. Ghiloni, M.A. Cabrera, A.I. Rabino-Zerek, L. Rabajoli, P.J. Pross, E.Mo. Hartmann, L.M. Hebaín, A.M. Zamboni, 1975; Arteaga B.T., Gómez, H.E.O.; GONZÁLEZ, J.M., SAN MARTÍN, C. y RAMOS, V.O., 1984; GUTIÉRREZ, C., VERGARA, A.; GONZÁLEZ, E., ALVARADO, L., PRADO, E.; GUERRERO, M., GONZÁLEZ, M.C. y PERDOMO, O., 1983; KRASNOV, V.I. y KAZANSKIJ, L.S., 1978; LAVIS, L.G. y AUER, M.L., 1976; MAMAJEV, S.V., 1978; MAMAJEV, S.V. y ZHUKOV, Y.K., 1979; MEDEL, M.J.C., 1975; MONTAÑO, J.C. y GONZÁLEZ, M.C., 1983; PONTICELLO, J.O., 1980; SCHEMA, A.; BLANCO, P.; DÍAZ, J.C. y MEDAL, A., 1981).

Cabe señalar que en algunos casos, con el objetivo de obtener resultados significativos, se le asignan a los lineamientos, fracturas o fallas la actividad sísmica, sin tener en cuenta las características de la evolución geológico-tectónica del territorio y los niveles de movilidad, y mucho menos la actividad neotectónica, obteniendo a resultados falsos de confiabilidad. Es por ello que se identificó directamente los principales lineamientos y su identificación con estructuras conocidas, establecer sus verdaderas dimensiones, los sectores activos y precisar las zonas de interacción de acuerdo a su importancia.

Fue empleado el criterio de selección de lineamientos de acuerdo al orden de importancia, atendiendo a varios factores que son:

-Representación en la fotografía (varias escalas).
-Extensión.
-Relación con otros lineamientos.
-Relación con estructuras.

~~Para los casos de lineamientos no mayores con órdenes de importancia, que fueron~~

~~TOMA DE DECISIÓN CRUCE~~ ~~Un aspecto donde converge un grupo definido de lineamientos y que se corresponden directamente con el resto de los rasgos estructurales.~~

000583

Para los cubos de litosondeos se exploraron tres tipos de importancia, cuya descripción se presenta a continuación:

Tipo: EL PRISMA OSCURO. Es aquel donde convergen un grupo de pozos de litosondeos que se diferencian significativamente del resto de las zonas circundantes. Estas se presentan en algunos casos anomalías gravimétricas y en otros actividad sísmica débil.

Tipo: EL PRISMA CLARO. Es aquel que cumple con los requisitos anteriores y además presentan actividad neotectónica débil.

En la mayoría de los casos se presenta actividad sísmica en ellos.

Tipo: EL PRISMA GRIS. Es aquel que cumple con los requisitos anteriores, presentan marcada actividad neotectónica y sísmica.

En forma complementaria se realizó un barrido bibliográfico en la literatura geológica del territorio nacional que comprendió: (ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y POLONIA, 1975; ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA, 1981; ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA Y DE POLONIA, 1981; ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y DE RUSIA, 1981; ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y HUNGRIA, 1981; ALEGRE, J.A.; [illegible]; ZYKINA[illegible], G.; LUNDE, J.A.; SOLOMINA, J.S. y [illegible], A.S., 1965; [illegible]-VISHNEV, M.A., 1981; JUDOLEY, C.A. y [illegible], O., 1971; MOLCHANOVSKI, A.A. y ALEGRE, J.A., 1975; [illegible], J.A.; [illegible], A.; NO-GAYEVSKY, A.S.; NOVOSATSKY, L.I. y JUDOLEY, C.A., 1962; [illegible], P.A., 1975; GIBSON, W.E.; KIRICUCHE, E.A.; IVANOV, S.S.; [illegible], V.M.; [illegible], M.M.; [illegible], S. Ya. y otros, 1975), así como también se consultó material inédito de Carlos Pérez, del Instituto de Geología y Paleontología.

6.4.) (Delimitación de los rasgos tectónicos)

Se presenta un mapa de litodemios del territorio de Cuba a escala 1:1000 000, el cual se representa en la fig. 6.4.

En el mapa se observan dos sistemas de elementos:

a) lineal
b) circular

En el primero lineal se comprenden los dos megalineamientos:

a_1) sublatitudinal principal
a_2) sublatitudinal suprapuesto

En cuanto a sistema circular, presenta también dos dimensiones que son:

b_1) Pre y Sin orogénicos
b_2) zonas donde la sedimentación Mesozoica es de débil espesor, siendo relieve en las comarcas inferiores.

Señalamos en (TRIPONET, V.M.; FORNARIS, R., GEO, A.C. y MIMB, - P.S., 1981; PORTUONDO, M.C. y PADILLA, R.M.C., 1983).

Aparecen en la tabla algunas estructuras disyuntivas importantes, que aunque no han sido fotointerpretadas en el presente trabajo, al ser conocidas y se encuentran recogidas en distintas investigaciones geológicas.

Estas estructuras son:

1. Falla Surcolett Norte
2. Sistema Marginal Exterior
3. Sistema Central

El lineamiento planteado en (PORTUONDO, M.C. y PADILLA, R.M.C., 1983) con dirección NE-SW que se extiende entre Ciudad de la Habana y Punta Gorda, se prolongaría hasta la Bahía de Nuevitas.

Con referencia a la falla Septentrional del Norte (FURRAZOLA-GENTURES, et al, 1984) y mencionada como cabalgamiento en (ANDRUSOV en BRADLEY DE CUBA y BOHNER, 1982), no planteada en el presente trabajo, debido a la ausencia elemental reportada en - ella.

De la determinación en conjunto de eventos sísmicos en los - mecanismos de la costa Norte de la Isla, nos cabe inducirnos a los autores a considerar la hipótesis de que el Margen Conti-

mental se une estructura celular en bloques en la dirección urbana, cuestión que no había sido planteada anteriormente.

Todas las matrices [illegible] determinadas en [illegible] son consecuentes con los resultados obtenidos en este trabajo.

Mencionamos un punto metodológico que:

[illegible] Identificación de las direcciones cardinales, se consideran un total de 36 direcciones incrementales y el orden de linealidad [illegible]

Otra cuestión de importancia en el descifrado fue la determinación de zonas de acuerdo a las dominantes de linealidades y sus orientaciones principales. Este elemento es fundamental, ya que de acuerdo a la cantidad y extensión de los lineamientos es posible establecer un índice sobre el tipo de litología, agrietamiento y actividad neotectónica del territorio, así como el análisis de las circunstancias fundamentales, las cuales permiten inferir sobre los desplazamientos y tipo de fracturas y/o fallas.

El análisis de las zonas en las que se presentan dominantes de lineamientos significativos, aparecen en la tabla [illegible], con un total de diez y siete zonas (Z1-Z17).

Nº/ compuesto

LISTA DATOS DE PUNTOS CONOCIDOS Hoja No. A-1

No.	LEVANTAMIENTO Y PUNTOS CONOCIDOS	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	POBLACION
1	Mapa	MA-PA Extenso	Norte de San José y Occidente-Norte de Pinar del Río-Este de Camagüey y Sur-Norte de Las Villas-Occidental-Norte de Matanzas-Habana.
2	Puntos (zona de levantamientos definidos).	PU-ZV	Muy bien definida en la zona de Sur Cristóbal.
3	Area concentración de intersecciones circulares.	C-S	Santa Lucía-Costa de Camagüey-Nuevitas-San Jose y Martinez.
4	Zona de Triangulación definidas.	AA-ZZ	Cruce de la Isla entre Cabo San Antonio y Cayo Largo del Sur-Vitales-Isla de Pinos-Baracoa y N de San Quintano.
5	Levantamiento definido	MA-ZZ	La Colonia-San Juan y Martinez.
6	Constelación del Norte (levantamiento definido)	A-P	Constelación-Habana-Matanzas
7	Zona de triangulación definidas.	MA-ZZ	Cuban-Victoria-Cienfuegos
8	Levantamiento definido	JA-ZZ	Santiago-Cayey Grande-C. Maria
9	Cochinos (zona de tratamientos definidos y de triangulación geométricos).	S-S	Cruce de la Isla desde la Bahía de Nuevitas, Bahía de Cárdenas.
10	Levantamiento definido y caracterizado con triangulación geométricos.	KV-ZK	Bahía de Cochinos-Bahía de Matanzas

10057

No.	ENCUENTRO Y NOMBRE DEL CRUCE	DIRECCION Y SENTIDO	POSICION
11	Santana (zona de límites definidos).	SE-NW	Entrada a la Zona-Cruce de Las Vías (Agudo).
12	Sucre (limitación ocasionalmente con anomalías gravimétricas).	SW-NE	Península de Araya-Punta de Manzanillo-Los Arpones-Santo Valle.
13	Manzanares	NW-SE	E. de Manzanares-Cabo Manzanillo.
14	Manzanillo-Cariaco, limitación definida y anomalías gravimétricas.	NE-SW	Costa del Mar(en Manzanillo-Cariaco).
15	Cariaco, Presidente definido en sentidos.	E-W	Cariaco-Golfo de Cariaco-Península.
16	Las Vilas	NW-SE	Península a la Costa Norte (Cariaco) Golfo Triste Norte (Islotes del PE de Las Vilas)-Golfo de Cariaco-Manzanillo-Sur de Península-Manzanillo-Golfo Triste.
17	Zona de Levantamiento existente.	NE-SW	Cruce la Isla Punta Punta-El Pilar-Cerro Arenitas-Tagualaga.
18	Península (limitación definida en sentidos).	E-W	Norte del Territorio y se prolonga hasta el Sur
19	Zona de Almacenamiento	NW-SE	Cruce la Isla en E de Juncal-Cagua-Valencia

523001

No.	LINEAMIENTO Y NIVEL DE CONOCIMIENTO	DIRECCION Y EXTENSION	OBSERVACIONES
20	Cienaga (zona de lineamientos definidos y de anomalias gravimetricas).	SE-NW	Cruza la Isla por Ciénaga
21	Zona (lineamiento oculto y definido).	NE-SW	Arboleda-Colombia
22	Interrelaciones de lineamientos definidos y de anomalias gravimetricas).	NE-SW	Cruza la Isla desde Punta de Piedra-Barranda hasta las Cuevas incluye Lagunas y Sondas hasta Manzanillo.
23	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cruza la Isla al Este de la Bahia de Santa Ana, desde el Sitio de Los Cocos hasta la Punta de Santa Ana.
24	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cruza la Isla desde el S de Barranca de Punta Colorada.
25	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cienaga-NW Bahia de Cata-Isla Arcilla-Costa Norte-Laguna-Colombia.
26	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	E-W	Isla Cayman-Sur Isla-Bahia de Santa Ana.
27	Lineamientos interrelacionados	SE-NW	El Cabo-Alto Cerro-La Mata
28	Lineamiento definido y oculto.	SW-NE	Este de la Bahia de Santa Ana-Sur de Isla-Colombia.

100969

No.	ALINEAMIENTOS Y NOMBRE DEL ALINEAMIENTO	DIRECCION Y DISTANCIAS	REMARKS
29	Zona de alineamientos cortos y definidos.	SW-NE	Inmediaciones de la Laguna de Burgos.
30	Zona de alineamientos definidos y de apreciables proporciones.	SE-NW	Cabo Oruña-San Vicente.

JB-6330

Nro.	P R E L A D O S
1	Norte de Tamaulipas, Río y Cancelación de Sur-Pirámides (zona de fracturamiento bien definidos en las fotos y con expresión en el relieve).
2	San Diego de las Salinas (zona de fracturamientos entrecruzados bien definidos en las fotos y en el relieve).
3	San Ortiz (sic) (fracturamientos menores y antenas).
4	Bloque Bajonal (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos y en el relieve).
5	Bloque Natera (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos y en el relieve).
6	Bloque Sandoval-Estructura Cima-San Miguel de los Tepes y Cerros Bajos. (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos con expresión en el relieve).
7	Estructura de San Miguel de los Tepes y Cerros Bajos. (fracturamientos cortos-medios definidos en las fotos y en el relieve).
8	Bloque Natera-Encantado (fracturamientos cortos bien definidos en las fotos y con expresión en el relieve).
9	Bloque Mechanas (zona de fracturamientos cortos y bien definidos en las fotos y en el relieve).
10	Estructura Cortés-Obregones (fracturamientos cortos-medios bien definidos en las fotos y el relieve).
11	Fracturamiento-Sierra Grande (zona de fracturamientos alargados y menores bien definidos en las fotos).
12	Los Arbolitos-Encantado (zona de fracturamientos cortos bien identificables y con expresión en el relieve).
13	Infiernitos-Calabazas de Sapo (zona de fracturamientos antenas, bien identificables y con expresión en el relieve).
14	S. Bahía de Cienfuegos-Cima de Cruzados (fracturamientos cortos-medios, bien definidos en las fotos y en el relieve).
15	Bonal-Encantado (zona de fracturamientos antenas y definidos en fotos y en el relieve).
16	Tapiajay (zona de intersección de zonas de fracturamientos fracturamientos expresados en el relieve).

No.	ICHNADOS
17	Central "Manuel Zenguily" (zona de intersección de rasgos bien definidos y medianamente expresados en el relieve).
19	Valle (zona de intersección de rasgos de lineamientos, con fuerte expresión en el relieve).
20	Vialata (zona de lineamientos extensos, bien descifrables y medianamente reflejados en el relieve).
21	Ahuar (zona de lineamientos medianamente extensos, bien descifrables y medianamente expresados en el relieve).
22	Corrovalle (zona de intersección de rasgos de lineamientos, bien descifrables).
23	Bilsa (zona de intersección de rasgos de lineamientos, bien descifrables y con expresión fuerte en el relieve).
24	Cangüey (zona de lineamientos cortos a medianamente extensos, bien descifrables y medianamente expresados en el relieve).
25	Quebrada (zona de lineamientos cortos, medianamente descifrables, poco expresados en el relieve).
26	Victoria de Las Tunas (zona de lineamientos relativamente extensos, bien descifrables), poco expresados en el relieve.
27	Central "López Peña" (zona de intersección de rasgos de lineamientos, medianamente expresados en el relieve).
28	Hilarma-Sgo. Tuna (zona de intersección de lineamientos extensos bien expresados en los foto y el relieve).
30	Tuna-Loma de "Calvary (zona de intersección de lineamientos norte-sur con expresión en el relieve).
31	Vatian (zona de lineamientos cortos, bien descifrables, fuertemente expresados en el relieve).
32	Central "Julio A. Mella" (zona de intersección de rasgos de lineamientos cortos, y medianamente alineados, bien descifrables, con expresión en el relieve).
33	El Salvo (zona de lineamientos bien cortos, bien descifrables y fuertemente expresados en el relieve).
34	San Luis (zona de intersección de rasgos de lineamientos medianamente extensos, bien descifrables, bien expresados en el relieve).

No.	P O B L A D O S
35	Laguna de Tecocal (zona de limnosistemas poljoidales bien desarrollados, claramente expresados en el relieve).
36	Solicidad de Yaxcaba (zona de limnosistemas poljoidales extensos y abiertos, bien desarrollados, bien expresados en el relieve).
37	Cuzamá de Ko (zona de limnosistemas extensos y abiertos, bien desarrollados, bien expresados en el relieve).
38	Cenotillo de Ko (zona de interconexión en grado de limnosistemas cerrados, bien identificados y claramente expresados en el relieve).
39	Trinidad (zona de limnosistemas cerrados de diferentes orientaciones, bien definidos en los datos y en el relieve).
40	Muriel-Bacalar Norte (limnosistemas cerrados-medio, bien definidos en los datos y en el relieve).
41	Punta de Xcopte-San Juan y Bacalar (limnosistemas extensos y abiertos bien expresados en datos).

000253

TABLA DE DESCRIPCION DE ZONAS GEMAS PAGINA No. 2-B

No.	IDENTIDAD	SIMBOLOGIA	POSICION	DESCRIPCION
1	Muy densa	KE-EF (0°-30°)	Occidental, N de la Prov. Pinar del Río.	Lineamientos cortos y agrupados de extructuras circulares.
2	Densa	KE-EF (30°-60°)	Occidental, E de la Prov. Pinar del Río y N de la Prov. de Habana.	Lineamientos extensos.
3	Mediamente densa	KE-EF (60°-90°)	Occidental, E y S de la Habana.	Lineamientos medianamente extensos.
4	Mediamente densa	KE-EF KE-EF	Occidental, E de la Prov. Matanzas, Alrededores de Jovellanos, Colón-Mangual.	Lineamientos extensos, con cambios de dirección, precisamente en la zona de influencia de la falla.
5	Mediamente densa	KE-EF	Central N, Alturas del Escambray de las Villas (Sierra Morena-Cabeza de Negro)-Lago de Zapata-Ciénaga de Zapata-Buenaventura-Manjuarí-Bonilla- Alrededores del Escambray de las Villas-Cha-ba.	Lineamientos paralelos a la forma de la falla de longitudes extensas variables.
6	Muy densa	KE-EF	Central, Alrededores de Santa Clara-Ranchuelo-Santa Clara.	Lineamientos cortos.
7	Densa	Alrededor	Central S, Cayajabos-Cabo de Cruz-Alrededores de Manzanillo y Bueycito Oriental.	Lineamientos cortos en ambas regiones de dirección EW y NE y en su norte y sur divergen-

E-8.

1/

No.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	[illegible]	NE-SW	Central, alrededores de Ciego de Avila-Baraguá-Najasa a Venegas-Vertientes-Camarioca Grande.	Lineamientos que afectan la isla en una franja amplia.
9	Zapatón	NW-SE (N°-80°)	Central, Florida-Camagüey-Sibanicú-Jatibonico-Chaparra.	Lineamientos cortos variados, paralelos a la dirección de la isla.
10	Tunas	NE-SW (N°-80°)	Central N, Sierra de Cubitas.	Lineamientos cortos, paralelos a la dirección de la isla.
11	Guamos	NW-SE (120°-140°)	Central, alrededores de Manatí, Puerto Padre-Chaparra.	Lineamientos cortos y cortos.
12	Mediannamente extenso	NE-SW (0°-12°)	Oriental, alrededores del valle de Buenaventura-Río Cauto-Kuba-Guamo, Palma Soriano-Bayamo-Manzanillo-Sierra Maestra-Baconao de Yara.	Lineamientos medianamente extensos.
13	Jamaica	NE-SW	Oriental, Sierras de Nipe-Sierra de Cristal.	Lineamientos cortos.
14	Extensos	NW-SE E-W	Oriental S, Cuchillas de Toa-Toa-Sierra del Purial.	Lineamientos extensos, los E-W son paralelos a la estructura Caimán.
15	Muy extensos	NE-SW	Oriental S, alrededores de la Bahía de Guantánamo.	Lineamientos extensos
16	Muy extensos	NE-SW	Oriental, alrededores de la Punta de Maisí.	Lineamientos extensos

100393

No.	ESTILO	DIRECCION	RUTAS	Observaciones
17	Muy Lejano	NE-SW al W de la Sierra y NW-SE al E de la Sierra	Channel 2, Sierra Madre	Inundables todos

C63001

Por ampliación de información de los estudios de levantamientos de diferentes edad reportados del procedimiento geocartográfico de tipo convencional, a escala original 1:250 000 y 1:100 000 (BOTTELIER, C.F., 1973; y GUTIÉRREZ, R.M.O., y otros, 1983).

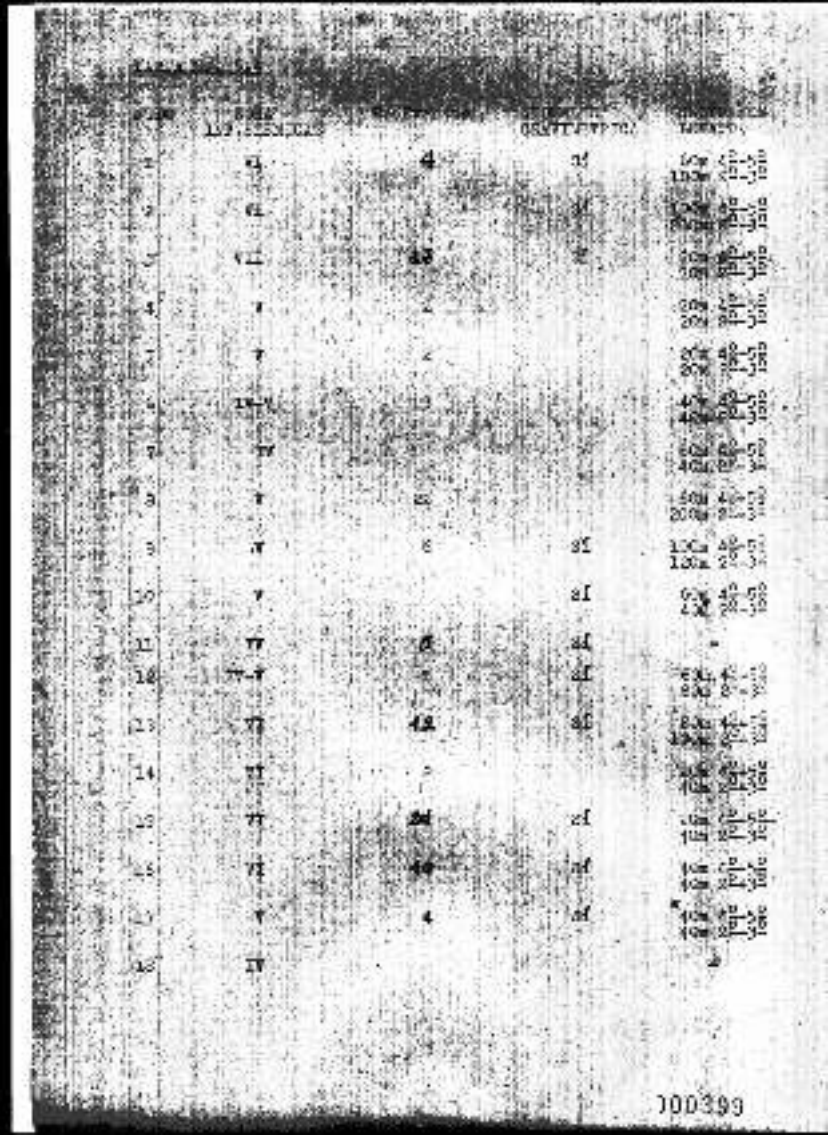
Estos estudios de levantamiento se obtienen luego de un complicado método de levantamiento exhaustivo de la red de drenaje en el territorio explorado bajo topográficos a los cuales nivel ocasionado, con la posterior cuantificación de diferentes características físicas, que son indicios de ciertos valores que expresan la coincidencia de terrenos similares de un determinado orden o tamaño que los curvas de nivel, y finalmente la superposición cuadrícula de los valores básicos de diferentes índices.

Esta información fue resumida en la TABLA No. 4-4

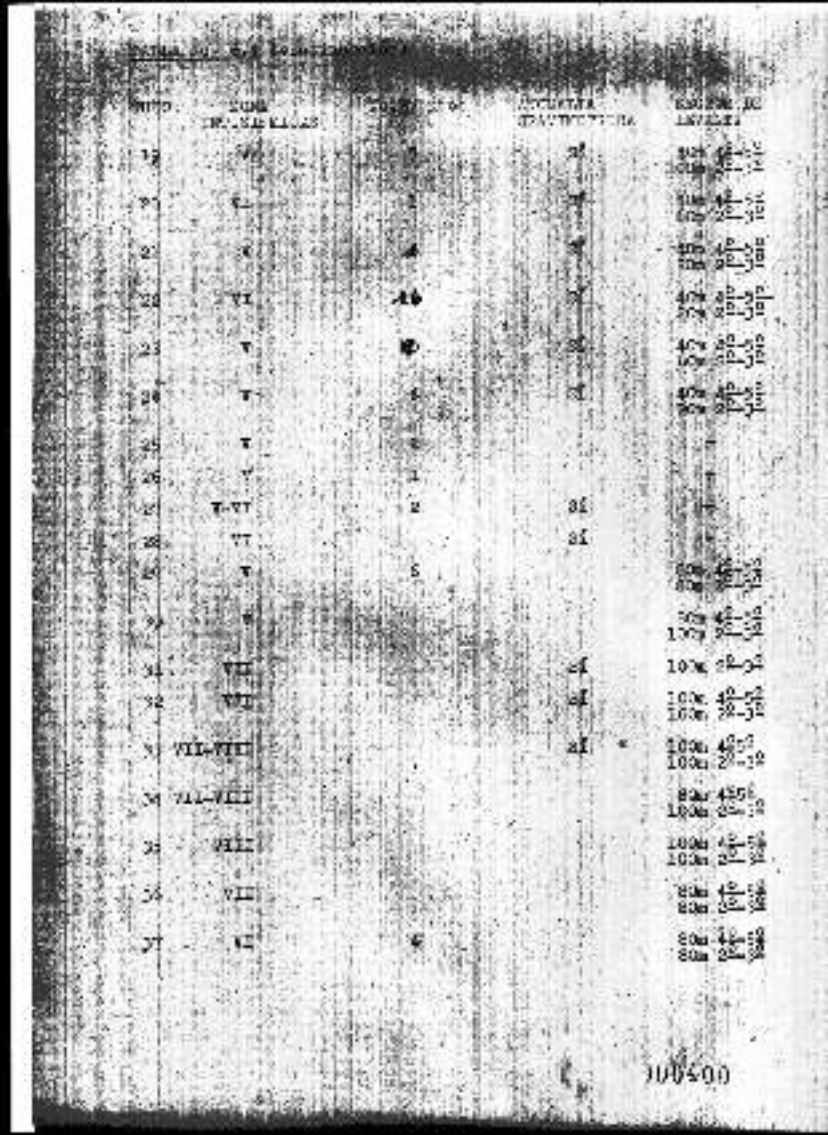
Se ha estimado que los valores de levantamientos en el territorio nacional se consideran para la región occidental en la porción norte; es decir, norte de la falla Pilar y de las estructuras de Aquidaú, Rincuya y Caldén. Para la región central se presentan fundamentalmente en la región del Ybycuí, en las estructuras del Ybycuí y del Mbaracayú en Villa Oliva y en las alineaciones de la cuenca del Paraguay, en la región Oriental, los valores están distribuidos en toda la región, pero en condición de pendientes y la desarrollo fundamentalmente del Bosque nativo.

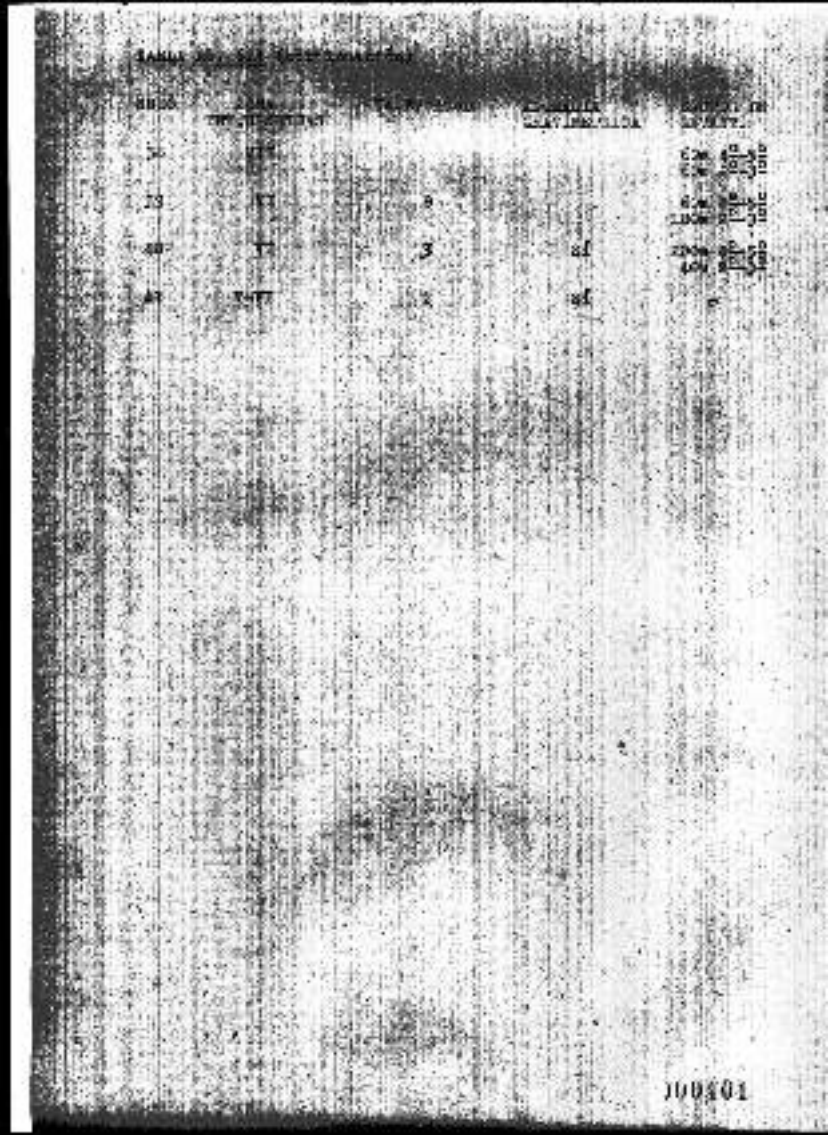
Por otro parte, se confeccionó un listado de cuentas encuadradas, para el período 1971-1984. Estos estudios fueron levantamientos propios, ya que el otorgante sus objetivos a los poblados en que se reportaron los mayores inundados o el centro de la zona de los mayores anegamientos y no se consideraron los diferentes puntos en que fueron medidos los correspondientes. Los datos fueron tomados de:

(CHUY, F. y BUSTAMANTE, E., 1980; GIL, G. y GONZÁLEZ, E.E., 1976; CHUY, F.; GONZÁLEZ, M.E. y GONZÁLEZ, E., 1980; CHUY, F., 1978; GIL, G. y PINO, O., 1978; CHUY, F.; GONZÁLEZ, E., GUTIÉRREZ, R.M.



000399





000101

1.4/

[illegible], [illegible], [illegible], [illegible] y [illegible], [illegible], 1980; CHUY, T.; GONZALEZ, D.L. y [illegible], C., 1981; y [illegible], C.; GONZALEZ, D.L. y [illegible], C., 1984; CHUY, T. (inédito).

Aunque algunos utilizamos expresiones según de intensidad de parámetros sísmicos a fuentes, la mayoría de los casos aparecen en el epígrafe 1.3 de este informe.

Existen algunos puntos en el territorio nacional que no presentan sismicidad histórica (observada), sin embargo desde el punto de vista sismológico presentan actividad, (Tabla No. 6.4)

Tabla No. 6.4/

LOCALIDAD	No. SISMOS
Santa Cruz del Sur	4
Playa de Bolas-Punta de Cartas	6
Consolación del Norte	1
Sistema Marginal	13

Es sabido que a lo largo de todas las fallas que presentan actividad sísmica pueden ocurrir terremotos. Sin embargo, como han demostrado numerosas investigaciones de diferentes lugares donde ocurren por lo general los terremotos más fuertes en dichas fallas, siendo el ejemplo [illegible] del lugar de ocurrencia de terremotos fuertes que se realizan en el Departamento de Geofísica Computacional del Instituto de Física de la Tierra, de la AC de la URSS, algunos de los cuales fueron citados en el índice anterior.

Teniendo esto en consideración se planteó como hipótesis de trabajo que en las zonas de baja actividad sísmica los terremotos medianamente fuertes y fuertes ocurrirán con mayor probabilidad en los años de liberación y por consiguiente toda estimación de peligrosidad sísmica debe pasar por la clasificación de estas zonas en clases sísmicas de peligrosidad y la determinación (si es posible) de la recurrencia de las sacudidas a esperar en cada una de ellas.

De esta forma, el planteamiento del problema de Sismicidad-Cimientos que se ha discutido en el epígrafe 6.2, puede a niveles

de peligrosidad sísmica para las edificaciones de importancia en el resto del territorio nacional, los cuales se describen en la Tabla V.1.6.

Es decir, la zona de mayor peligrosidad sísmica en el territorio nacional la constituye la zona de Bartlett, por su cercanía de fronteras activas sísmicas. A continuación la zona de Punar del Río-San Diego de los Baños-San Cristóbal-Bahía Honda, Bloque Habana-Matanzas, Cifuentes-Remedios-Caibarién, Manzanillo-Bayamo y Gibara como fronteras entre Mogotes y de la zona del Margen Continental. Por último con actividad sísmica similares para diferentes niveles de categorización los restantes sitios, los cuales se ubican en los sectores del interior de placa.

Como se ve en la tabla se han realizado estimados de aceleración máxima para los diferentes niveles de peligrosidad sísmica. El criterio usado fue el mismo que el que se empleó para la estimación de Amax para las zonas sismogeneradoras de la región occidental de Cuba: como magnitud máxima se toma un valor 0.1-0.2 unidades Mw por encima del máximo reportado, con la diferencia de que, como se analizó una región con muy baja actividad, se determinó la Amax no para cada zona sismogeneradora para cada nivel, analizando conjuntamente la información de todos los sismos de importancia ocurridos a cada nivel.

~~De la misma forma el valor de zona sismogeneradora obtenido sobre la base del análisis de la sismicidad histórica, ~~

~~[illegible]~~

JOO103

...	...	...	...
1	...	...	6,0
2	...	...	5,5
3	...	...	...

... 6.8 ... de los ... de ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...
... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...

[illegible]

[illegible] de la peligrosidad sísmica en [illegible] que [illegible] [illegible] [illegible]

7.2 Estrategia usada en la traducción de algunos términos [illegible]

7.2.1 Criterio utilizado en el caso de un solo término.

La traducción de un [illegible] plantea un [illegible] ha sido tratado de diferentes formas, y [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] el objetivo de la [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] (Physical Review, Vol. 8, No. 1, 1973). En estudios sobre [illegible] [illegible] y se aplicó [illegible] [illegible] [illegible]

V_x - [illegible]

T_x - [illegible]

$\Phi_{x,y}$ [illegible]

El [illegible] de [illegible] [illegible] el [illegible] de [illegible]

$$T_x = -\frac{1}{\beta}\ln V_x \qquad (7.3)$$

El [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] Esta [illegible] especial que [illegible] [illegible] [illegible]

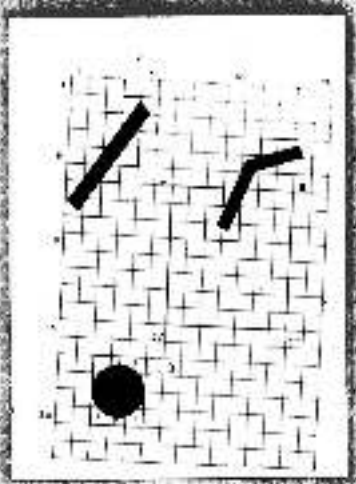


Fig. 4 Ejemplo de una configuración de dos zonas para la subdivisión del polígono ABCDEFGH. Las zonas ST y ST' son dos zonas convexas que contienen a todos los vértices de la figura. Las zonas ST y ST' se distinguen por una polígonal, para la zona P se indica la división en cuadrados de diferentes dimensiones del procedimiento de una de la subdivisión mínima que cubre el polígono por la zona ST.

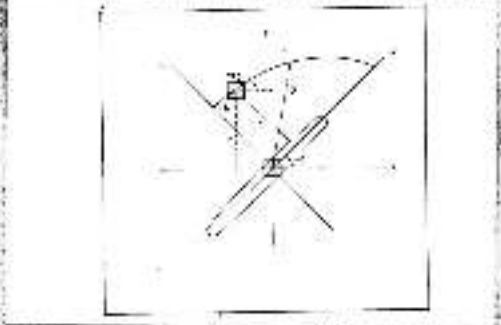


Fig. 5 Esquema ilustrativo del procedimiento de subdivisión del polígono ABCDEFGH - una representación en el plano.

El programa está compuesto del programa principal y 17 subrutinas. La última, 9 corresponde a la de presentación de los valores calculados del parámetro de ajuste y variables y la anterior a ésta es una serie de 8 subrutinas, cada una de ellas (ELIPSE, PARABOLA, HIPERBOLA, RECTA, CIRCUNFERENCIA, ELIPSE, CUBICA, CUARTICA, QUINTICA, SEXTICA, SEPTICA, OCTAVICA, NONICA), que corresponden a distintos tipos de parámetros (t, m, n, p, q, r, s) y a distintos tipos de ecuación de curva paramétrica (no olvidemos la primera función, cuyo fin principal es la posibilidad de ajustar un parámetro).

El programa permite la variación de otras cosas (o manipulaciones en general) mediante el uso de un conjunto de variables.

Las 2 variables de control que tenemos definidas son:

a) Variable que indica que se ha producido un error.

$$IERR = 1 \qquad (5.5)$$

b) Variable que indica cuál es el programa (subrutina) que se ha de ejecutar.

$$IPROG = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \qquad (5.6)$$

El modo de funcionamiento del programa a través de las subrutinas CURVE, MARQUE y MINIMO de IBM/360 es el usual habitual para los usuarios de dicho ordenador. Es válido para realizar otras aplicaciones y las subrutinas quedan listas para ser utilizadas en cualquier programa que se realice en FORTRAN. Lo único especial que se encuentra en los distintos subprogramas con el mismo objetivo es el cálculo de la matriz [COR], la cual indica que la estructura del programa permite añadir otros modelos arbitrarios a ser ajustados en él. Sería imposible la creación de rutinas diferentes y el cálculo de cada una de las matrices [COR] se evita por la generación de un vector de los parámetros de correlación con diferentes valores y diferentes intervalos.

[illegible] los [illegible] [illegible] [illegible]

100414

7. Relaciones climáticas en el cabo Creus en [illegible]

[illegible] la fig. 6a anterior se ha visto, el flujo activo intermitente del [illegible], en invierno, predominante del noroeste, proporciona que la variación climática quede reducida contundentemente en su parte este, en la que se encuentra [illegible] respecto a la línea [illegible] [illegible] que el [illegible] oriental, así como de las otras comarcas [illegible] [illegible] parte.

[illegible] que se estudian [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] se usaron las relaciones calculadas para el caso homogéneo. El siguiente paso consistió en [illegible]

Los parámetros a y b del régimen elástico para cada una de las zonas fueron determinados en el apéndice 4.4.1, mientras que los parámetros críticos fueron estimados en el apéndice 4.4.3.

b) División de la región de estudio en cuadrículas elementales.

La zona comprendida entre los 17.0° y 21.4° lat.S y los 1.0° y 8.0° long.O. fue dividida en cuadrículas elementales de 0.2° a 0.4°, para un total de 22 x 20 = 1540 cuadrículas. Se consideraron las regiones A, B, C y D según la figura 4.4.1. Dentro de cada una de las zonas tectónicas consideradas se clasificaron en 4 categorías dependiendo el % de cobertura de los sismos por la zona correspondiente: tipo 25%, 25-50%, 50-75% y más - 100%. Los sismos de profundidad no mayores que la región comprendida entre los 19.6° y 21.0° lat.S y los 71.0° y 73.8° long. O., más una cuadrícula 1.0° en latitud y 1.0° longitud, en contorno toda la región original de 0.2° x 0.2°.

c) Cálculo de la normalización del factor de normalización por cuadrícula elemental.

-Los parámetros a y b de cada zona fue calculado en normalización anterior.

-Se calculó el número de cuadrículas elementales que cubren cada zona con diferente cobertura de % de sismos:

$$n_{total} = n_1 \times 0.25 + n_2 \times 0.5 + n_3 \times 0.75 + n_4 \times 0.95 \qquad (7.1)$$

-El factor de normalización será el inverso de este número para la cuadrícula original, y el resultado se dará por la cuadrícula correspondiente a cada categoría.

$$f_1 = 1/n_{total} \times f_1 \text{ para } \ldots \quad f_2 = 0.5 f_1 \text{ para } \ldots \quad f_4 = 0.25 f_1 \text{ para } \ldots \qquad (7.2)$$

...

Para la utilización del programa disponible, puede, en los casos de dispersión positiva, tipo la próxima, ser útiles y fácilmente se ve posible la generalización, considerando los ángulos de corte.

1. Lista de sentencias DXF (Para cada una de las seis DXF descripción 4 valores: abscisa del factor de amplificación x, ángulo α con la parte real y β con la parte imaginaria.

- profundidad media de la fisura en la cuña.
- ángulo α / 2 bisectriz exterior-cuña y la orientación de la cuña a lo largo de la cual se sitúa el eje real del cuerpo bidimensional.
- valor de la relación A/B entre los semiejes de cuña de la elipse.
- dirección en que es válida la fórmula de corte considerada (A , B o ambas).
- Factor de normalización.

Antes de proceder preparando de modo DXF sucesivas, presentaría ... de todas en la lista anterior.

La salida de modo DXF para estas variantes se muestra en la tabla 7.4 las entradas anteriormente descritas. Los DXF se introducen en forma de datos para resolver gráficos de las figuras 7.1 y 7.2 $\alpha_1(\beta)$ introducción de la variable de DXF y de la fórmula de cálculo de $\alpha_1(\beta)$ a efectuar en el cálculo de la amplitud ... ángulo de cuña original.

Se ejemplifica 1.2 de diámetro exterior la construcción de los gráficos angular-desviación longitudinal, y se ... variando ... de cálculo 1.1 y los de $\alpha_1(\beta)$ para distintos ... diferentes ... de cuña. Para ello ... 2 variantes de modo DXF descritas ... para obtener la ...

[illegible] [illegible] [illegible] [

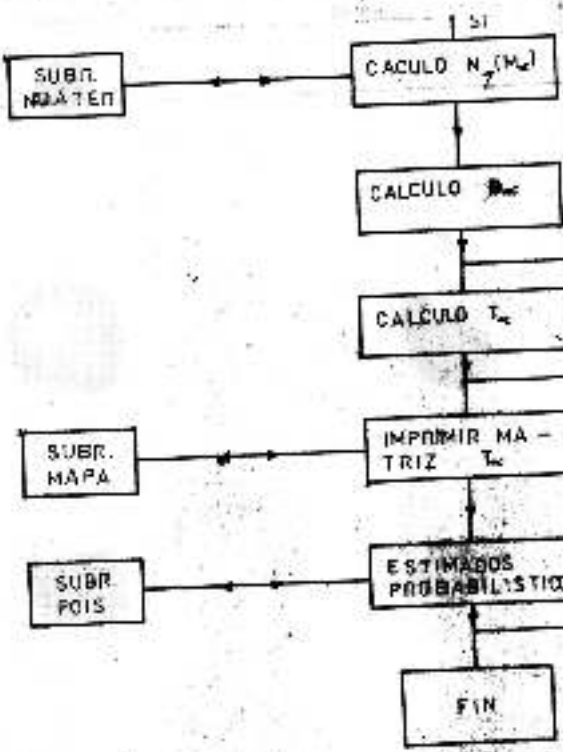


Fig 7.3 Diagrama en bloques del programa SACUDIDA

000130

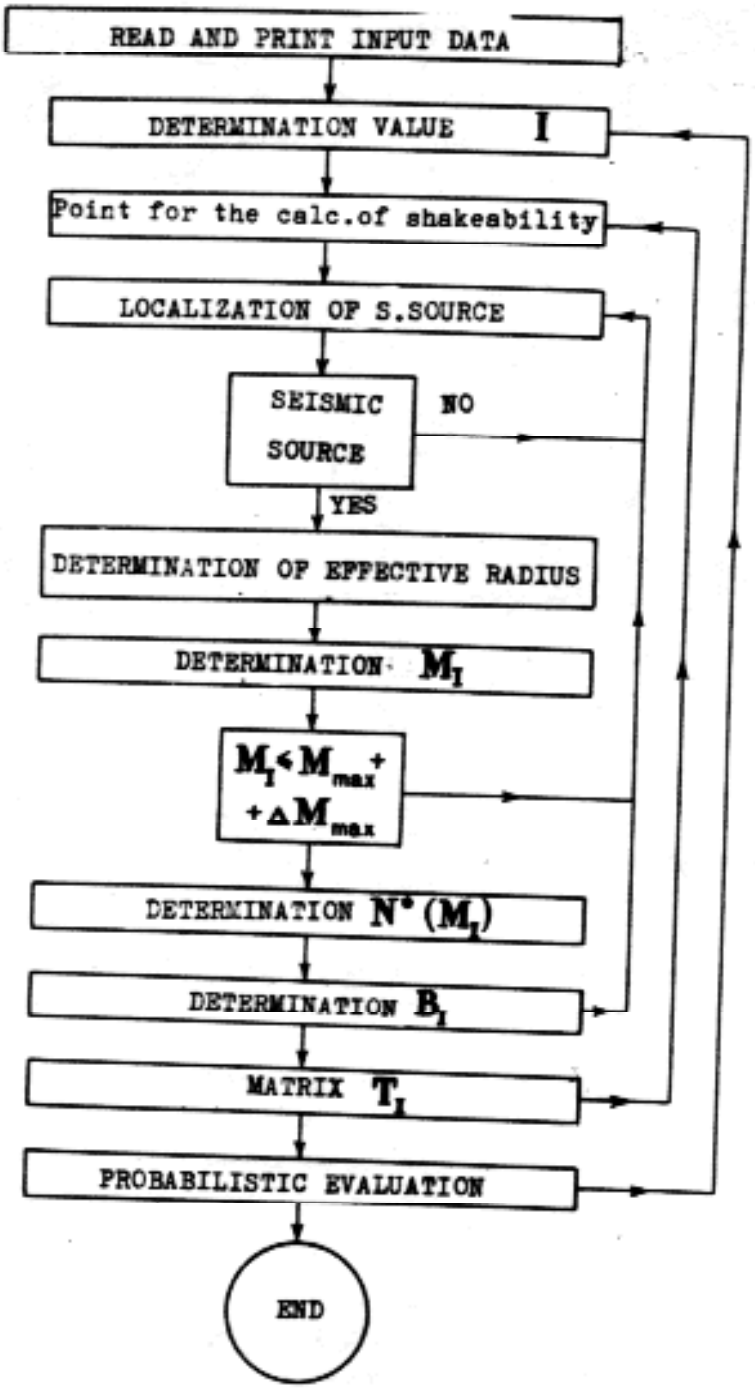


Fig. 2. Block-scheme of the program SACUDIDA.

ters N_5=0.067, b=0.59, M_{max}=7 and h=15km was only considered (Bune,Gørshkov, 1980). Circular isoseismals with parameters b=1.5, k=3.5, p=0 and d=3.0 in Kövesligethy's attenuation formula were used (Kondorskaya,Shebalin,1977). In Fig. 3 are shown the obtained maps of return periods for intensities 6, 7 and 8 with the map of seismic zoning of the USSR for this region. A good agreement was obtained between our estimates and the map of seismic zoning of the USSR.

Eastern Carpatian region.

The Vrancea deep seismic source zone with parameters N_5=0.8, b=0.87, M_{max}=7.5 and h=150km was only considered (Bune,Gorshkov,1980). A model of ellip-

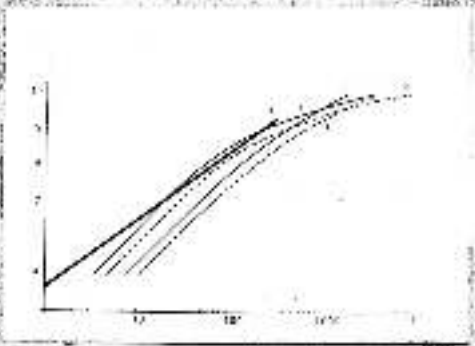


Fig-7-4 Comparación de la susceptibilidad sísmica de un Santiago de Cuba (S) con la calculada usando cuatro conjuntos de determinación de zonas 0-T (1 y 2 cualitativa, 3 y 4 - cualitativa) y Leo Pomeroy 1-S? 2-T (1 y 2 - promedio 3 y 4 - promedio 4-6)

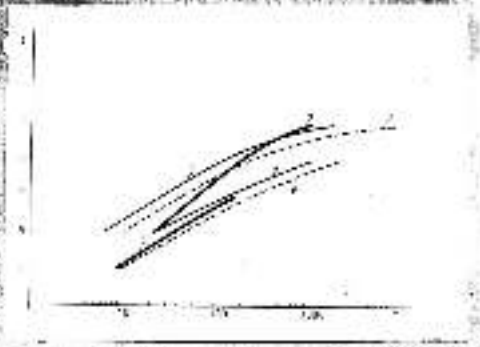
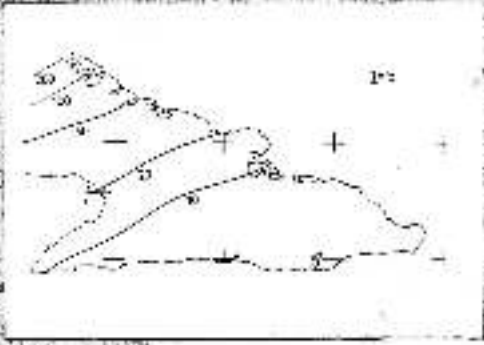


Fig-7-5 Comparación de la susceptibilidad sísmica [illegible] con la calculada de acuerdo [illegible]

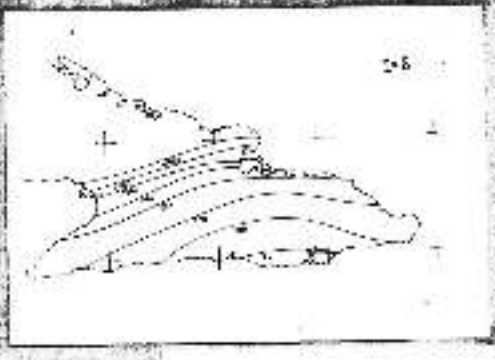
[illegible] se [illegible] [illegible] [illegible]

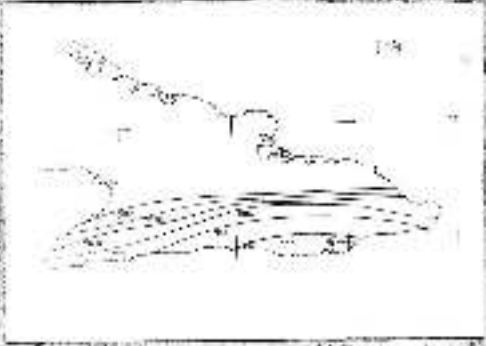
[illegible] de los [illegible] [illegible] [illegible]



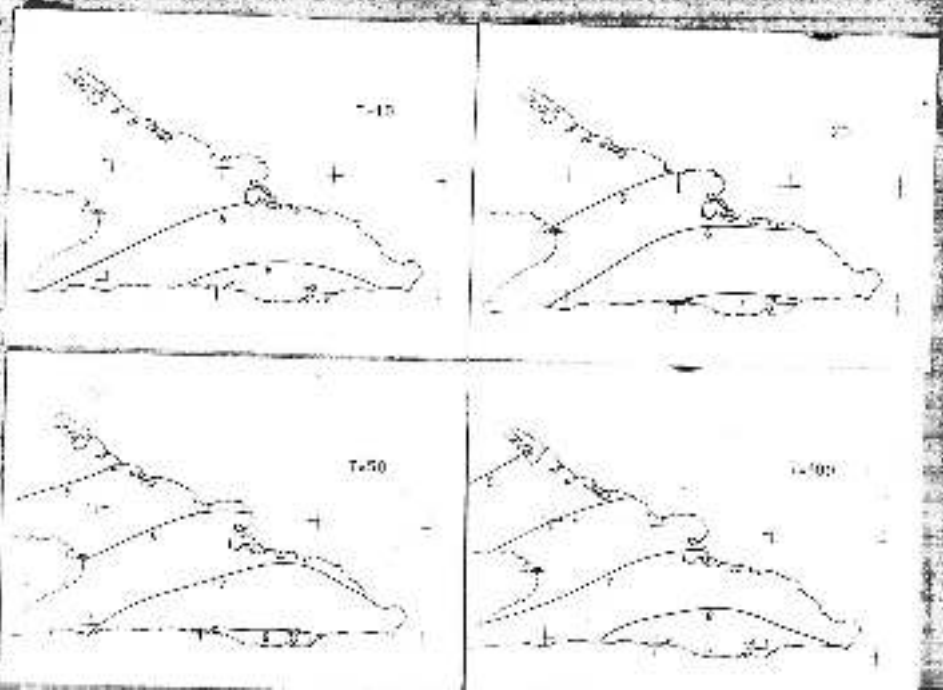


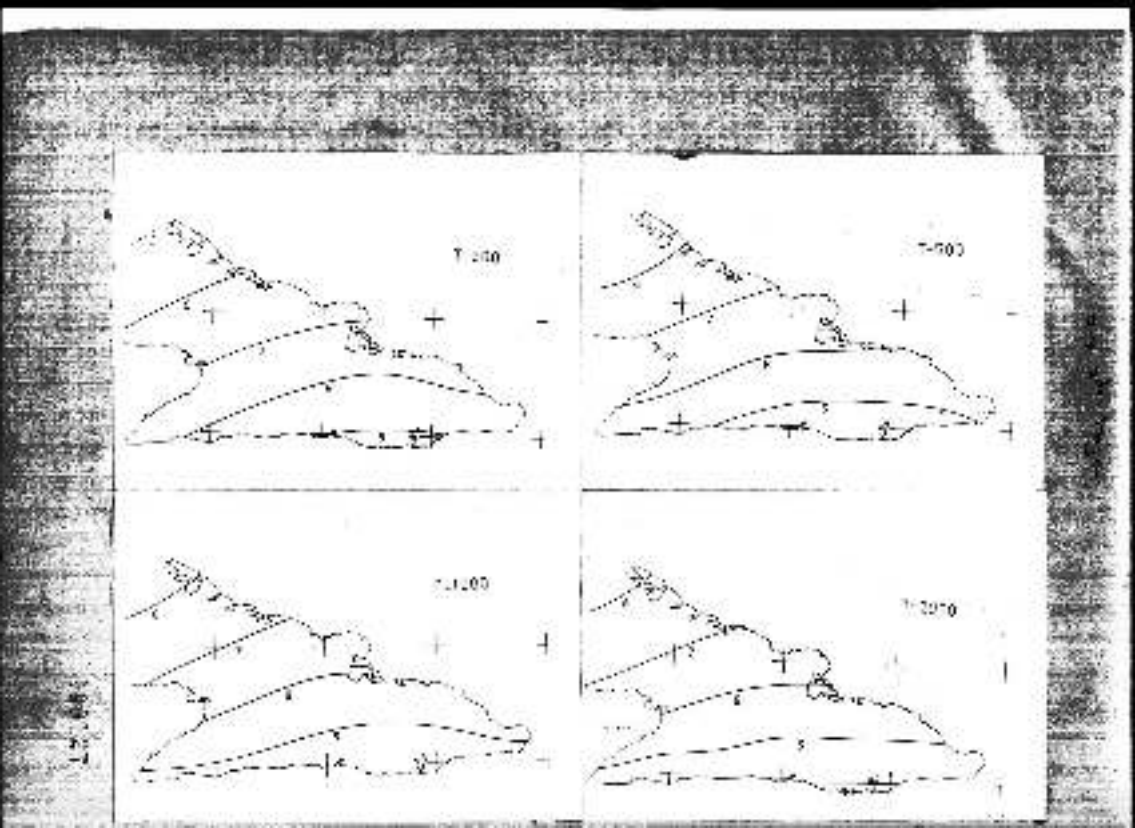




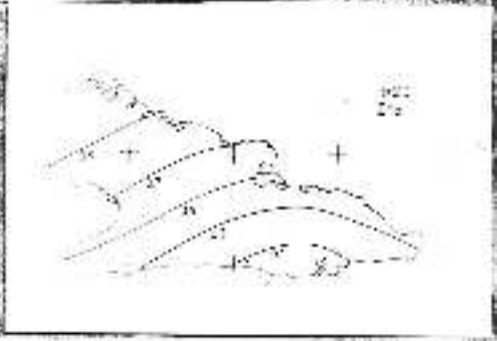


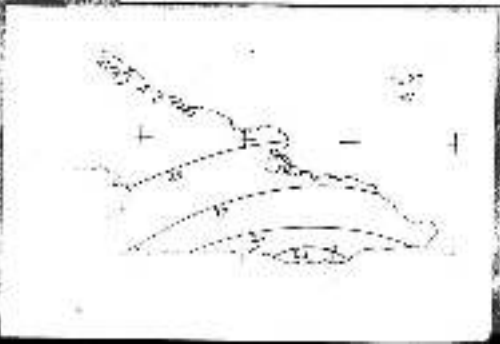




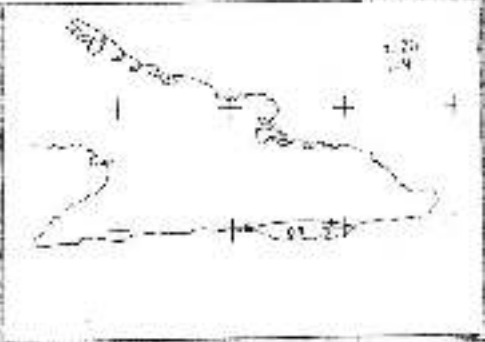






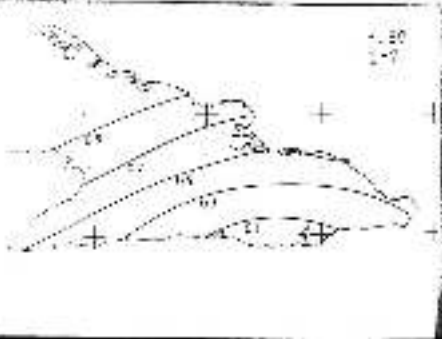








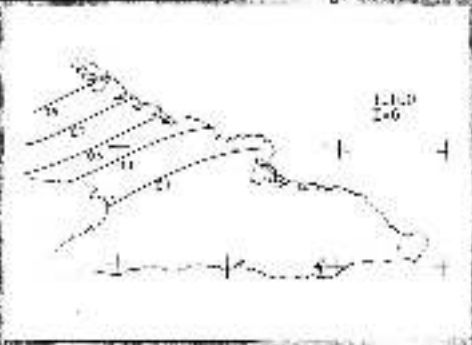


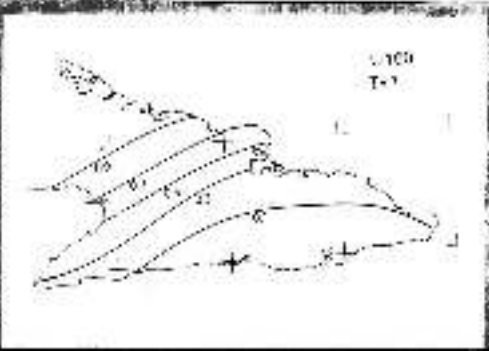






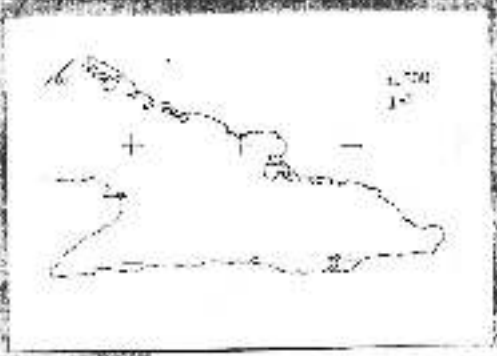


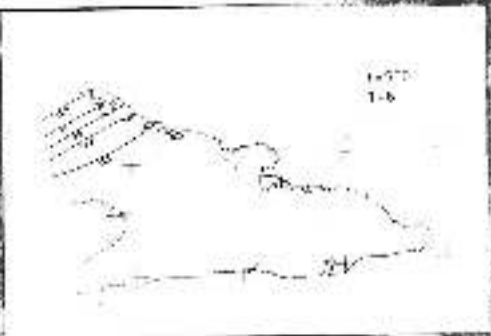




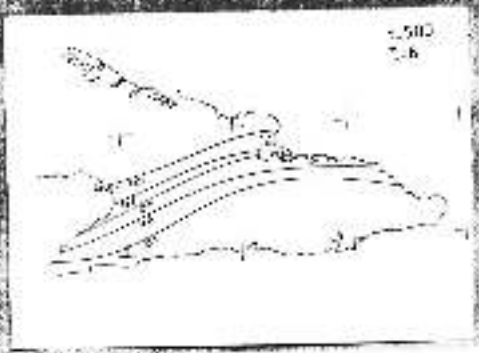


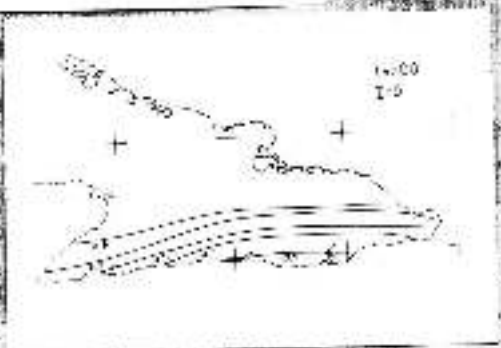




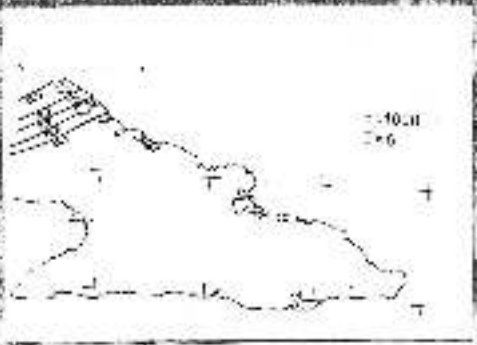


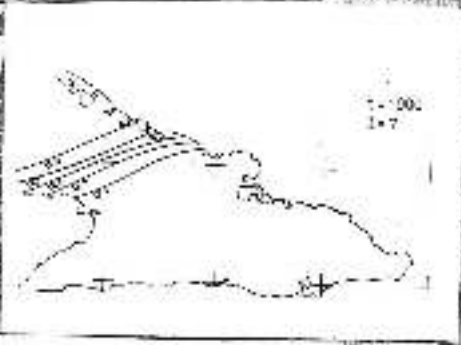


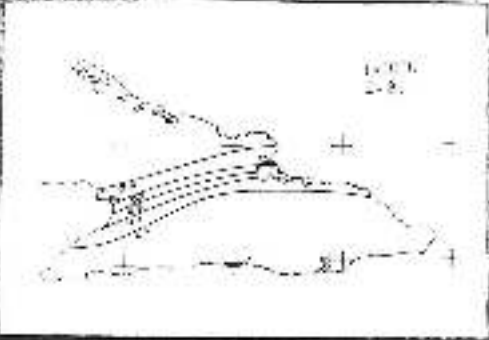








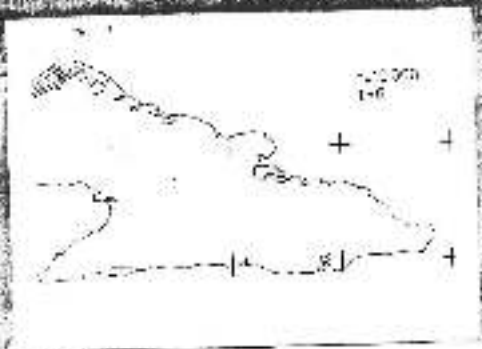


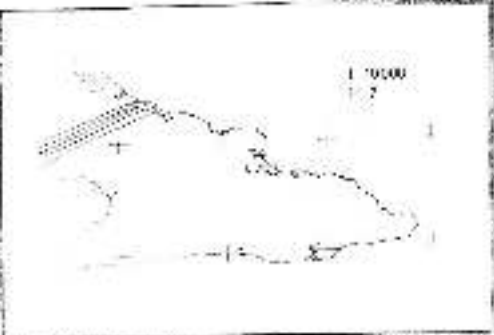


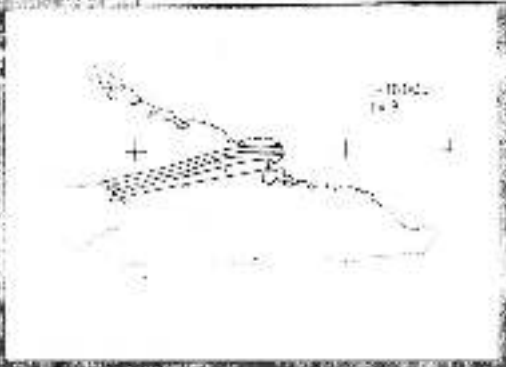
J00539



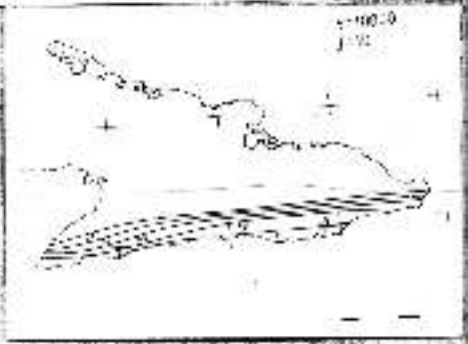




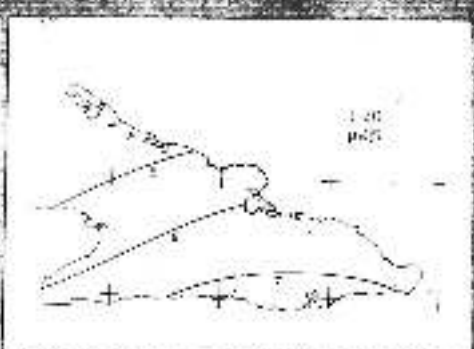


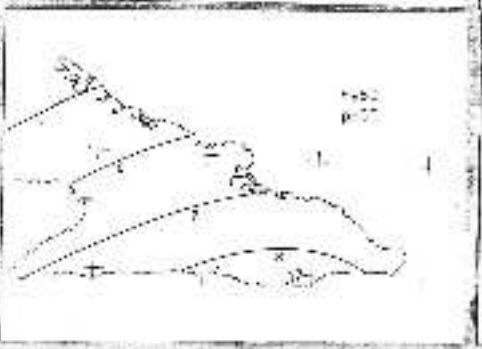


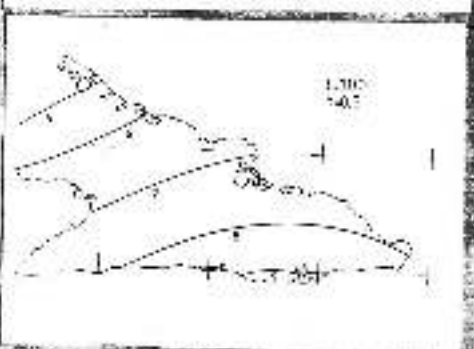






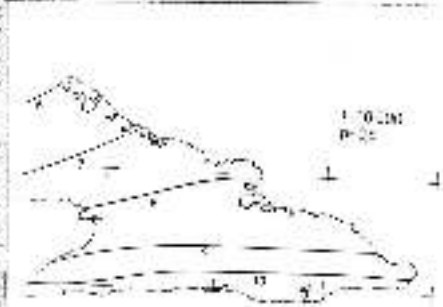


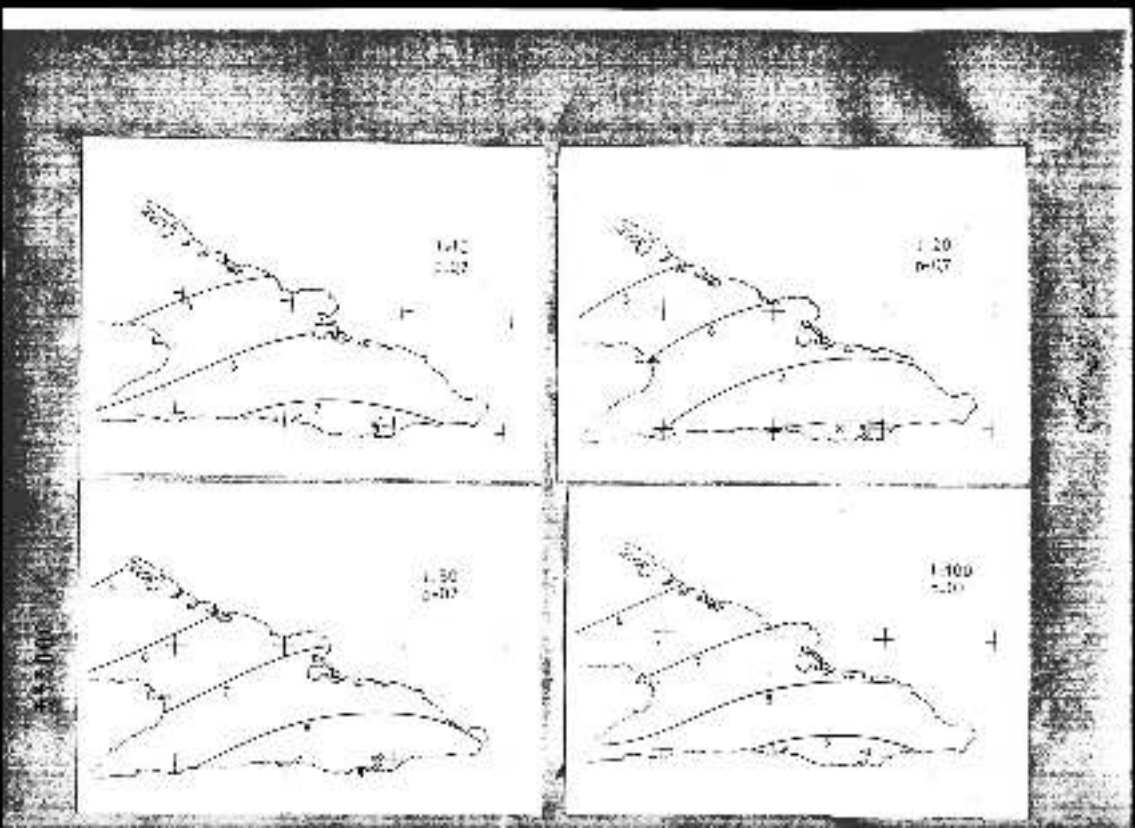


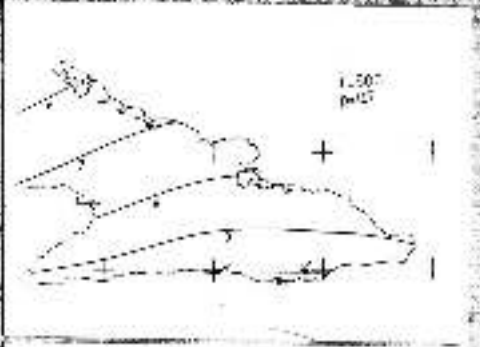


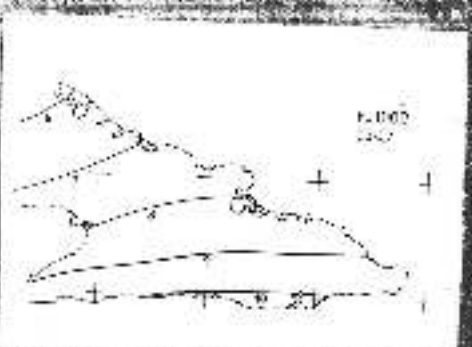


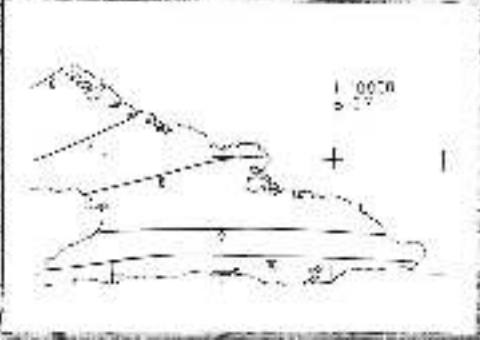






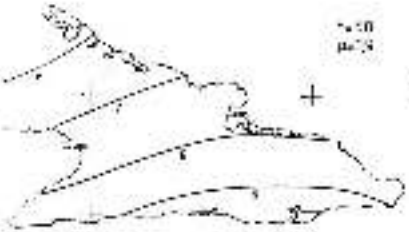


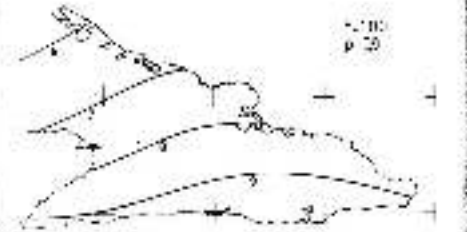


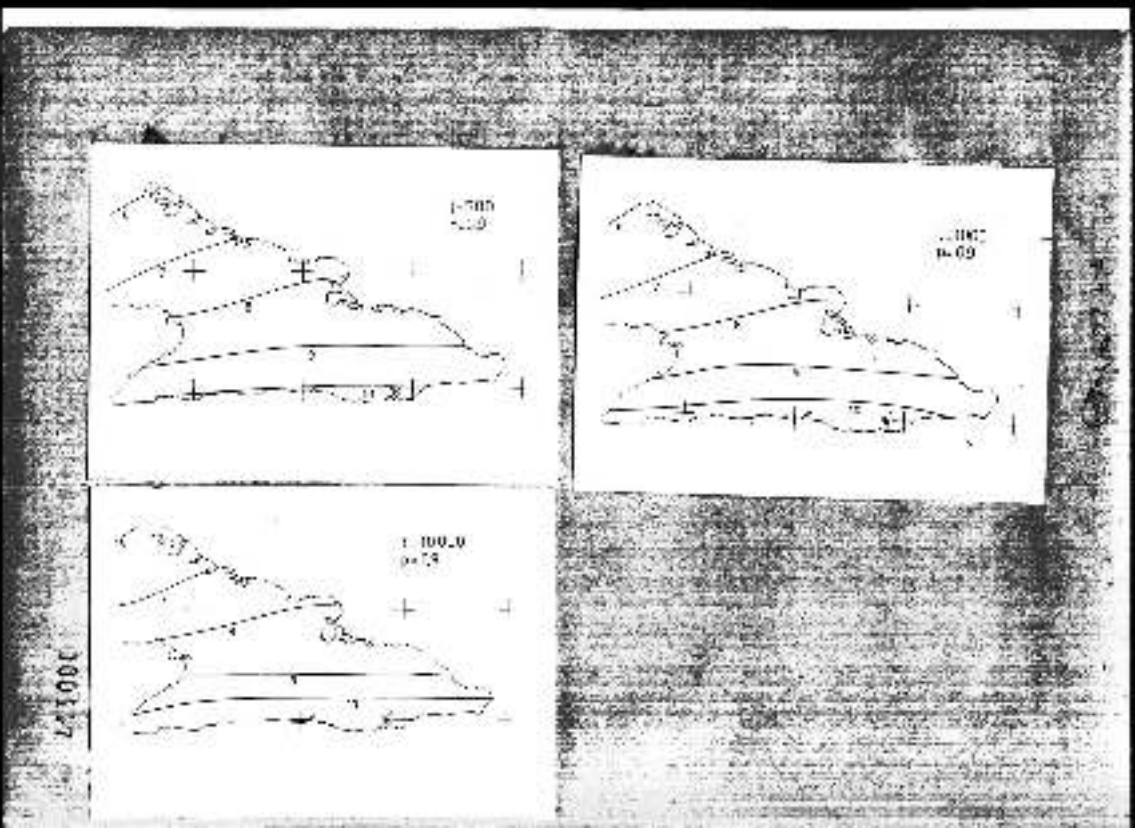




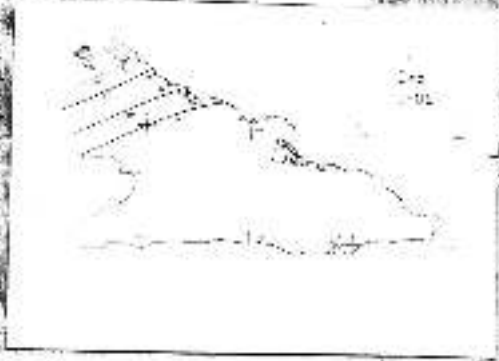


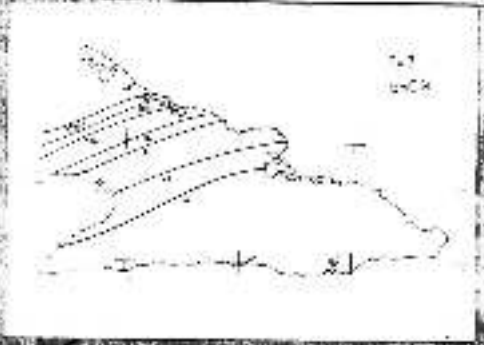




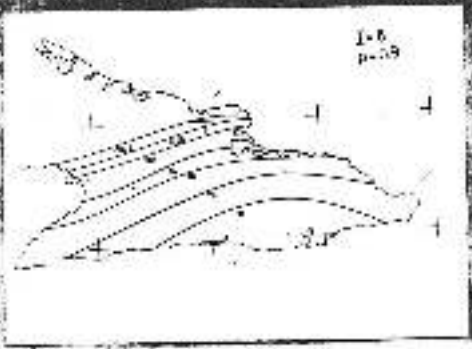


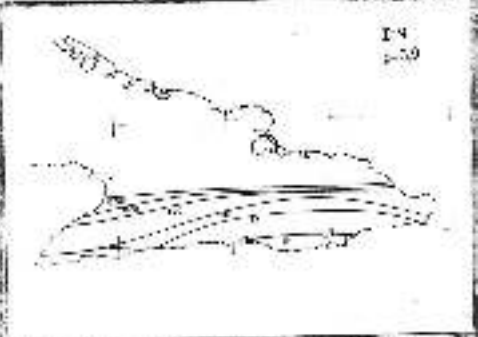


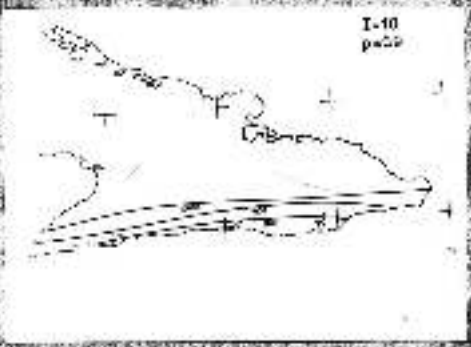




000448

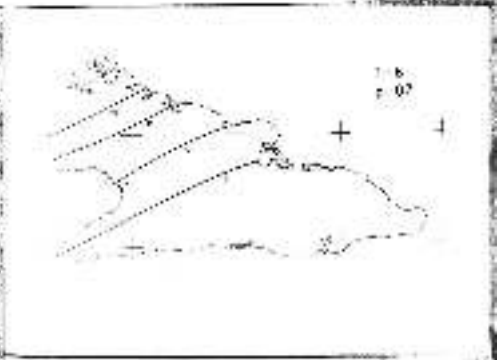


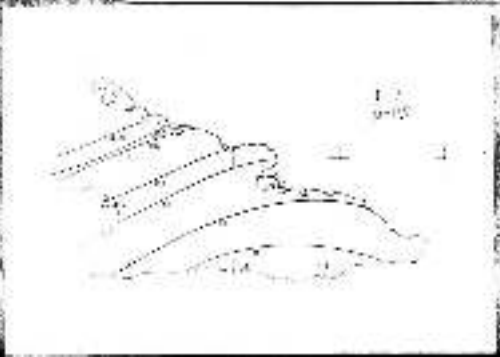




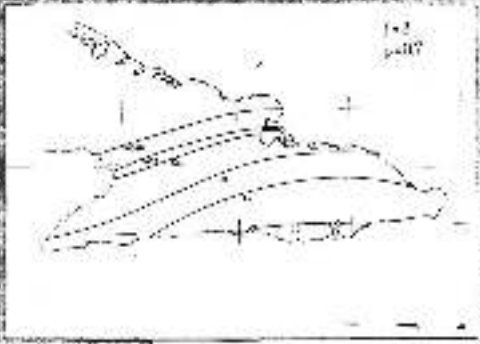
100449







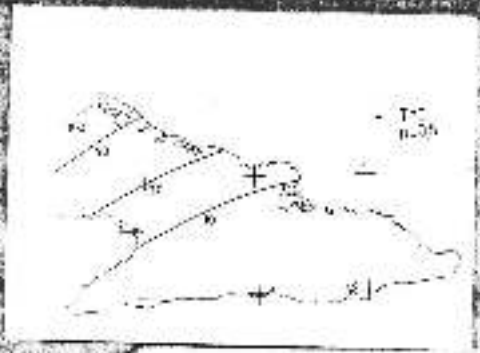
100450

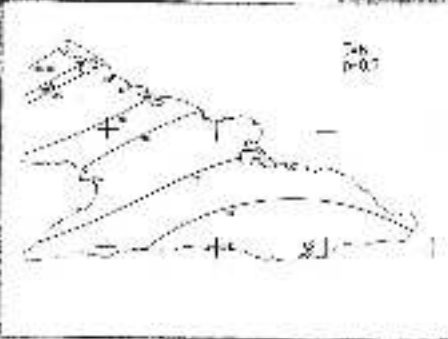


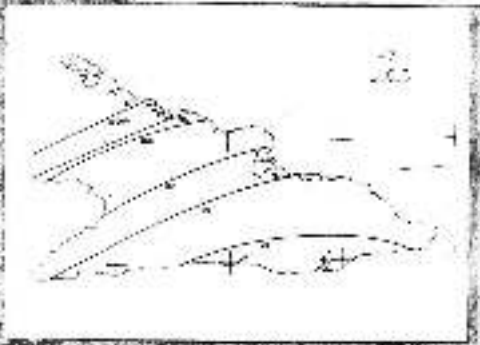




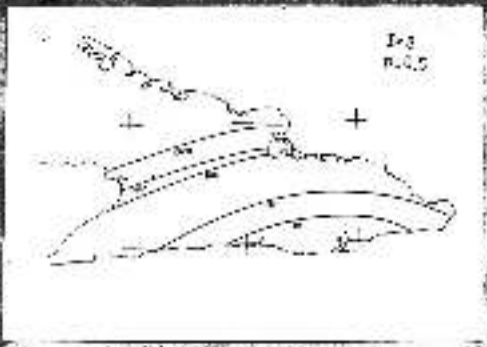
100451







100152





100453

000454

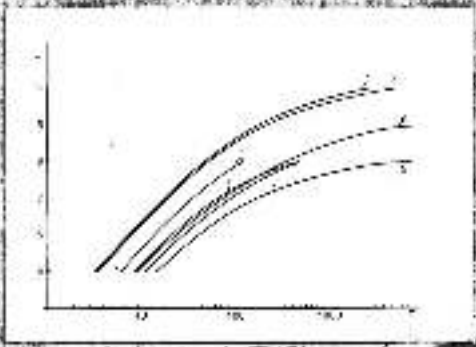


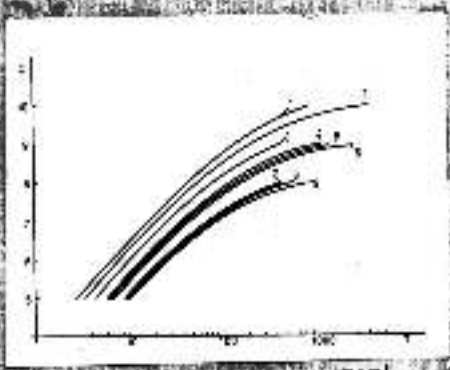
100455

7.3.4 Estabilidad de los estimados de verosimilitud

Cuando el [illegible] se [illegible] a la [illegible] de verosimilitud [illegible] [illegible] [illegible]







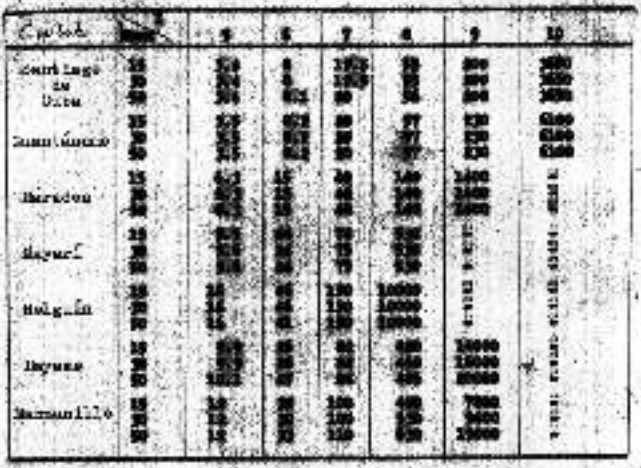


tabla 7.2

Tabla 7.2 - Duración de los periodos de sequedad por meses en la provincia de Loja en la zona 4

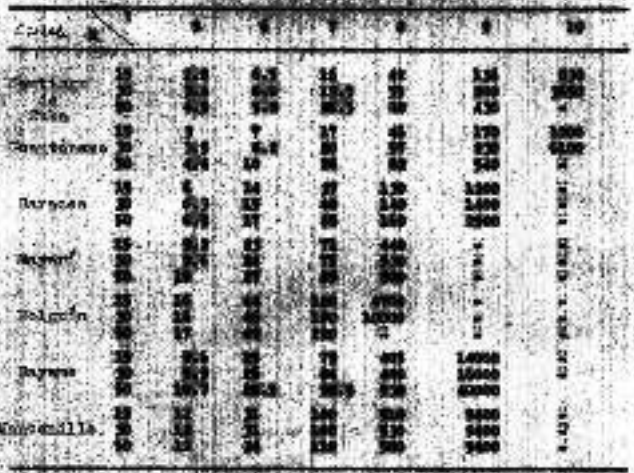


Tabla 3 - Variación de los porcentajes de saturabilidad por cambios en la profundidad en la zona Pyrite

Capas	5	6	7	8	9	10
Santiago	1.4	0	15.5	20	200	3000
20	1.4	0	15.5	20	200	3000
Cobo	1.4	0	15.5	20	200	3000
Grano de Oro	2.2	0.2	20	25	250	6000
	2.2	0.2	20	25	250	6000
	2.2	0.2	20	25	250	6000
Burgos	0.2	15	20	200	2000	-
	0.2	15	20	200	2000	-
	0.2	15	20	200	2000	-
Mayarí	2.2	20	20	250	-	-
	2.2	20	20	250	-	-
	2.2	20	20	250	-	-
Holguín	1.2	20	20	200	20000	-
	1.2	20	20	200	20000	-
	1.2	20	20	200	20000	-
Bayamo	2.2	2.2	20	200	20000	-
	2.2	2.2	20	200	20000	-
	2.2	2.2	20	200	20000	-
Manzanillo	1.2	2.2	20	200	2000	-
	1.2	2.2	20	200	2000	-
	1.2	2.2	20	200	2000	-

Tabla 3.4

Tabla 3.4 Variación de los parámetros de resistividad por capas en la profundidad en la zona 4 (Ω-m)

1979

[illegible] se puede evidenciar que la influencia de este [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] de Cuba y Guatemala, la cual es [illegible] por la formula del [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Ciudad	5	6	7	8	9	10
Santiago de Cuba						
Granada						
Barcelona						
Málaga						
Holguín						
Bayamo						
(illegible)						

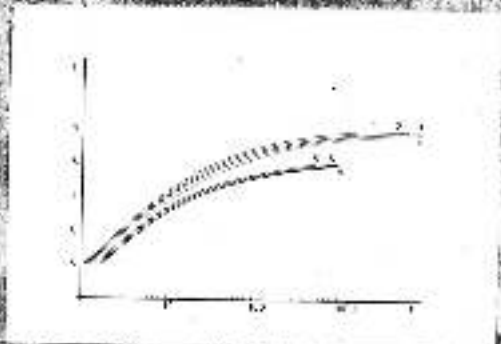
Tabla 7.5 Variación de los precios de accesibilidad por acción en la relación A/S de la zona 2.

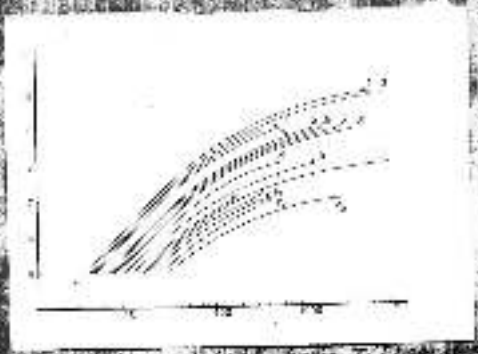
000163

Ciudad		5	6	7	8	9	10
Gumersindo de Cádiz	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0 0.5 0.1	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Cantábrico	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Asturias	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Vigo	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Bilbao	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Santander	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3

Tabla 7-6

Tabla 7-6 - Variación de los periodos de movilidad para sondeos en la zona 2 (SPT)





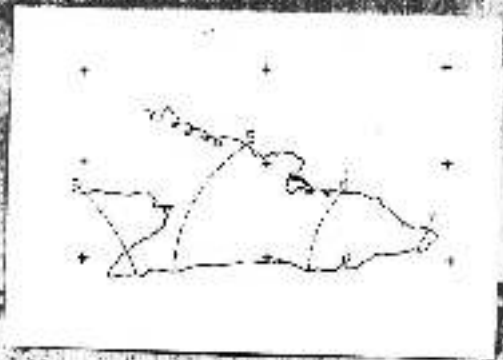
100465

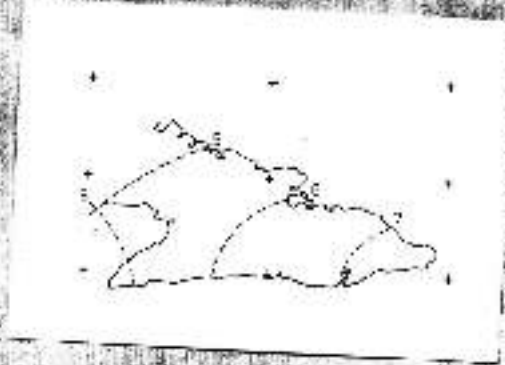
Cubic	AVP	7	8	9	10	11	12
Santiago de Cuba	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	1140 1140 1140 1140	80 80 80 80	800 800 800 800	3600 3600 3600 3600
Guantánamo	114 114 114 114	114 114 114 114	8.1 8.1 8.1 8.1	80 80 80 80	57 57 57 57	570 570 570 570	5100 5100 5100 5100
Bayamo	114 114 114 114	6.2 6.2 6.2 6.2	15 15 15 15	90 90 90 90	120 120 120 120	1200 1200 1200 1200	- - - - - - - - - - - -
Manzanillo	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	72 72 72 72	530 530 530 530	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
Holguín	114 114 114 114	15 15 15 15	8 8 8 8	120 120 120 120	12000 12000 10000 10000	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
Cayo's	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	83 83 83 83	440 440 440 440	10000 10000 10000 10000	- - - - - - - - - - - -
Manzanillo	114 114 114 114	12 12 12 12	12 12 12 12	120 120 120 120	530 530 530 530	5400 5400 5400 5400	- - - - - - - - - - - -

Table 7.7. Variación de los parches de sus diámetros para cambios en la zona 10 (AVP)

J00466

de la alguna, se ha fijado el mismo procedimiento en la fig. 3.11, de manera que la probabilidad de la variable [illegible] [illegible] [illegible]



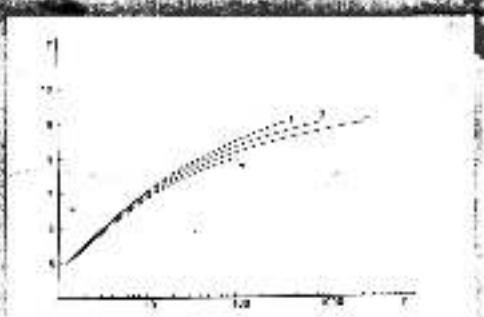


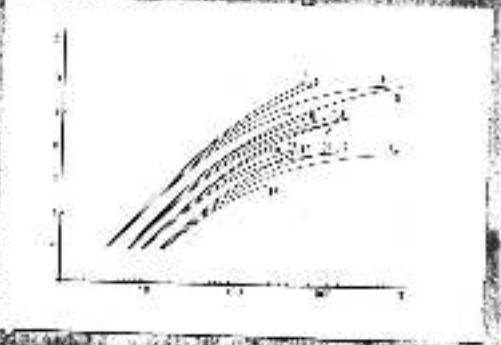
100468

Objekt	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wattiaga le Cito	5.0	5.0	651	30	31	888	2000
	5.1	5.1	0	1.5%	31	891	2000
	5.1	5.1	719	1915	31	899	2000
Giambi-nono	5.0	5.0	653	31	31	230	6300
	5.1	5.0	653	30	31	230	6300
	5.0	5.0	651	30	31	230	6300
Scrosoo	5.0	5.1	35	41	1.4%	1500	
	5.1	5.1	35	40	140	1400	
	5.0	5.0	35	39	130	1300	
Bayerf	5.0	5.0	35	76	130		
	5.1	5.1	34	75	130		
	5.1	5.1	34	73	130		
Belgifo	5.0	15	46	150	10000		
	5.1	15	46	150	10000		
	5.0	15	46	150	10000		
Bayona	5.0	140	47	80	44	10000	
	5.1	5.0	46	80	440	10000	
	5.0	5.0	46	80	440	10000	
Marsaille	5.0	15	33	150	130	5000	
	5.1	15	34	150	130	5000	
	5.0	15	34	150	130	5000	

Tabelle 3-8 Übersicht über [illegible]
[illegible]

1.6





Crucero							
Santiago de Cuba	7:05	3.48	8.8	10	17.5	205	3750
	7:25	3.4	8	10	15	200	3650
	7:45	3.4	8	10.5	15	200	3650
	8:00	3.4	8	10.5	14.5	195	3550
Guantánamo	7:40	3.3	8.3	10	17	220	4100
	7:55	3.3	8.3	10	17	220	4100
	8:15	3.3	8.3	10	17	220	4100
	8:30	3.3	8.3	10	17	220	4100
Baracoa	7:35	3.1	8.1	15	40	140	1400
	7:55	3.15	8.1	15	40	140	1400
	8:15	3.0	8.1	15	40	140	1400
	8:30	3.15	8.1	15	40	140	1400
Manzanillo	7:35	3.7	8.7	15	77	130	[illegible]
	7:55	3.45	8.6	15	76	130	[illegible]
	8:15	3.0	8.6	15	75	130	[illegible]
	8:30	3.15	8.7	15	75	130	[illegible]
Holguín	7:35	3.5	15	60	810	80000	[illegible]
	7:55	3.10	15	57	800	80000	[illegible]
	8:15	3.5	15	46	180	80000	[illegible]
	8:30	3.15	15	49	180	80000	[illegible]
Bayamo	7:35	3.5	16.9	100	35	580	[illegible]
	7:55	3.12	16.4	87	6815	505	20000
	8:15	3.0	17.9	58	84	440	15000
	8:30	3.15	17.9	58	80	380	11150
Manzanillo	7:35	3.6	14	34	120	2100	[illegible]
	7:55	3.10	13	33	110	720	23000
	8:15	3.0	13	32	110	510	9000
	8:30	3.15	12	34	86	430	3900

Tabla 3-9

Tabla 3-9 Volumenes de las parcelas. Se considerando que cambian en el tiempo de n^3 = Nmax + a Nmax en la parcela N

Cuenca	5	6	7	8	9	10
Nuevo Alto de Cuba						
Orientá-nuevo						
Bermeo						
Mayord						
Bellavista						
Bayamo						
Manzanillo						

Tabla 7-11

Tabla 7-11 Variación de las pendientes de equilibrio para caudales de 5 a 10 veces el Q Medio en la Cuenca 1 (m/km)

000479

Cobab	Bloc I	5	6	7	8	9	10
Hertingo de Cobo	7.75 E1	3.4	0	10	55	550	3300
	8 E2	3.4	0	15.5	55	860	3300
Montélimar	7.75 E1	3.9	0.3	10	70	770	5500
	8 E2	3.9	0.3	10	97	1350	5500
Tarascon	7.75 E1	8.3	15	45	200	1900	"
	8 E2	8.3	15	45	140	1400	"
Nyons	7.75 E1	9.6	20	75	170	"	"
	8 E2	9.6	20	75	170	"	"
Volgelin	7.75 E1	16	40	230	10000	"	"
	8 E2	16	40	230	10000	"	"
Bayeux	7.75 E1	10.4	25.3	60	440	10000	
	8 E2	10.4	25	60	440	10000	
Mayenne-lle	7.75 E1	18	32	100	530	9400	
	8 E2	18	32	100	530	9400	

Table 7-12

Table 7-12 Valeurs de la pression de circulation relevé par sondages au cours de la 1ère et 2ème année (N1) et (N2)

Nom du sondage	a	b	$\Delta' = b/6.05$ N1	$\Delta' = b/6.05$ N2	$\Delta'' = b/6.05$ N1	$\Delta'' = b/6.05$ N2
1a + 2a	2.68	0.65	2.73	0.5	2.83	0.4
4a	2.88	0.82	2.13	0.37	2.83	0.47
4a	2.32	0.48	2.37	0.33	2.87	0.43

Table 7-13

Table 7-13 Paramètres pour la détermination de la variation de la pression de b' pour N2 (N1+5) et (N1+10) années

[illegible] en las [illegible] se [illegible] una [illegible] [illegible] [illegible]

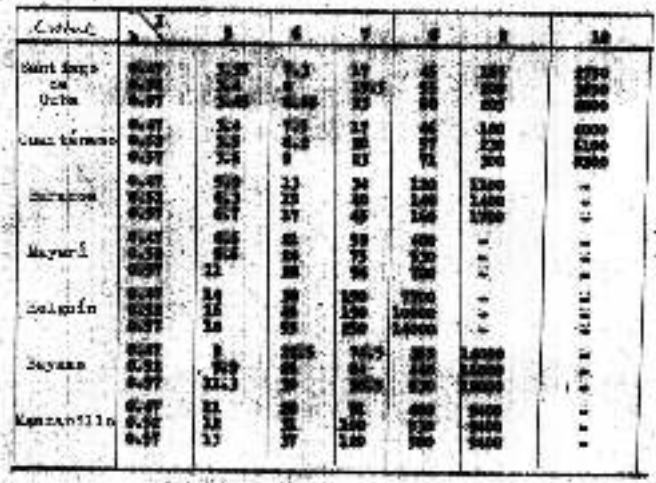


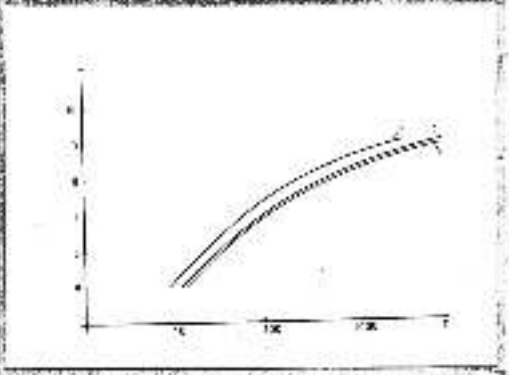
Tabla 7.14 Valores de los parámetros de
resistividad por sondeo en el valle de
Ayala, Morelos

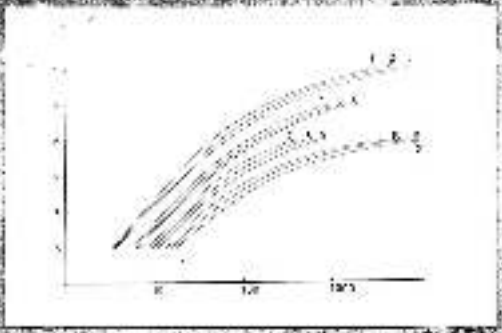
Espèces	$\frac{I_0}{h}$	5	6	7	8	9	10
Rhodophycées	0.45	3.4	7.9	19.5	55	200	3650
	0.48	3.4	8	19.5	55	200	3650
	0.53	3.4	8.09	20	55	200	3650
Cyanophycées	0.43	3.5	811	20	57	230	6100
	0.48	3.5	8.3	20	57	230	6100
	0.53	3.6	8.3	20	57	230	6100
Chlorophycées	0.43	6.1	14	37	130	1300	–
	0.48	6.3	15	40	140	1400	–
	0.53	6.5	16	42	150	1400	–
Phéophycées	0.43	9.3	24	72	530	–	–
	0.48	9.6	24	75	530	–	–
	0.53	9.7	25	75	530	–	–
Rhodophycées	0.43	15	40	130	10000	–	–
	0.48	15	46	130	10000	–	–
	0.53	15	46	130	10000	–	–
Cyanophycées	0.43	9.8	25	83	440	14000	–
	0.48	9.9	25	84	440	14000	–
	0.53	10.46	25.5	84	440	14000	–
Chlorophycées	0.43	13	32	100	530	9400	–
	0.48	13	32	100	530	9400	–
	0.53	13	32	100	530	9400	–

Tableau 6 : Détermination de la profondeur de compensation pour différentes espèces et différentes valeurs de $\frac{I_0}{h}$ (voir fig. 6)

	$\frac{I_0}{h}$	5	6	7	8	9	10
Rhodophycées	0.4	3.35	7.35	19.3	51.5	190	3650
	0.45	3.4	8	19.5	55	200	3650
	0.5	3.5	8.1	20	55	200	3650
Cyanophycées	0.4	3.4	7.9	19	56	230	6100
	0.45	3.5	8.3	20	57	230	6100
	0.5	3.6	8.3	21	58	230	6100
Chlorophycées	0.4	6.1	14	38	130	1300	–
	0.45	6.3	15	40	140	1400	–
	0.5	6.4	15	41	150	1400	–
Phéophycées	0.4	9.5	22	72	530	–	–
	0.45	9.6	24	75	530	–	–
	0.5	9.8	25	75	530	–	–
Rhodophycées	0.4	14	40	130	10000	–	–
	0.45	15	46	130	10000	–	–
	0.5	17	47	200	10000	–	–
Cyanophycées	0.4	8.1	20.5	62	310	13000	–
	0.45	9.9	26	84	400	16000	–
	0.5	10.5	27.5	90	420	18000	–
Chlorophycées	0.4	8.7	22	64	320	3800	–
	0.45	12	31	100	530	9400	–
	0.5	13	35	120	650	13000	–

Tableau 7 : Profondeur de la zone de compensation (exprimée en mètres) en fonction de $\frac{I_0}{h}$ (voir fig. 6)





000478

6) CONCLUSIONES

De lo visto hasta aquí, resulta evidente que el papel fundamental en la estimación de los períodos de sacudibilidad lo juega la zona I_2. Dichos períodos dependen fuertemente de la determinación de las curvas características de los espectros en esta zona, ya sean la profundidad, la amplitud máxima, el parámetro b o el modelo de Housner. Esto se explica por el hecho de que la zona I_2 es la más activa y casi siempre predominante en el espectro de la región. La variación de los parámetros de las zonas restantes, influye en la práctica casi solamente sobre los espectros obtenidos en sus cercanías. El orden de influencia es: I_1, I_3 y I_4.

Se debe señalar el carácter variado de la influencia de los diferentes factores. La profundidad influye sólo sobre las regiones próximas a la zona CF. La excentricidad de los elipsoides del modelo de Housner tiene una mayor influencia en las regiones alejadas (en sentido transversal a la zona CF). En el caso de Mmax y b, su influencia es general en toda la región.

En el caso general, una disminución de la profundidad, del parámetro b, o de la relación A/B provoca una disminución de los períodos de sacudibilidad, mientras que la disminución de Mmax provoca un aumento de los mismos. Es de hacer notar que la variación de todos estos parámetros no sólo se refleja en el valor de los períodos de sacudibilidad, sino también en el valor de la intensidad máxima.

Señalemos, por último la calidad de los materiales utilizados para los cálculos de sacudibilidad, recomendando ampliar en el futuro el tamaño de la estadística de casos reales existentes a un perfeccionamiento posterior de los datos iniciales para las estimaciones de peligrosidad sísmica.

Los resultados aquí presentados constituyen una primera aproximación y deben ser tomados con investigaciones posteriores.

300479

7.4 Actividades mineras para el área del territorio nacional

7.4.1 Primera aproximación a la problemática por medio de 71 áreas de interés dentro del territorio nacional.

La exploración de un área de tal magnitud, como periodos de investigación de los recursos minerales, para el [illegible] de los organismos constructores del país. El primero de estos [illegible] en el atlas nacional de Chile (Alvarez, H., [illegible]). Al inicio de los trabajos de este tema surgió la necesidad de evaluar el mapa metalogenético con el mismo enfoque regional que, preventivo. A pesar de que en el programa del tema se planificaba la evaluación de este trabajo en la etapa final de su elaboración, con la utilización de datos mejor elaborados, ante una solicitud del [illegible] Comité de Fomento y Planificación del Sector de la Construcción se decidió elaborar un tema de interés práctico por dos motivos para con tal sector de la construcción.

El objeto principal para el cumplimiento fue el siguiente:

-Se seleccionaron del catálogo de datos aquellos [illegible] más [illegible] por [illegible], [illegible] [illegible] que se investigaban [illegible].

-Para [illegible] [illegible] se [illegible] la [illegible] [illegible] [illegible].

-Se utilizaron los mapas geológicos, hidrogeológicos, [illegible], topográficos y de [illegible] para [illegible] a realizar en forma general la distribución de los diferentes tipos de rocas, de las características propias de los [illegible] geológicos por [illegible], de aquellas en las aguas, de las [illegible] [illegible] y explotadas, de la actividad de los [illegible] y de la [illegible] y [illegible] del territorio nacional.

-Se analizaron los datos de existencias por [illegible], [illegible], para [illegible] en coordinación con [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] en la región [illegible] de [illegible] [illegible] en el [illegible] (Alvarez, H. Ruiz, V.L., 1971).

[illegible]

El caso obtenido anteriormente en la fig. ( ). En el experimento hecho con transmisores desde 3 hasta 8 pares, así bajo las mismas condiciones de [illegible] se obtuvieron con un mayor [illegible] (V). Este trabajo fue publicado en la revista [illegible] en Cuba en el [illegible] y una versión ampliada del mismo se incluyó en el informe de la tesis de [illegible]

Una evaluación más completa de este trabajo, y la investigación a nivel [illegible] [illegible] en el artículo de los resultados de Alonso en Brasil en [illegible] y Montenegro-Aguilar, Daniel en noviembre-diciembre de 1982, permitieron completar el caso de [illegible] eliminando los casos [illegible] [illegible].

El [illegible] [illegible] [illegible]



Fig 3.12 Resultado manual del mapa de sustentabilidad por distritos municipales.



Fig 3.13 Resultado manual del mapa de sustentabilidad por distritos turísticos

200482

100193

7.4.2 Estimación preliminar de peligrosidad sísmica para las provincias de Cuenca y Sierra de Avila y para la región circundante.

7.4.2.1 Provincias Cuenca y Sierra de Avila.

ESTRUCTURA GENERAL DE LA REGION

El territorio objeto de estudio presenta el relieve más lleno de nuestro país, dando las llanuras denudativas el rango distintivo de su geomorfología. Los niveles hipsométricos se representan entre los 200 - 400 y 1.600 - 1.800 m., contrastando con gran dependencia morfológica de los potentes pliegue-estructurales. Del mismo modo este territorio presenta una gran heterogeneidad territorial, pudiéndose distinguir 5 unidades geotectónicas, que en algunos casos pueden subdividirse en unidades estructuro-facieles de segundo orden (Cuenca, Teruel, ATC, Prat, Gil, AC, 1978).

Las unidades geotectónicas (fig. 14) son:

1. Margen Continental de Iberia
2. Sitiegrafo Ibérico Antiguo
3. Arco de Islas Volcánico
4. Cuenca Plataforma
5. Plataforma Moderna

El Margen Continental es el territorio comprendido entre la pen-

160484

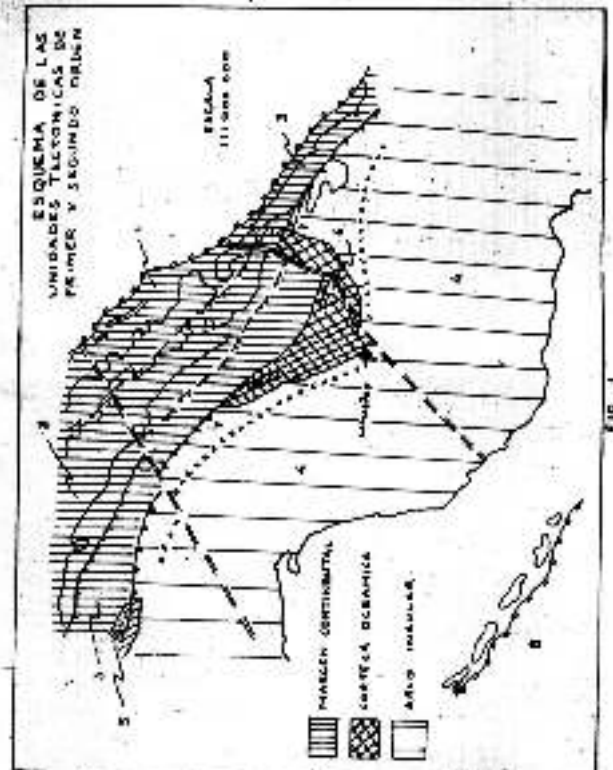


FIG. 1

Figura 1. Esquema de las unidades tectónicas de primer y segundo orden. Escala original 1:1 000 000.

1. Zona Axial Viejo de Guatemala, 2. Zona Chyo Coco, 3. Zona Intermedia, 4. Zona Este, 5. Zona Transicional, 6. Zona Placentes, 7. Zona de mayores deformaciones, 8. Frontera de la Placa Cocos Insular.

000485

cián con la Plataforma de Bahamas y la Falla marginal de Cabo Cruz. Esta unidad geotectónica se subdivide en 2 zonas estructurofaciales sobre la base de la composición y estructura de las secuencias que la componen. En todas estas zonas predominan las rocas carbonatadas del Mesozoico que yacen sobre un basamento de carácter continental que se encuentra a una profundidad comprendida entre los 14 y los 25 Km.

La Litofacies Ofiolítica Antigua representa el afloramiento de la antigua corteza oceánica. Está constituida por un complejo de rocas ofiolíticas (clinopiroxenitas, gabroides, etc.) y posee una estructura de "mélange" o "mezcla tectónica" sumamente complejo [illegible] litas se encuentran intercaladas sobre las rocas del Margen Continental que han sobrevivido al Overthrust.

A la zona geotectónica correspondiente al área de Islas Volcánicas pertenecen todas las rocas volcanógeno-sedimentarias e intrusivas del Overthrust de Cuba. Las secuencias del complejo volcanógeno-sedimentario poseen un espesor de 12 a 15 Km. aproximadamente. [illegible] La estructura de las rocas mesozoicas del área Volcánica es monoclinal, con un rumbo E - W y NW - SE. El flanco de esta monoclinal se encuentra cubierto por depósitos intrusivos y estructuras plicativas más jóvenes.

La Cuenca Plataforma comprende a las unidades antes mencionadas y representa la llamada etapa de "estabilización", durante la cual la antigua Litofacies Oceánica conjuntamente con el antiguo área de Islas Volcánicas, se sumergieron al Margen Continental y pasan a formar un nuevo basamento. Esta etapa culminó en el Mioceno Superior. La cobertura depositada sobre el nuevo basamento está constituida por rocas clástico-terrígenas y carbonatadas, y en algunos casos se encuentra intensamente deformada, particularmente lo que yace sobre el margen continental, observándose capas y pliegues. La parte que yace sobre el área Volcánica y la Litofacies Oceánica Antigua presenta una estructura plegada y algo fallada por fallas de rumbo SW - NE, NE - SW y N-S.

Sobre el nuevo basamento se desarrolla la llamada Plataforma Ac-

000486

áreas, en lo que durante su evolución predominaron los movimientos verticales oscilatorios que han deformado las secuencias de rocas carbonatadas-terrígenas sobre yacentes.

Debido a que los contactos entre las unidades geotectónicas están constituidos por fallas profundas con una historia geológica compleja, que forman una compleja red de estructuras de diferente orden, la cual es responsable de la actividad sísmica propia de este territorio.

b) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SISMICIDAD DE LA REGIÓN

Los primeros reportes de sismos históricos producidos por terremotos en la antigua provincia de Camagüey, integrada por las actuales provincias de Camagüey, Ciego de Avila y la parte occidental de Las Tunas a partir de la nueva división político-administrativa de 1975, se remontan a los inicios de la segunda mitad del siglo XVIII, correspondiendo a la antigua localidad de Puerto Príncipe (actual ciudad de Camagüey), [illegible].

En la figura 2 se presentan los epicentros de los sismos, instrumentales [illegible] que estos macrosísmicos como instrumentales, ocurridos en el territorio de las propias provincias de Camagüey y Ciego de Avila. Los epicentros macrosísmicos señalados en el mapa se determinaron tomando en cuenta los valores mayores de las intensidades reportadas [illegible]. Los epicentros instrumentales fueron determinados por los registros de las estaciones sismológicas cubanas (ver Tabla No. 1).

En la Tabla 2 se relacionan los sismos instrumentales de los terremotos ocurridos en el territorio en estudio en el período 1969-1988. Debemos señalar que los datos de los sismos registrados en los años 1970-1979 fueron obtenidos del análisis de los sismogramas de la estación Río Carpintero (RIC) situada en la región oriental del país, siendo en la determinación de las magnitudes por las ondas superficiales M_{LH} en ocasiones también los registros de la estación Soroa (SOR), situada en la parte occidental del país. Por esta razón los datos instrumentales con errores e incluso por la ausencia de las estaciones en la operación el registro de los sismos de baja energía, debido a esto los epicentros de la mayoría de los epicentros de los terremotos que no sido posible determinar en esa región presentan los errores propios de los determinaciones con una sola

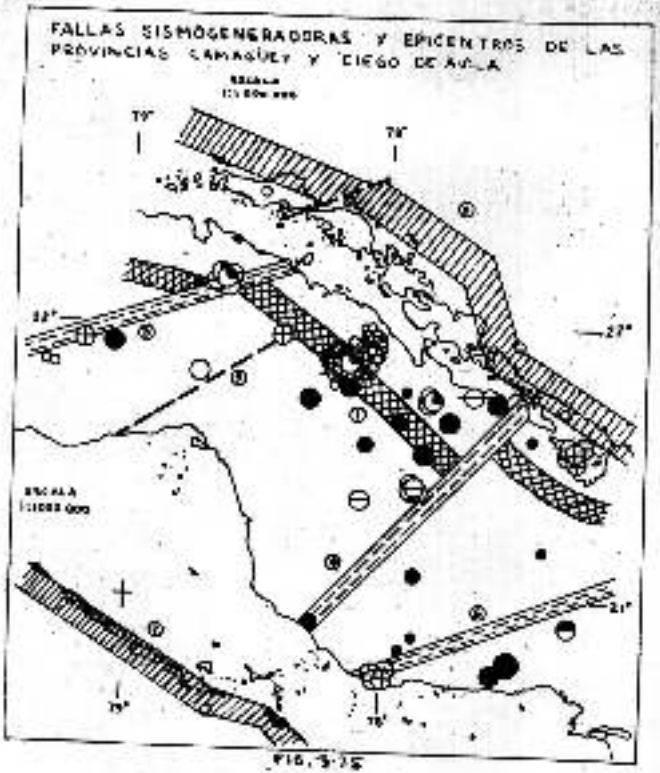


FIG. 5.15

100485

Figura 3.- Mapa sismogeneradores y epicentros de las provincias Camagüey y Ciego de Avila. Escala original 1:1 000 000.

Denominación de las zonas de fallas

① Jobabo
② Fallas submeridianas
③ La Trocha
④ Camagüey
⑤ Esmeralda
⑥ Santa Cruz del Sur
⑦ Sur Ciego

Leyenda

- Falla marginal
- Zona de fallas transversales con desplazamiento lateral
- Zona de fallas menores que dividen áreas levantadas y hundidas
- Falla no clasificada

Epicentros de terremotos por datos macrosísmicos (Escala MSK - 1976)

- sentido
- III grados
- III-IV grados
- IV grados
- IV-V grados
- V grados
- V-VI grados
- VI grados

Epicentros de terremotos por datos instrumentales

Símbolos	Clase energética (K)
●	8,5 - 9,4
●	9,5 -10,4
●	10,5 -11,4
●	11,5 -12,5

○ Epicentros de terremotos por datos de la Brigada "Sandino"

000489

Datos instrumentales de sismos registrados en el terremoto de San Fernando, California y otros de Mexico

No.	Fecha	to(GT)	φ(°N)	λ(°W)	h(Km)	T	θ	θ_{pP}
1	1967 Sep.30	04h12m48,0					3,0	
2	1970 Nov.21	14h28m36,1				10,5		
3	1971 Jul.16	15h26m14,9	21°35'	79°03'	16	11,0	3,4	
4	1971 Nov.01	08h53m57,0	20°46'	77°30'	10	12,3	3,9	4,3
5	1973 Ago.04	21h55m46,7	21°34'	76°56'	10	9,0		
6	1973 Nov.29	14h18m28,0	20°41'	76°58'		9,6		
7	1973 Dic.30	13h23m41,3	20°35'	76°49'		9,7		
8	1974 Nov.13	03h06m40,8	21°39'	77°57'	10	9,7		
9	1974 Feb.10	13h40m06,4				8,8		
10	1974 Mar.23	08h36m32,4				8,7		
11	1974 Mar.27	23h51m12,8	21°34'	78°04'		9,8		
12	1974 Abr.07	22h42m01,6	21°38'	77°51'	16	10,5	3,6	4,1
13	1974 Abr.08	03h18m19,1	21°51'	78°19'	28	11,8	3,95	4,7
14	1974 Abr.30	00h29m41,6	21°46'	78°09'	20	11,9	3,4	4,6
15	1974 May.15	19h46m10,0	21°05'	77°59'	16	10,2		4,4
16	1974 Jun.12	06h56m33,2				9,0		
17	1974 Jul.07	06h58m00,2				9,0		
18	1974 Ago.28	04h01m47,6	21°44'	78°10'	16	11,0	3,7	4,5
19	1974 Nov.15	23h59m20,6				9,3		
20	1974 Nov.17	01h18m58,3	20°44'	77°34'	10	10,3		4,45
21	1974 Nov.27	04h43m06,1	21°05'	77°35'		9,2		
22	1977 Oct.07	05h37m59,4	21°39'	77°45'	16	11,0		4,45
23	1978 Ene.21	21h09m36,5	21°43'	77°34'		11,4		
24	1980 Mar.26	02h05m18,0						
25	1980 Abr.04	20h13m46,4						
26	1980 Jun.10	13h57m17,2	21°11'	77°22'	25	8,3		
27	1980 Jun.18	14h30m42,5				9,1		
28	1980 Jun.28	21h54m03,2	20°52'	77°54'	16	8,6		
29	1982 Nov.01	08h05m13,2				8,8		
30	1982 Nov.10	04h23m36,3	20°55'	78°16'	10	10,5	3,9	4,4
31	1982 Nov.10	17h24m53,1				9,0		
32	1982 Dic.07	13h54m41,6	20°50'	77°55'	10	8,6		
33	1982 Dic.24	19h48m02,1	21°35'	77°35'	10	8,8		

000490

estación, aprovechando la oportunidad y que no correspondía esta estación a las zonas epicentrales, sino las correspondientes pequeñas amplitudes de las primeras llegadas de las ondas P. La profundidad en la región oriental de nuevas estaciones sismológicas y el aumento de la amplificación de los equipos de SISC, permitió una detección de los microsismos de los sismos ocurridos en la fosa con una mayor precisión.

En la tabla III presentamos todos los parámetros energéticos de los terremotos clase excepción de K_c registrados por las ondas superficiales M_{LH} y por las ondas de volumen m_{pv}. De un análisis se puede concluir que los valores de m_{pv} parecen algo subestimados ya que sólo se tuvieron en la estación principal de Santo Domingo (SDG) y otras estaciones de los países circunvecinos, de este rango deben ser representativas para la región del Caribe (Δ). Estos valores de m_{pv} pueden resultar debido al hecho de que no se ha realizado la corrección a la curva de calibración para la región del Caribe, ni tampoco se han determinado las correcciones de estación para las estaciones sismológicas cubanas.

Por otra parte los valores de M_{LH} en comparación con los valores de la K resultan algo pequeños. Esto fue ya observado para el rango de distancias epicentrales pequeñas ($\Delta < 2^{\circ}$) en otras ocurrencias [illegible] lo cual podría ser debido al hecho de que la función de calibración procedimiento no corresponde a las condiciones particulares de la propagación de las ondas sísmicas [illegible].

Se destaca el hecho de que desde Octubre del año 1973 se observa un incremento considerable del número promedio de terremotos registrados en el período de un año, correspondiendo en este incremento al mismo ocurrido el día 2 de abril a las 03h10m15,3 GMT, y que se reportó perceptible en la localidad de Manzanillo con VI grados de intensidad (MSK-1978) (Tablas 1 y 2). Este evento tuvo algunas premisiones y numerosas réplicas, muchas de las cuales fueron perceptibles en esa misma localidad. Con posterioridad el mismo fue instalada en la zona una estación sismológica portátil con ayuda de la cual se registraron eventos de baja energía localizados a una distancia hipocentral de aproximadamente 12 ± 10 Km. (Tabla [illegible])

En el período de referencia se realizaron investigaciones sismológicas profundas en la región mediante la utilización del método "Sanlié", registrándose un gran número de eventos en la zona de Manza-

000591

Tabla I. 7 [illegible]

[illegible] PROPAGACION POR EL [illegible] DE LAS [illegible] PRODUCIDAS POR [illegible] EN LA [illegible] DE MEXICALI DURANTE 1974.

Fecha	Hora local	t_{s-r}	Clase correcta (X)
Jun. 06	18:19:37,0	1,2	-
Jun. 20	01:08:11,4	1,4	5,1
Jun. 18	23:46:03,0	1,6	5,6
Jun. 19*	01:37:00,0	1,4	(6,5)
Jun. 19*	03:57:45,0	1,6	-
Jun. 21	00:30:56,8	1,9	6,8
Jun. 21	00:56:56,2	1,6	-
Jul. 10	13:50:03,4	1,6	5,5
Jul. 13	03:05:28,0	1,9	16,6
Jul. 15*	18:36:49,5	1,7	6,4
Jul. 17	04:17:35,0	1,3	5,3
Jul. 17	17:21:11,0	2,0	(5,5)
Ago. 01	23:27**	2,4	-
Ago. 13	20:20**	1,2	-

* Es reporte perceptible.

** Por dificultades en la marca de tiempo no se dan los segundos.

000492

rada (Fig. 3) las coordenadas determinadas para esos sectores, son mucho más confiables que la determinación de las cifras por los datos de la red de estaciones oficiales, ya que fueron obtenidas mediante un levantamiento de un número considerable de estaciones microsísmicas situadas en el territorio investigado en el transcurso de estos trabajos. La profundidad determinada para estos sismos es de 15 Km. aproximadamente (Shebalin, et al., 1977).

El área afectada por el terremoto principal de esta secuencia abarcó gran parte del territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Avila (Fig. 5). Las isosistas de este sismo tienen forma elíptica, con su mayor alargamiento ubicado a lo largo de la estructura que le dio origen, la zona de fallas Oriente. (Ver descripción [illegible])

Esta estructura fue también la causante del sismo del 26 de junio de 1978, que produjo intensidades de 7 grados, escala MSK-1976, en la zona de Esmeralda, [illegible].

FALLAS MICROSISMICAMENTE ACTIVAS

A pesar de que existen en el territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Avila numerosas fallas de diferente orden, no existen lamentablemente datos sísmicos que permitan reconocer todos los rasgos más particulares fundamentales y su actividad en la etapa actual. Sin embargo uno de los criterios empleados frecuentemente para el reconocimiento de la actividad de una falla es la existencia de epicentros de terremotos que puedan asociarse a la misma / ... No obstante esto se han agregado los criterios tectónicos generales con la ayuda de información microsísmica existente, para la definición de las estructuras (neotectónicas) de la región de estudio.

ZONA DE FALLAS ORIENTE (Fig. 3 y 5)

Esta falla se considera como la estructura neotectónica principal de la región. Constituye la frontera entre el Bloque Continental de Bahamas y la Litosfera Oceánica Antillana en los límites del

700693

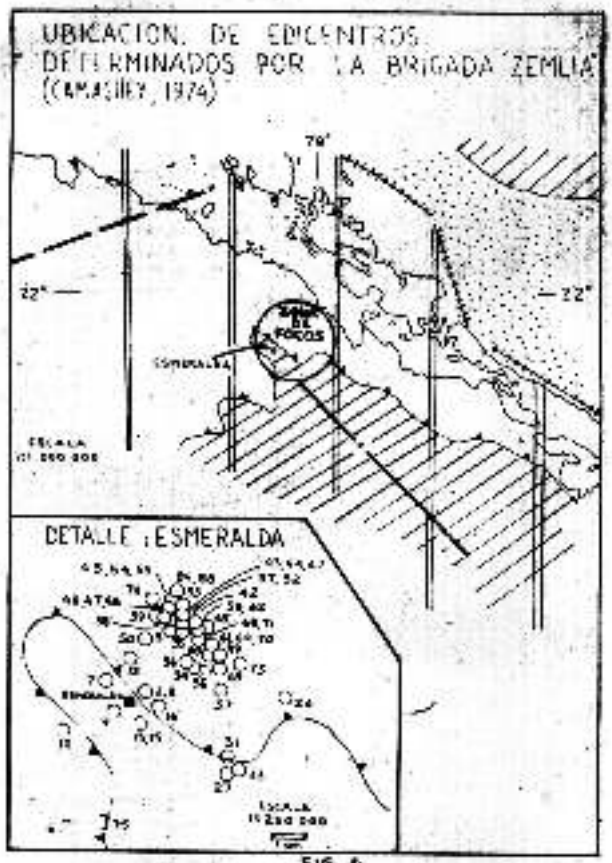

UBICACION DE EPICENTROS
DETERMINADOS POR LA BRIGADA ZEMLIA
(CAMAGUEY, 1974)
79°
22°
22°
ESCALA
1: 250 000
DETALLE ESMERALDA
ESCALA
1: 250 000

FIG. 4

200494

Figura [illegible] Extensión de explosivos determinados por la Brigada "Rumbo" (Camagüey, 1974). Escala original 1:1 000 000.

Leyenda



Bloques hundidos dentro de las zonas de levantamientos y hundimientos menores.



Bloques levantados dentro de las zonas de levantamientos y hundimientos menores.



Zonas de levantamientos regionales.



Zonas de fallas inversas, zonas de fallas y fracturas que dividen áreas de levantamientos y hundimientos.



Flechas de los ejes de levantamiento.

000695

territorio estudiado. Es una falla transversal con un rumbo de NW - SE. Su longitud en la región es de varias decenas de km., estableciendo una conexión de la Sierra Marginal a Falla Principal Cubana. Esta zona de fallas se prolonga hacia el Norte (falla Camagüey) y de forma menos clara, ya que tiene poca manifestación en el relieve, hacia el Este. Su prolongación oriental fue puesta en evidencia por los datos de las investigaciones geofísicas de prospección sísmica por el método de REF (ref) R [illegible] las profundidades de las localidades de Jesús y Minas se interrumpe con la falla Camagüey originándose un codo topónimo, el igual que ocurre en las localidades de Morón con la falla La Leche (Pino Gonzáles Acc, Inst Geol. Ac. Ciencias, 86)

La falla Cubitas presenta una evolución geológica compleja [illegible] el Paleoceno, Eoceno y Mioceno [illegible] (Pardo Geol. Cuba, Acc, Inst Geol. Ac. Ciencias, 86) el grado de detalle paleogeográfico [illegible] y el Mioceno Inferior. Posteriormente en el Paleoceno se comportó como falla transcurrente activa. En el Eoceno Medio Tardío (actual) vuelve a [illegible] el límite de sedimentación de los oficilitas por acción de la unidad correspondiente al Bloque Continental. El sobrecorrimiento comprende del NW al NE y su dimensión es amplitud total. Con posterioridad al Eoceno Medio no se han manifestado desplazamientos importantes a lo largo de la falla [illegible]. No obstante, en las rocas y estructuras cercanas se observan deformaciones plicativas posteriores al Eoceno Medio y el plano de falla sufrió una verticalización [illegible] Pardo, [illegible] la se puede interpretar actualmente como una falla de sobrecorrimiento.

A lo [illegible] de fallas Cubitas se asocian en primer lugar los terremotos ocurridos en la zona de Manzanillo en el año 1976, porque la región donde están localizados los epicentros de estos terremotos es la llamada zona de Manzanillo. De esto destacar que en distribución espacial ocurren en área muy amplia a lo largo de la parte occidental de la zona de fallas Cubitas. Las profundidades de los focos de estos terremotos muestran que la alta actividad sísmica manifestada se produjo por la activación de toda la porción oriental de esta zona de fallas, afectando la corteza tanto en extensión como en profundidad.

Esta falla [illegible] es muy [illegible] en las [illegible]

003096

las fallas de Ocampillo y La Trocha, lo que se evidencia en los reportes macrosísmicos de las localidades de Bravo, Dubitas y Ocampillo.

ZONA DE FALLAS SUBMARINAS (Fig. [illegible])

Se ubica al norte de Cuba, extendiéndose a todo lo largo de la Isla. Se le considera como un sistema nuevo de fallas escalonadas (fig. [illegible]), la longitud de esta zona sobrepasa los 1000 Km. y el ancho de la misma es de 15 Km. aproximadamente ([illegible]). En esta zona de fallas transcurriales que sirve de frontera a dos megaestructuras: la primera considerada como un área de continentes nuevos y la segunda como un área de levantamientos nuevos.

A la zona de fallas submarinas se le pueden asociar algunos terremotos cuyos epicentros fueron determinados por las estaciones sismológicas utilizadas en los trabajos de ([illegible]), así como los eventos reportados perceptibles en la localidad de La Gloria ([illegible]). En la ciudad de Bravo se reportan perceptibles varios sismos que pueden ser asociados tanto al sistema de fallas submarinas como a la prolongación de la falla Dubitas. No obstante, la actividad sísmica de esta zona es muy probablemente está relacionada con la zona de fallas submarinas cuya actividad reciente está comprobada por otros métodos.

ZONA DE FALLAS LA TROCHA (Fig. [illegible])

Es una fractura transversal regional con desplazamiento lateral que se manifiesta en la etapa neotectónica ([illegible]) y considerada como una falla transcortical que sirve de frontera a dos megabloques. Su prolongación en el territorio de la provincia Sancti Spíritus recibe el nombre de falla Sancti Spíritus.

A la zona de fallas La Trocha se asocian los terremotos perceptibles de Jatibonico y Sancti Spíritus ([illegible]), así como los sismos perceptibles de la localidad de Manaca, pueden ser asociados a la intersección de esta falla con la falla Dubitas.

ZONA DE FALLAS CAMAGUEY (Fig. [illegible])

Es una fractura transversal regional con desplazamiento lateral que afecta toda la corteza terrestre y constituye la fractura entre

100297

...engalenses (fig. ...). Tiene una longitud en tierra de 140 Km. aproximadamente. En las inmediaciones de las localidades de Alcaudete y Bernalo intersecta a la Falla Cubitas (...). Sonia P.C. 1980.

A la zona de Fallas Cenagüey se pueden asociar algunos terremotos registrados instrumentalmente, así como el reportado perceptible en la localidad de Portuchuelo. Los eventos perceptibles reportados en la ciudad de Cenagüey no pueden asociarse a la intersección de esta falla con la Falla Cubitas.

FALLA ESMERALDA (fig. ...)

Tiene poca manifestación en el relieve. Afecta las secuencias de la Cordillaterreforma y tiene una longitud en tierra de 50 Km. aproximadamente (...).

A la Falla Esmeralda se puede asociar el evento perceptible reportado en la ciudad de Ciego de Avila.

FALLA SANTA CRUZ DEL SUR (fig. ...)

Es una flexura transversal con desplazamiento lateral que afecta parte de la corteza terrestre (cortical) y sirve de límite entre dos bloques. Su longitud en tierra es superior a los 150 Km. (...).

A la Falla Santa Cruz del Sur se pueden asociar algunos terremotos registrados instrumentalmente, así como los eventos perceptibles reportados en las localidades de Santa Cruz del Sur y Jobabo.

ZONA DE FALLAS PROFUNDAS NO CUBIERTAS (fig. ...)

Es una zona de fallas profundas que se extiende a todo lo largo de la costa sur de Cuba. Está considerada como un sistema de fallas nuevas neotectónicas cuya longitud sobrepasa los 1000 Km. (...).

A la zona de fallas profundas no cubiertas se le pueden asociar algunos eventos registrados por las estaciones sismológicas de la Empresa "Geólit" (...).

CONCLUSIONES

A pesar del error que introduce la determinación de los epicentros, utilizando en la mayoría de los casos el registro de una sola

004199

en zonas relativamente alejadas, se observa correspondencia entre las estructuras sísmicas activas y la distribución espacial de los terremotos. Se observa además que los terremotos están agrupados en un segmento a lo largo de la falla marginal de Cubitas y en los sitios sísmicos originados en las intersecciones de las fallas transversales más jóvenes con esta estructura principal. Sin embargo, de acuerdo con los datos utilizados, se evidencia que los epicentros localizados en los alrededores de las fallas Cubitas y la Trocha tienen un mayor predominio respecto a los demás.

La estimación del grado de peligrosidad de las fallas consideradas activas de la región objeto de estudio es difícil, ya que hasta el momento no se han realizado las investigaciones geológico-geofísicas y geodésicas correspondientes. No obstante, de acuerdo con la actividad sísmica manifestada por estos accidentes se puede establecer un orden preliminar de peligrosidad sísmica entre ellas.

En primer lugar se sitúa a la zona de falla de Cubitas, destacándose dentro de ella, las zonas de conexión con las fallas La Trocha y Camagüey. Este último se corresponde con los criterios actuales de que son precisamente las intersecciones de fallas, las zonas donde con mayor probabilidad pueden generarse los terremotos fuertes (ver ahora 7.4.3).

En segundo lugar se sitúan las zonas de fallas La Trocha y Santa Cruz del Sur, y en tercer lugar las fallas Camagüey, zona de fallas submarinas y Sur Cubanas. En cuarto lugar se ubicaría falla Remedios.

Para precisar la potencialidad de los focos generadores dentro de la región de estudio es imprescindible la realización de investigaciones adicionales relativas a la actividad reciente de las fallas y al carácter y la intensidad de los movimientos de las estructuras delimitadas por las mismas /.../. También es necesario precisar los parámetros geométricos de las zonas de falla, tales como longitud, ancho y profundidad, que se utilizarán en las estimaciones de la magnitud máxima posible asociadas a estas estructuras /.../. Para estimaciones de este tipo se requiere además la elaboración de una mayor cantidad de registros instrumentales con un mayor número de estaciones.

006159

[illegible]

[illegible] de la región central [illegible] bajo [illegible] de [illegible] [illegible] [illegible] que [illegible] en la región suroccidental de Cuba (Cuba de Rafael Rubio).

En la región de estudio, la única extensión significativa se encuentra en la localidad de Sierra, y data a partir de 1970 [illegible] de un paisaje de pinares poco se [illegible] permanente, aunque existen algunas [illegible].

[illegible] de [illegible] [illegible] [illegible]

Cuadro T-19

[illegible]

Mes	Hora (HT)	t_{s-r}	M	k	Δt_{s-r}	Δt_{s-r}^{2}
1978 Abr 16	11:17 (*)	[illegible]	[illegible]	-	9,1	82,8
1978 Abr 17	10:34	1,0	-	7,5	-	-
1978 Abr 20	22:07	6,5	-	7,7	-	-
1978 Abr 27	21:56	6,9	-	7,6	-	-
1978 May 31	16:02	10,6	-	9,6	(73,5)	(81,8)
1978 Jun 10	22:58	7,0	-	8,2	-	-
1978 Jun 13	14:15	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 19	14:34	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 28	18:31	1,5	-	-	-	-
1978 Jun 29	18:44	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 29	19:59	1,0	-	-	-	-
1978 Jul 19	20:51	2,5	-	-	-	-
1978 Ago 01	05:04	1,0	-	5,9	-	-
1978 Ago 29	09:10	2,0	-	7,4	-	-
1978 Oct 04	10:20	10,0	-	5,7	-	-
1978 Oct 06	01:27	4,5	-	8,7	-	-
1978 Ago 25	07:49	11,0	-	-	-	-
1979 Nov 03	14:34	7,0	-	-	-	-
1980 Mar 02	19:19	6,0	-	-	-	-
1981 Feb 25	22:01	25,0	-	-	-	-
1981 Jun 09	22:36 (*)	-	-	-	-	-
1982 Jun 11	16:16 (*)	-	-	-	-	-
1987 Mar 16	10:10 (*)	22,0	5,0	11,6	2°37'	8°14'
1987 Mar 16	21:12 (*)	24,0	-	-	-	-
1988 Mar 16	21:06 (*)	25,0	-	10,5	-	-
1992 Dic 15	11:31	20,0	-	8,1	2°28'	22°20'

(*) Dato reportado questionable

100501

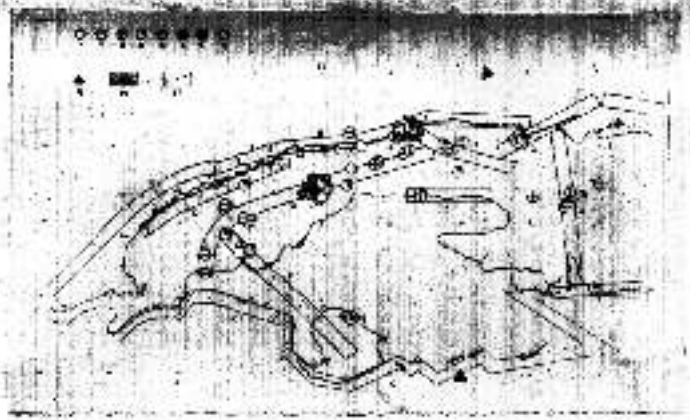


Fig. 7.17

Fallas principales y epicentros de la región central de Chile. Escala de intensidades MSK.

1. Zona perceptible sin especificaciones, 2. Grado de Intensidad VII, 3. Zona de Intensidad IX, 4. Grado de Intensidad X, 5. Grado de Intensidad VI, 6. Grado de Intensidad VII, 7. Grado de Intensidad VIII, 8. Edificio con daños del 40,5 grado en adelante del derrumbe, 9. Epicentro determinado por datos instrumentales sin apoyo macrosísmico, 10. Estructuras almacenadoras, 11. Relleno no antes visto.
A. Zona de falla Pichilemu, B. Sistema de fallas Lonquimay, - C. Sistema de fallas San Ramón, D. Falla Cordillera del Norte, E. Falla Río Claro, F. Fallas Retamas, G. Falla Putaendo, H. Falla Chile de Cordillera, I. Falla Infiernillo.

000502

[illegible]

ICIONES QUE LA CONDICIONAN

La situación territorial de la región occidental de Chile se caracteriza por la presencia de zonas estructuro-ficiales con características diferentes, sobre fronteras geográficamente definidas con faltas profundas (

([illegible] et al., 1973). En ella se destaca la provincia Llanquihue del Río, por su mayor complejidad territorial y una mayor actividad física.

A continuación se describen los principales elementos diferenciadores de la región:

Zona de Valle Río y

La zona de Valle Río (fig. 4.2) constituye un sistema bajo plano todo al sur, sumergiéndose bajo una espesa capa de volcanismo del Volcán Osternorte. El espesor de estos depósitos en el eje de la Depresión Intermedia, es de aproximadamente [illegible] (Hubbard)

Se considera a esta zona la más importante de la región de estudio. Su longitud es de 200 Km. aproximadamente y se extiende a todo lo largo de la provincia Llanquihue del Río.

Esta planicie está constituida por fallas geológicas, fluviales, costinales que se entrecruzan alternando en el relieve, constituciones particularmente en todos los materiales pleistocenos sobre este recién, por lo que gran en alto grado de confiabilidad. En el resto de materiales geológicos de Llanquihue se identifica como una zona de gradiente del tanque [illegible]

1. Sin embargo, en el resto de tanque regional [illegible], existido con una débil zona de gradiente en [illegible]

central [illegible]). En el bloque yukatanio-
del [illegible], correspondiente a la cordillera de Guadalupe,
lo constituyen las calizas pertenecientes. Esto se observa
al Sur de la localidad [illegible], donde el cerro en más cercano
[illegible] al cruzar de manera de los sedimentos jóvenes, en los
que predominantemente están presentes las calizas con propiedades
[illegible].

La zona de falla Pinar se observa en las fotos aéreas
muy claramente ( )
y posee un desplazamiento vertical en el Neógeno-Cuaternario
se estudios de 200 m. (Gallina,). Según los datos
geológicos es posible que haya ocurrido un desarrollo de la
etapa Precuaternario y que en el Neógeno-Cuaternario se haya
reformado ( ).

Algunos autores consideran que existe un eje de fracturas
transversales prolongado de norte a sur (Nivel), que abarca
la sierra del Rosario, la de San Cristóbal, y que se extiende
hasta el Sur, [illegible] sedimentos de la Depresión [illegible]
(SMITH et al., 1967). En algunos perfiles aéreos y cortes
profundos se observa el desplazamiento del eje de la Depresión
hacia el NW (5-5 km) producto de la presencia de estas fallas -
(LOBECK, 1939).

La zona de falla Pinar fue la causante del terremoto del
22 de enero de 1880, que produjo aproximadamente de VIII grados
(MSK) en San Cristóbal y Guaniguanico; así como otros sismos
superiores en estas localidades. Los sismos registrados en Consolación del Sur, Gua Gua y Martinas, Punta de Cartas, Viñales,
[illegible] José Mora, Encrucijadas, Mogote, Pinalón, Valle del Agua,

Cuarto y Cerro [illegible] estructuras (ver Fig. [illegible]).

Sector de Valle Ancho - Cerro [illegible]

Este sector se halla en el extremo [illegible] sur del [illegible] (Alto Cerro de [illegible]), por lo que se prolonga en forma de arco a lo largo del [illegible] sector de la falla ( ). En el sector comienza en una serie de fallas, al perder [illegible], que se continúan unas a otras formando un tren de fallas (Fig. 7.27).

La segunda de las fallas de este sector, se ramifica: en el [illegible] de Cerro Negro en forma de [illegible], donde los primeros afectan [illegible] y [illegible] [illegible], mientras la parte correspondiente al tramo noroccidental de [illegible] (hasta los [illegible] de las [illegible] de [illegible] hacia el [illegible] ( ). Estas estructuras [illegible] claramente en las partes [illegible] que [illegible] el [illegible] al Norte de la Isla (LEVENSEIG,), en algunos casos han producido que los [illegible] depositados [illegible] los estratos [illegible] del Mioceno, lo que muestra su actividad en el [illegible] reciente ( ). Este último es de [illegible] y constituye el límite del Pequeño Cerro (Green,).

En el [illegible] del Cerro Negro [illegible] se presenta otro [illegible] de [illegible] negativas [illegible] ( ), en el extremo de [illegible] de los cerros graníticos del Mar Cerro y el de Viejo [illegible] et al.,) se presenta como una [illegible] de pendientes de 30° orientadas [illegible] este plantón ([illegible]). Estas [illegible] se encuentran [illegible] [illegible] como [illegible] en la

cortical (1983), se sugieren que la profundidad de la fuente que provoca la sismicidad registrada en el sector norte de la península de Samaipata/Valle Grande es de 25 Km., coincidiendo aproximadamente con la base de la capa sedimentaria, es decir con el corte discontinuidad obtenido por la interpretación de los sismogramas de la estación "Tierras" ( ). Por esto razón existe no existe unidad de criterio con relación a la profundidad, aunque esta promedia en la región de estudio es menor a los 30 Km.

A este respecto, se ha podido ver sismos de mayor profundidad (tabla 7.19), así como los registrados en Valle Hondo y Mendez (tabla 7.18), llegando incluso a la profundidad de los sismos ocurridos en Ciudad Tolosa, cuyo foco se origina en la subducción y se relaciona con la falla Tolosa que se describe más adelante.

Sistema de fallas Río Tolosa

Este sistema de fallas principales (fig. 7.27) consta de dos ramas. Una se alinea se prolonga a lo largo de la costa sur de la isla y tiene la configuración de una línea quebrada, que indica en forma definitiva en la formación del volcán - de la costa de esa región. La otra rama se sitúa más al sur y se prolonga casi hasta el límite occidental de la Sierra Lucolau, o bien hasta el archipiélago Cardenas de la Unión, hasta las cercanías de la Isla de la Juventud, y particularmente en la dirección Sureste hasta Cayo Coco, donde ubica parte de esta rama del sector sobre la parte alta del Registro Tolosa y la del Sur, mejora en parte también de la Isla Verdugo ( ).

[illegible] (tabla 7.11), [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

A este sistema se le asocian algunos rasgos estructurales en Juncos, Gómez, Enrique S. Pujato (h) (Fig. 3.10). Se describió, como se citó anteriormente, algunos de los rasgos reportados en Ciudad Bolívar para tratarlos luego en conjunto en esta falla.

Falla Río Negro

La falla Río Negro (Fig. 7.2) es una estructura cortical que afecta la parte superior de la cuenca neocretácica y está considerada como una falla normal de rumbo submeridional (

). Tiene aproximadamente 100 Km. de longitud y de extiende desde la Zona de la Agrupación hasta la parte central del Sur de la provincia Río Negro, con rumbo NW-SE.

A este sistema se le asocian los rasgos reportados en Estancia Garzón, Cerro Pelado, Cerro Colorado y Arroyo de Lajas, así como los señalados en la isla de la Carpeta (Fig. 3.12).

Falla Bahía de Cardales

La falla Bahía de Cardales se manifiesta en las cartas gravimétricas como una zona de fuertes anomalías (

) y se destaca perfectamente en las fotos satelitarias como (

). Esta falla atraviesa la provincia de Entre Ríos y tiene una extensión aproximada de 150 Km (Fig. 7-27).

A este sistema se le asocian los rasgos reportados en Aguapeche, Pelay, Tres de Febrero, La Isabel, Arrecifes y Arroyo Grande (Fig. 3.16).

Falla Concepción del Uruguay

La falla Concepción del Uruguay (Fig. 7.27) se trata también de un rasgo regional y presenta características de actividad tectó-

[illegible]

[illegible] una extensión de 115 ha.

A [illegible] se [illegible] las [illegible] en Baja de Lima y los Jesús (Cuad. 1,19).

c) [illegible] DE LAS [illegible]

La unidad Los Vilos (1/50), la segunda [illegible] de los terrenos pudo ser estudiada a partir de la [illegible] de una estructura diagnostica, bajo la suposición de que la [illegible] total se [illegible] con la [illegible] de ruptura de [illegible], que es una [illegible] de erosión eólica. En nuestro caso, por tratarse de una región [illegible] de cultivo bajo [illegible], esta zona de erosión eólica puede ocurrir [illegible] una vez en 10000 años [illegible] y el valor de la intensidad correspondiente sería [illegible] a la de terrenos rocosos de cárcavas (ANGEATTN, 1963).

Las longitudes calculadas para cada una de los fundos estudiados, corresponden en todo caso a las longitudes críticas de estructuras diagnósticas, determinadas con criterio climatológico y orientaciones, y no las longitudes totales, las que en ocasiones podrían contribuir a incrementar los valores de longitud crítica (LETUNIA, 1972). De esta misma forma, las pendientes de estas estructuras, que alcanzan de hasta una [illegible] en algunos sectores, fueron calculadas sobre la base de los perfiles transversales, de terreno con levantamientos geológicos y geomorfológicos realizados en la región. Esta consideración debería ser objeto de revisión en trabajos posteriores, ya que los criterios utilizados para la [illegible] de las longitudes críticas utilizadas

[illegible] correspondiente a la [illegible] (Fuentes, 1978) y [illegible] Estos procedimientos, en la medida posible determinan la población correspondiente a la segunda de las fases registradas en la región, al considerar el registro de todas las de baja energía.

De acuerdo con los elementos analizados y considerando que serán válidos, siempre que [illegible], en correspondencia con los criterios planteados por WOOD (1956) y ALBARÈDE et al. (1977); se utilizarán las relaciones propuestas por ZOBACK (1976) para la determinación de las magnitudes máximas, en dependencia de los parámetros geométricos de las fallas

$$1{,}8 \log Le - 1{,}4 \leq Mmax \leq 2 \log Le + 6$$

$$Mmax \leq \tfrac{4}{3} \log Ro + 1{,}3$$

donde Le es la longitud de la falla cinematográficamente y Ro es el espesor de la litosfera calculado por la fórmula anteriormente dada (nivel astenosférico activo). Este criterio ya ha sido utilizado en - otras regiones de baja sismicidad de nuestro país (MARTÍNEZ et al., 1983). Los resultados de aquellas evaluaciones, al relacionar los elementos señalados en el epígrafe anterior, se presentan en la tabla 7.2c.

[illegible]	L (Km)	H (km)	[illegible]
Zona de Fallas Pirar	190	25	6,5
Sistema de Fallas Norte-Oriente	-	25	-
Sistema de Fallas Sur Oriente	-	25	-
Falla Bucaramanga	90	25	6,3
Falla Bucaramanga	50	10	6,2
Falla Suaban	90	25	6,4
Falla El Salado	190	10	6,8
Falla Zanja de Corrinos	110	10	6,5
Falla Cumbalarita del Norte	135	25	6,6

4). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

[redacted] ción, entre las que el [redacted] los diferentes estructuras geológicas localizadas en la región occidental. La zona de [redacted] los factores mencionados anteriormente, en los factores mencionados anteriormente, con el criterio adicional - de contar con epicentros de estos sismos o los correspondientes - sismos más cercanos. Este último criterio es el más utilizado - cuando no es posible un mayor procesamiento de los datos instrumentales y con mayor seguridad en esta región, donde casi prácticamente no existen otros datos de los otros mencionados.

De esta forma, de acuerdo con los valores de aceleración máxima estimada Emax, el mapa de peligrosidad de los epicentros discutidos sería el siguiente:

- En primer lugar la zona de Bahía Blanca con Emax = 6,5.

- En segundo lugar las fallas Río Negro, Bahía de Caracoles y Cordillera del Norte, con Emax = 6,0 - 6,5.

- En tercer lugar las fallas Lanalao, Naciamiento y Chicoana, con Emax = 5,5 - 6,0.

- En cuarto lugar los sistemas de fallas Norte-Calchaquí y Sub-Calchaquí, cuyo valor de Emax dependerá de la sección de fallas que se tome en consideración.

Si bien existen otros factores para la estimación de los valores de Emax, en nuestro trabajo fueron escogidos para éste - los mencionados propuestos por Gutenberg, pero existen numerosos, debido a que éstos fueron obtenidos para zonas de características muy diversas, lo cual está en correspondencia con la actividad sísmica local de la región de estudio. Mientras, el conocimiento de los valores de aceleración máxima esperada en los epicentros que han producido los dos sismos más fuertes: 6,0 en la zona de fallas Lanalao y 6,5 en la falla Bahía de Caracoles, y -

[illegible] que los minerales [illegible] [illegible] [illegible]

Los estimados de peligrosidad sísmica asociada a fallas inactivas en los epígrafes anteriores constituyen resultados de interés para la solución de este complejo problema.

En el primero de los casos, el correspondiente a las provincias Cienfuegos y Ciego de Avila, los trabajos son de tipo cualitativo, mientras que en el otro caso, la región occidental, se lograron estimados cuantitativos.

Este tipo de estimado cuantitativo, el cálculo de peligrosidades sísmicas en base a longitudes de fallas, un método nuevo dentro de nuestra tradición de enfrentar el riesgo, sobre todo cuando se realizado sobre la base de datos publicados por otros autores, y no es el resultado de investigaciones específicas.

Por otra parte, la actualización de parámetros sísmicos fuera de la región suroccidental no es todavía suficiente para realizar estimados de peligrosidad en cada una de estas estructuras, condición imprescindible para realizar estimados de peligrosidad sísmica en todo el territorio nacional.

Teniendo en consideración estos factores se decidió no realizar todos resultados en el marco del trabajo.

7.4.) Peligrosidad sísmica referida a los grados de intensidad y aceleraciones máximas.

7.4.1.) [illegible]

En el informe 5.4 [illegible] principales fuentes de información del territorio nacional y clasificarlo de acuerdo a sus actividades sísmicas y características. Además, con todos los terremotos de los que se dispone de información razonablemente confiable se trató de obtener la relación entre la intensidad máxima sentida en cada localidad y la magnitud del terremoto correspondiente. Esta relación se encontró mediante el procedimiento de Gutenberg y Richter en el caso de sismos superficiales en la región de Acapulco y mediante el de Esteva para sismos profundos en la región de Guerrero.

Para la República Mexicana se dividió el país en 4 zonas de igual actividad sísmica, según se muestra en la figura 7.4.1. Las zonas más activas (zona A) son las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, mientras que en la zona D, que comprende la península de Yucatán, no se han registrado sismos de importancia.

Los periodos de recurrencia elegidos para cada zona fueron 25, 50, 100, 200, 500, 1,000, 5,000 y 10,000 años. El primero corresponde al límite inferior de proyecto, y las estimaciones en que basan sobre todo las [illegible] para periodos de recurrencia mayores de 200 años. [illegible] de la República Mexicana, [illegible] de los diferentes periodos de recurrencia [illegible] en la figura 7.4.2. [illegible] de intensidad máxima para cada localidad [illegible] para el periodo de recurrencia [illegible] se muestra en la figura 7.4.3.

El procedimiento para [illegible] en el caso [illegible] de la República Mexicana [illegible] y el valor de aceleración [illegible] para cada región.

7.4.2.) Gráficas de [illegible] para los espectros de respuesta en [illegible] del terreno [illegible].

En la fig. (7.4.4) se muestra el valor de aceleración máxima en roca [illegible] en cada una de las regiones [illegible] en que se dividió el país, [illegible] en el apéndice 5.4 se describe cómo [illegible] para

Para la confección de los gráficos intensidad-frecuencia se consideraron todos los datos de terremotos sentidos en el país. El método de trabajo fue el siguiente:

1. Se recopiló la información del número de terremotos sentidos por localidad. Cada terremoto sólo se tomó una vez, en la localidad en que se reportó la mayor intensidad.

2. Cada localidad se asoció a un punto de alineamiento, en cuya vecindad estuviera ubicada la localidad en cuestión. De todas las localidades podrían ser asociadas a todos, quienes algunas que se denominaron "independientes".

3. Se confeccionó una tabla que reflejaba: zona de sismicidad de alineamiento, punto, localidad, estadística de intensidades sentidas por localidad, el total por punto y por zona y el año del primer reporte. La estadística comprendía los valores de intensidad 3, 3-4, 4, 4-5, 5, 5-6, 6, 7, 8 y carecía de especificaciones.

4. Se realizó una normalización espacial por zona de sismicidad de alineamiento, considerando como tiempo de observación el transcurrido desde el año del primer reporte hasta la fecha. Los datos para la realización de esta normalización fueron agrupados de la forma I=3(3,3-4, omitido sin especificaciones) I=4(4,4-5), I=5(5,5-6), I=6, I=7 y I=8. Se eliminaron las zonas 1a (Isla Wafer), 13, 14, 15, 16 y 17 porque la estadística de intensidades sentidas no permite medidas precisas a raíz de los alineamientos, sino a las zonas asociadas a la depresión Bartlett-Caimán. El terremoto de Bayano de 1956 es un caso polémico, pues por asociarlo la zona a alguna estructura en tierra pasa a la zona Bartlett-Caimán. En la tabla 1.1 se prefirió esta última criterio.

5. Se prepararon las tablas de frecuencias acumulativas experimentales por zona de sismicidad de alineamiento y se confeccionaron los gráficos correspondientes. Los períodos de recurrencia determinados directamente de estos gráficos, son en general muy bajos, motivado en unos casos por la escasez de datos y en otros

Tejo	Mezcla	h	Tmax	Peso en compresión de		
				24	72	96
Nido nivel I	6	25	8	1	1	1
Nido nivel II	5,5	29	7	1	1	0
Nido nivel III	5	28	6	1	0	0

[illegible]

Parámetros para la determinación de la resistencia por nudo. [illegible]

[illegible] Para [illegible] se [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] para periodos de observación.

7. Se decidió agrupar a poblaciones por razones de grupos de zonas, quedando reducido finalmente el gráfico intensidad-frecuencia a 4: zonas 1, 2 y 3; zonas 4, 5, 6, 7 y 8; y zonas 9, 10, 11 y otro grupo de zonas 12. El criterio para agrupar - las zonas fué fundamentalmente por similitud en la orientación y distribución de los alineamientos.

8. Para construcción de cada gráfico intensidad-frecuencia con la estadística de cada zona (desde la 1 hasta la última parte de la 12).

a) Se calcularon los períodos de recurrencia usando valores de 2 a 5, los cuales nos servirán para obtener los valores $T_{2,5}$, esto para ser usado en la estadística para - períodos cuya edad no conocemos. Los períodos de recurrencia para cada zona son mayores en el caso del gráfico para todas las zonas que en el caso de los gráficos por grupos de zonas. Se decidió utilizar los valores obtenidos de los gráficos por grupos de zonas.

b) Para obtener los valores de la recurrencia por todos los grupos se procedió a fijar los valores de probabilidad - y la [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

Como [illegible] Tabla Periódica, en cuyo lugar la correlación cobran [illegible] de Mendeleiev, por lo que se [illegible] (anotados con [illegible]) como interpolaciones [illegible] en los valores de la determinación [illegible] en cuanto [illegible] en [illegible] [illegible] [illegible]

Tabla 7.12 Resumiendo la información por medio de frecuencias

Clase	f	—	fr	Densidad de frecuencia	Recuperación de cobre x_i	f_i
1	4,2	-	41	1	81-85	4
2	3,40	4,7*	-	1	77-78	2
3	0	0	-	-	69-73	0
4	2	7,9,10,13	11	1	65-69	2
5	13,15,16	-	-	3	57-61	3
6	-	17	-	1	53-57	1
7	-	14,18	-	-	49-53	2
8	22	20,21,22	23	-	41-45	3
9	-	-	25	1	37-41	1
10	28	26	-	-	33-37	2
11	-	-	-	1	29-33	1
Tot	29	30	31,32,33	1	25-29	1

* Nota que aparece en 4 y 5 simultáneamente

...

...

...

NUDO	A/S	NUDO	A/S
I	1.6	XXII	2.0
II	1.6	XXIII	2.0
III	1.5	XXIV	2.0
IV	1	XXV	1.6
V	1	XXVI	1.4
VI	1.6	XXVII	1.4
VII	1	XXVIII	1.4
VIII	1.8	XXIX	1.6
IX	1.6	XXX	1.6
X	1.6	XXXI	1.4
XI	1.6	XXXII	1.6
XII	1.6	XXXIII	1.6
XIII	1.5	XXXIV	1.6
XIV	1.6	XXXV	1.6
XV	1.5	XXXVI	1.6
XVI	1.6	XXXVII	1.4
XVII	1.5	XXXVIII	1.4
XVIII	1.5	XXXIX	1.6
XIX	1.6	XL	1.6
XX	1.8	XLI	1.6
XXI	1.6		

CUADRO 7.C2 Valores de la relación A/S utilizados en los nudos de discretización.

100522

muy 4 zonas que en la tabla 12 aparecen con un periodo de recurrencia mayor de 300 años para los que no fueron considerados en este caso.

El primero de ellos corresponde a la zona 3, con un periodo de 194±130 años en 8 casos, en 5 y en 6. Se descartó en los cálculos porque la ciudad de La Habana, fundada en la primera mitad del siglo XVI, ningún terremoto sucedido en esa localidad, y los cuales existentes de intensidades antiguas en esta zona corresponden precisamente a dicha ciudad. Nos inclinamos a considerar que buena parte de los sucedidos antiguos en la Ciudad de La Habana han sido provocados por eventos ocurridos en la costa norteña que no fue considerada con mucha intensidad por cuanto la data antigua si han sido localizados instrumentalmente algunos eventos en las proximidades al norte de la región occidental. Esta situación se observa principalmente en los terremotos y que en este trabajo se asociaron a focos de localizaciones en tierra en otras 6 zonas, la zona 5 (sur) en donde se encuentra la región Remedios-Caibarién, en cuyo epicentro se produjo el terremoto del 16/VIII/1939, y la zona 12 (norte) donde se encuentra la región de Gibara en cuyo epicentro se produjo el terremoto del 28/II/1914.

En todo caso, la consideración de que la peligrosidad se halla asociada a los sismos no provoca grandes incertidumbres, ya que los mismos se hallan muy cercanos a la costa. Donde sí sería tener una influencia grande este fenómeno es en la valoración de la peligrosidad sísmica para 1000 años ya que la práctica no se han podido caracterizar las zonas de origen de terremotos en la misma magnitud.

~~Otro punto que no se cuestionó en este caso fue el de la zona 4, en que los epicentros ocurridos en 1870 y siguientes no están relacionados al riesgo.~~

000533

En segundo lugar, la zona 8, con un solo sismo de III categoría (el 17) tiene una recurrencia de 257-1101 años para I=6, y no fue considerada por su proximidad al límite superior del rango de períodos usuales para este tipo de sismo.

El tercer caso es el de la zona 9, con un solo sismo de III categoría (el 75) que tiene una recurrencia de 238-1,02 años. En esta zona el primer reporte corresponde a Santa Cruz en 1686, pero la mayor intensidad reportada (1962 I=VI) corresponde a Arauco (punto 75), la cual es a la vez el primer reporte de esa intensidad. Se decidió no considerar este caso dado la posibilidad de sobreestimar excesivamente el riesgo.

Finalmente, tenemos un caso similar en la zona 11, ya que los reportes corresponden a 1976, y lugarmente carecen de pretensión de una sobreestimación del riesgo.

En la Fig. 7.29 se muestra el espectro obtenido a escala de diseño 0.40.

[illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible]

7.4.3.6 Discusión

Se debe señalar que estas conclusiones (fig 7.34-7.36), debido al hecho de que en su construcción han sido utilizados numerosos hipótesis, no pueden ser consideradas con el mismo grado de confiabilidad que los mapas obtenidos en el epígrafe 7.3 para la región estudiada. No obstante, considerando sus al mismo obtenido para un período de recurrencia de 100 años (fig 7.29) coinciden aceptablemente al presentado en el epígrafe 7.4.2 (fig 7.31-7.33) al tratar de falsar más rigurosa el modelo de la recurrencia de los sismos.

Consideramos que el procedimiento debe perfeccionarse mediante el completamiento de la información macrosísmica e instrumental para aumentar la confiabilidad de los estimados de recurrencia, así como en el procesamiento de esta información con vistas a aplicar técnicas de estimación de peligrosidad sísmica más novedosas a las empleadas en el epígrafe 7.3.

7.3 Mapa de regionalización climática de Cuba.

7.3.1 Comparación de los resultados obtenidos en los epígrafes 7.2 y 7.3

Los resultados presentados en el epígrafe 7.2 son menos limitados que los obtenidos en el 7.3, y en la práctica resulta difícil su generalización.

En el epígrafe 7.2 se analizaron ligeros obtenidos los pares de R_1, dado el carácter aplicado de ese parámetro, se hubiera realizado una superposición simple de los resultados de cada epígrafe. La situación real, claro y siempre útil con los mapas de isolíneas dadas a separar en 100 y 10000 mm.

En el epígrafe 7.3 el período de recurrencia de 100 años - corresponde un intervalo de períodos de 50 a 400 años, mientras que en el epígrafe 7.3 no. Debiera utilizarse el valor 5-200, lo que estaría dentro por el hecho de que se da puesta a punto del programa SACUDIR utilizando datos de Cuba y Kamchatka en vía de los ejemplos del capítulo regionalización sísmica de la URSS (Bune, 1977) Efectivamente, los valores obtenidos para este valor del período de recurrencia fueron ligeramente superiores a los obtenidos para un valor del período de recurrencia de 100 años. Sin embargo, teniendo en consideración la incertidumbre de los datos iniciales, poniendo en los cálculos de la correlación de la región oriental, tanto en lo que respecta a la determinación de los valores extraparamétricos y la estimación de los parámetros, así como en la estadística de las intensidades máximas en la región de Santiago de Cuba, se decidió utilizar para los fines del mapa de regionalización sísmica para el período de 100 años el mapa obtenido en el 7.3 para ese período de recurrencia, ya que se usa el 5-200 extrapolación, a nuestro juicio, sobreestimando el riesgo.

7.3.2 Características de los mapas de regionalización sísmica.

El mapa de regionalización sísmica de Cuba, a diferencia de los de otros países, no contiene toda la información sísmica

[illegible] un solo caso, salvo la [illegible] por ejemplo, el caso de [illegible] 1978) indicia las intensidades por [illegible] los números 7) valor de la intensidad y zona epicentral en cifras redondeadas de grados de recurrencia (por ejemplo I_{50}, I_{100}, I_{500}), donde los subíndices 50, 100 y 500 corresponden a los períodos de recurrencia 50,100 y 500 años respectivamente. En nuestro caso, dado que no es posible realizar estos estudios para todo el territorio de Brasil solicitamos un caso, para T=100 años, que es para el territorio de proyecto, y otro para T=10,000 años, es decir, para el territorio de máxima calificación.

El mapa de isosísmicas de datos cubre todo el epígrafe

-para el territorio de [illegible] en el epígrafe 7.2, las mismas consideraciones e [illegible] en epígrafe 7.6.

-para el territorio estudiado en el epígrafe 7.3, las mismas se refieren [illegible] por la superposición de los obtenidos en los epígrafes [illegible] usando el criterio [illegible] de que en cada punto se considera la mayor de las intensidades [illegible] de los [illegible] se plantean las reglas de [illegible] siguientes:

7.5.1 Restricciones de las reglas obtenidas. Reglas aplicadas

Las reglas obtenidas fueron todas las limitaciones que han sido impuestas en detalle en los epígrafes anteriores. Se [illegible] estas son:

-validez limitada de los datos [illegible]

-escritura formal de las estructuras de negativa nítida.

-Empleo de datos estadísticos para la identificación de los modos de [illegible]

Hay otro aspecto que no mencionó en el epígrafe 7.4 y que en una [illegible] de este trabajo, hay dos especificaciones diferentes

Fig. 7.28 Mapa de isolíneas de [illegible] en Cuba.

Fig. 7.29 Mapa de isolíneas de [illegible] en [illegible] a partir de [illegible]

Fig. 7.30 Mapa de isolíneas de [illegible] en [illegible] a partir de [illegible]

Fig. 7.31 Mapa de [illegible] [illegible]

Fig. 7.32 Mapa de [illegible] [illegible]

100529

[illegible] el [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
la situación se constituye una formación con epicentro en el mar, esta situación nos permite plantear que el margen continental está fracturado en bloques, y que estos bloques reactivan actualmente.

Este planteamiento, más que resolver el problema lo que plantea es la necesidad de investigarlo a profundidad, ya que no pudo evaluar ningún estudio de las posibles zonas de [illegible] presentan en este trabajo, limitando su alcance a las dos zonas conocidas: los terremotos de Olaya y Herradura.

En tal forma, el final de este trabajo no podía hacer las recomendaciones siguientes sobre los líneas de trabajo que serán continuadas en el futuro con vigor a las luces los resultados obtenidos en este trabajo.

-Aumentar la estadística de terremotos en la región suroccidental de Cuba mediante el registro de terremotos débiles. Esto requeriría un estudio detallado del régimen sísmico de la región con posibilidades de obtener elementos para el pronóstico de terremotos, a la vez que una mejor delimitación de las zonas sismogeneradoras con el correspondiente planteamiento de sus parámetros fundamentales.

-Continuar la recopilación y el procesamiento de la información macrosísmica existente con el objetivo de aumentar la información sobre la historia sísmica de Cuba y las regiones vecinas.

-Ampliar la red de observaciones sismológicas a todo el territorio nacional con el fin de obtener información sobre la actividad sísmica de terremotos no perceptibles.

-Evaluar el tiempo recurrencia de terremotos perceptibles y fundamentar el diseño de proyectos de las zonas de localización para diferentes regiones.

300530

criterios sobre la utilidad física para diferentes períodos

Asimismo se contempla la recopilación de información sobre batimetría, cuencas petrolíferas, hidrología, etc., de los territorios aledaños a nuestro país con el fin de facilitar sobre determinadas regiones desde el punto de vista físico, lo que permitirá precisar el grosor de zonas sedimentarias que afectan el territorio de Cuba.

100531

[illegible]

[illegible]

000532

Los resultados obtenidos en el estudio de la viabilidad de la medida del índice neutro isoelectrónico de diferentes fases. Los ejemplos obtenidos en el epígrafe III.2 (Capítulo 2) son resultados novedosos y extienden la idea inicial propuesta por Scott [Scott 1968] a sistemas más complejos.

En cuanto, en el epígrafe 1.2, en el análisis de los resultados de propiedades físicas obtenidas con diferentes autores se dice una conclusión lo cual interesa: en esta región en muy pocos casos se han obtenido resultados concordantes. Para la mayoría de los sistemas hay diferencias grandes de unos autores a otros y lo mismo a veces, por lo que puede hacer escribir sobre los posibles errores sistemáticos cometidos por los unos o los otros.

Los resultados obtenidos en el epígrafe 3.3 tienen una importancia doble, desde el punto de vista metodológico el empleo de técnicas estadísticas tiene una gran utilidad e incluso es preciso en ocasiones, como en el presente problema de la zona de transición, para interpretar los datos. Hemos de hacer notar que los métodos estadísticos empleados son sencillos, aunque de los cuales hasta el momento no existía ningún tipo de conocimiento sobre ellos. El estudio de la zona de transición tiene una gran importancia y puede ser muy útil para, por ejemplo, una determinada interpretación de los estudios de conductividad eléctrica y los estudios de solubilidad sólida, en particular en regiones con valores de distribución.

Los resultados obtenidos en el epígrafe 4.3 en cuanto a la representación de las distintas variables, sólo que la función [illegible] para el cálculo de las funciones auxiliares

[illegible] [illegible] [illegible] [

Creemos que se deben realizar estudios similares en el futuro, para precisar los criterios exitosos sobre peligrosidad sísmica. De cualquier manera, los estudios hechos son coincidentes en la hipótesis utilizada de que en las zonas de baja actividad los terremotos fuertes deben ocurrir con mayor probabilidad en los lugares de hipocentros.

Los resultados obtenidos en la barra 4 son de gran importancia. Si pudiera hacer el programa computacional para realizar los estudios de peligrosidad sísmica, en uno de los pocos que existen en el mundo, con la ventaja adicional de que con el modelo de incertezas desarrollado en el mismo. La presencia de zona de sismicidad moderada en el resultado fundamental del trabajo y creemos que a la hora de confeccionar un documento normativo de esa índole, deben regir los criterios en él expuestos.

No obstante, por la complejidad del problema y la escasez de datos que en general existe para Chile y en particular para las zonas de baja actividad, no se puede considerar como una versión definitiva. En él se observan algunas deficiencias, la más evidente de las cuales podría denominarse la "paradoja de Iquique". Dicha ciudad en los catálogos analizados refleja un nivel de peligrosidad sísmica similar al de Santiago de Chile, y en la práctica, los datos macrosísmicos reflejan un nivel de peligrosidad mucho menor. Esta paradoja se debe a particularidades del campo macrosísmico, a ingeniería-terremoto de la actividad sísmica o a características específicas de ocurrencia focales de los terremotos en las regiones. Lamentablemente la información disponible es insuficiente para formarse un juicio definitivo y la pregunta queda abierta para el futuro.

300586

El análisis de los resultados expuestos en el capítulo 6 permite concluir que fueron cumplidos los objetivos planteados. No obstante, resulta muy difícil enumerar la forma y magnitud en que los diversos factores contribuyeron.

En el archivo del curso se encuentran las encuestas CU-1 y CU-2 confeccionadas en 1971, y la encuesta de opinión de alumnos del año 1980. El diseño de estos documentos es rígido, especialmente para el primero de ellos, lo que debió ser advertido durante el desarrollo del trabajo, dando así origen a la encuesta que se presenta como anexo. Este objetivo fue cumplido a cabalidad, pues la información obtenida con dicha encuesta permitió, por un lado, [illegible] y por la otra, la construcción de [illegible] tierra con [illegible].

Resultado importante, la propia [illegible] ha permitido [illegible] sobre [illegible] el [illegible] como documento operativo para la actividad [illegible] que es una de los resultados evaluados [illegible]. En efecto, [illegible] se pone [illegible] de documento normativo se pueda [illegible] los [illegible] del método [illegible] que concluye en [illegible] y los resultados del examen [illegible] [illegible] [illegible]

Los resultados de este tema han sido en gran medida divulgados. En el transcurso de los 7 años de ejecución fueron presentados en eventos nacionales e internacionales numerosos trabajos, así como fueron publicados gran número de artículos. En los momentos en que se confeccionan estas líneas hay 5 artículos entregados para publicación en el extranjero.

Es resultado que en su momento fue introducido en la práctica la construcción de zonas de intensidades por duración sísmicas con períodos de recurrencia de 100 años, confeccionado en 1977. Una versión de esas cartas fue incluida en el proyecto de normas para construcciones en zonas sísmicas preparado por el Comité de Normas y Unificación del Sector de la Construcción. La versión revisada de 1980 ha sido empleada por el Dpto. Sismología del IDA para materializar el TEMA 2.3.3 "Investigaciones aplicadas de Sismología".

Como parte del proceso de introducción de logros, durante 1986 este continuará la publicación de resultados.

Los resultados más significativos en este tema, los mapas de peligrosidad sísmica, deben ser objeto de un perfeccionamiento adicional para preparar un mapa de regionalización sísmica. En este procesamiento serán tenidos en consideración - los resultados del TEMA 2 y los diferentes estudios sismotectónicos realizados en el país.

Una vez confeccionado este mapa, la Presidencia de la AIS debe dirigirse al MICONS con la solicitud de aprobación del mapa de regionalización sísmica a escala 1:2000 000 -

000539

como documento normativo de obligatorio consulto en la actividad constructiva, hasta 1975 los actividades de este índole los controlaba el Comité de Normas y Tipificación del Sector de la Construcción adscrito al entonces extinguido Consejo Estatal de la Construcción.

El mapa de regiones sísmicas debe ser publicado dentro de el Nuevo Atlas Nacional de Cuba, actualmente en preparación.

100340

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al personal técnico que participó en la realización de este trabajo: L.A. Hernández, O. Pino, H. Alvarez, M.A. Pérez, M. Guerra, A. Fernández Soler, M. Blanco, J. Pilot, A. Savín, M.C. González, y de Laboratorios Q.B. Pérez, S. Murillo y M. de Nora.

000541

BIBLIOGRAFIA

- Academia de Ciencias de Cuba (1981)
  Levantamiento Geológico de La Habana, Cuba. Escala 1:250000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Bulgaria (1981)
  Levantamiento Geológico de las Villas, Cuba. Escala 1:250000. 1,6,5.
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Hungría (1981)
  Levantamiento Geológico de las provincias orientales de Cuba.
  Escala 1:250.000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Polonia (1979)
  Levantamiento Geológico Minar del Río, Cuba. Escala 1:250000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Polonia (1981)
  Levantamiento Geológico de Matanzas, Cuba. Escala 1:250.000, 1,6,5
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Acharya, H.K. (1974)
  Regional variations in the eastern Caribbean seismicity
  and their dynamic significance.
  Bull. Seism. Soc. Amer, vol. 64, No.6, p. 1963-1974

- Albear, J.F.; Iturralde, J.M.; Martínez, O.; Lavaut, J.A.; Palacios, J.L.; Chemov, A.M. (1985)
  Mapa Hidrogeológico de Cuba. Escala 1:250000. Ministerio de Industrias. I.C.R.H.

- ---------- Pilkov, V.I.; Martínez, M.A.; Tringlin, E.T. (1985)
  Experiencia de utilización de los focos sísmicos y ayuda cultivadas
  en investigaciones geológicas en Cuba (en ruso)
  Izvestiya Akad. Nauk SSSR, 1982, No. 2, p. 27-40

- Algermissen, S.T.; Perry, J.A.; Lynch, Gary; Dollinger, W.D. (1974)
  The Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972:
  location, focal mechanism and isoseismal studies. Bull. Seism. Soc.
  Amer. Vol. 64, No. 4, p. 993-1004

- ---------- Perkins, D.M. (1976)
  A catalog of the Caribbean seismic interval considerations and parameters
  in Harding, E.E. et.
  Contributions to Seismic Engineering
  Mich. Technical Rep. 4-76, 267-281 pp
  Berkeley, Calif., May 1976, pp. 1-19

- Alvarez, L. (1970)
  Intensidad sísmica de Cuba
  en: Atlas Nacional de Cuba, pag. 30
  La Habana, 1970

100543

Bibliography (continuación)

- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., [illegible], M.; Gordon, C.; Hanson, G.; Hoegerl, G. (1976)
Seismic risk evaluation of the Antigua region
(Spanish) Survey of the seismicity of the Caribbean region
The Proceedings of the seminar on seismic zoning maps (Spanish, 9) Caracas- 4 november 1975, vol. II, p. 171-240
(Spanish), Unesco 1976

- Alvarez, L. (1974)
Some aspects of the earthquake occurrence in the west part of Cuba
Pure, Earth. and Planet. Int., vol. 9, No. 3, p. 181-190

- ---------- Chtchetkine, V.N., Rizniak, I. y otros (1973)
Particulares sísmicas de Santiago de Cuba (en ruso)
Física Zemli, 1973, No. 5, p. 81-86

- Alvarez, L.; (1981) Alteración geodinámica general de Cuba (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 20-35

- ---------- Rosa, V., (1977)
Estimación de la peligrosidad sísmica para la región sur oriental de Cuba (en ruso)
Física Zemli, 1977, No. 10, p. 54-67

- ----------, Chtchetkine, V.N.; Martín, T.S. (1981)
Sismicidad y neotectónica de Cuba y las estructuras adyacentes (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 57-69

- ----------, Martín, T.S.; Cruz, J. (1981)
Particularidades del campo macrosísmico y determinación de los efectos macrosísmicos orientados en el emplazamiento (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 86-95

- ----------, Guevara, M.; Rubio, M.; Cruz, J.; González, E.R. (1984)
El terremoto del 11 de febrero de 1978, Bayamo, región oriental de Cuba.
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 3, 1984, p. 3-69

- Alvarez, L.; Kalinova, T.L. (1983)
Resultados preliminares de la interpretación del levantamiento magnético de los mares que circundan a Cuba.
Ciencias de la Tierra y el Espacio, No. 6, p. 3-5

000543

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Ananin, I.V.; Ivanov, V.A. (1975)
Model of Seismicity and Seismic Risk (in print)
en: Vichislitel'naya Seismologiya, No. 8, p. 32-51

- Aptekman, Zh., Ya.; Shnirman, G.M.; Zaytsev-Gorak, N.I. y Otros (1973)
Determinación rasgos de organismos sísmicos de terremotos de tipo cercano (en ruso)
en: Vichislitel'naya Seismologiya, No. 12, p. 65-80

- Archivo General de Indias (1685): Expediente sobre la fortificación del puerto de la ciudad de Santiago y su invasión. Sevilla.

- Avakyan, I.F.; Tsybuk, G.; Kalashnik, G.N. (1980)
Regiones Seismotectónicas de Cuba. Revista Ingeniería. 2, 1-9.

- Ayala, R.F.; Castillo, L.E.D.; González, O.M.; Paz Martín, R.; Prieto, M.M. (1984)
Utilización de imágenes aerocósmicas en la prospección de yacimientos minerales en la provincia Pinar del Río.
Memorias, IV Jornada Científica Inst. ISMM, p. 106

- Atlas Nacional. Redactor A.M. Davidov, M., Dirección Central Geodesia y Cartografía, MVD URSS, 1964

- Avilov, A.L.; Tatalov, S.A. (1977)
Mapa de las anomalías gravimétricas, batimétricas-topográficas del mar Caribe 1:4000000 (en ruso)
AC MSSTz., Inst. Hidrofísica Marina, Universidad Estatal de Moscú, Sebastopol, 1977

- Avsyuk, Yu.N. (1968)
Focal process of the Kamchatka and Caucasus earthquakes of July, 1967
Izv. Akad. Nauk. Inst. Fiz. Zemli, Fiz. Solid Earth, vol 10, 182, p. 21-122

- Bacon, W.E. (1971)
Crustal model parameters from surface gravity data. Geophys. Res. Lett., vol. 21, No. 4, p. 511-515

- Bath, M. (1966)
Mathematical aspects of seismology
Elsevier (252).

- ---------- (1973)
Short-period Rayleigh waves, from near surface events
Phys. Earth Planet. Int., 10,169.

- ---------- Bullinsk, G.; Van Eck, T.; Wahlstrom, E. (1974)
Engineering analysis of ground motion in Sweden. Peridot and response spectra, attenuation, regional magnitude, energy, acceleration
Seismological Inst., Uppsala Univ., Report 3-74, 169.

700544

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Kárník, V. (1974)
Spectral analysis of seismograms
Academia, 1974

- Kolesnikov, Yu.V., Lukyanchikov, V.Ya.; Shatalina, K.V. (1965)
Sobre el cálculo de ciertas características en Cuba Central y estimación de su magnitud máxima (en ruso)
En: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
Nauka, Moscú, 1965, pp. 61-65

- Kolmogorov, A.N.; Smirnov, N.V. (1965)
Tablas de estadística matemática (en ruso)
Nauka, Moscú, 1965, 465 p.

- Kovach, W.L., Scheidegger, A.E. (1962)
Relations between structure patterns, seismicity and plate tectonics in the Lesser Antilles
J. Trinid. Geol., vol. 3, No. 4, pp. 353-369

- Lamb, H. (1950)
The motion of the ground during an earthquake. I. The case of a strike-slip fault
J. Geophys. Res., vol. 55, No. 01, p. 115-141

- Matley, D.L.; Vogt, P.R. (1970)
Plate tectonics in the Hispaniola area
Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 81, No. 9, pp. 2865-2880
_____ (1971)
Plate tectonics in the Hispaniola area. Reply
Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 82, No. 4, pp. 1187-1190

- National Association for the Advancement of Science, Forty ninth Meeting, 1911
Thirteenth Report on Seismological Investigations III. Seismic Activity, 1893-1911, Including p. 96-96, Index, 1911

- Nersesov, I.L., (1971)
Un método de localización entre terremotos [S - P] para los catálogos de los puntos fijos de registración en las regiones de baja sismicidad en relación a la URSS (en ruso)
En: Vopross Inzhenernoi Seismologii, No. 14, p. 79-83

- _____; Rotwain, N.V. (1972)
Correlation of amplitudes M_{PV}, IPEE and I_{PV} ISS for earthquakes of Kamchatka, Kuril Islands and Japan
Pure and Appl. Geophys. Vol. 101, No. 11, p. 170-180

- _____; Rotwain, I.M. (1970)
Note on probability of earthquakes in the map of seismic zoning.
In: Proceedings of the Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk (Liblice, 17-23 October 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 259-264

008545

- [illegible] (continuación)

- [illegible], V.[illegible]; Savarensky, E.[illegible] Kirnosova, Yu.V. (1960)
Seismic effects (en ruso)
en: Atlas del estado geológico de la plataforma
Mosc. Inst. Geology, Ac. Sci. USSR, p. 1934-246

- [illegible], Vvedensky, V.N., Gitis, V.G.; Khromov, S.A. (1962)
Utilización del método de las aproximaciones de los criterios de apoyo para la construcción del mapa de los terremotos de Kyrgyzstán (en ruso)
Geología y Geofísica, vols. 10, No. 2, pp. 69-72

- Gallegos, J.A. (1975): Mapa del Puerto de Cabo Blanco en la costa occidental de la Isla de Vera Cruz, escala 1:25000, Municipio de Cruz.

- Gregori, M. y Rey de Bonis, V.I.; Centroni, E.L. y Mayo (1971)
Mapeo sísmico en el Archipiélago de Italia Central (en ruso)
en: Mineral y Roca Geología, Vol. 6, pp. 84-126

- Harro, A.; Kleiber, M.D. (1977)
Geological effects of large destructive earthquakes in Central America
Seism. Soc. America Bull. Vol. 68, No. 2, pp. 151-157

- Lara, J.L.; Hernández, J.L. (1980)
Geological effects of the Cochabamba region
U.S. Geol. Survey Misc. Inv. Ser., Map I-1100

- Lorenz, M., et.al. (1977)
Structure of the Earth's crust in north-western Europe from spectral ratios of long period P waves (preliminary results).
Geof. Geophys 197, No. 100, p. 111-129

- Compañía Cubana de Electricidad (1967): Mapa de la ciudad de Santiago de Cuba, escala 1:1000, Santiago de Cuba.

- Cornell, C.A. (1968)
Engineering seismic risk analysis
Bull. Seism. Soc. Amer. Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606

- Esteva Ang, L. (1970)
Seismic risk: point estimates and confidence intervals
Ann. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-9 (136), pp. 7-14

- [illegible], Esteva, L.; Rosenblueth, E. (1977)
Magnitude-occurrence frequency — applicable relationship in earthquake prediction Seism. Soc. Vol. 67, No. 6, p. 1615-1623

- [illegible], Ando, B. (1977)
The relative statistical parameters in the world-wide seismic regions in the hypothesis of a maximum possible magnitude
Pub. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-5(116), 1977, p. 211-220

.009586

3. BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Cotilla, M.O.; González, M.; Sr Morfi, J. (1984)
  Empleo de una foto aérea en la identificación de lineamientos en la parte de la zona estructuro-facial Cubana
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Cotilla, M.O.; Betancourt, A.A.; Cuevas, M.; Leal, G.; Pote, B.; González, J. (1985)
  Caracterización sismológica de un sector del Norte de la provincia Holguín.
  Archivo Dpto. Sismología ISM

- Cotilla, M., Betancourt, A. (1986)
  Desarrollo de lineamientos a partir de un fotograma del sensor de la provincia Holguín.
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Iturria, D.J.; Nagy, Z.; Rivero, A. (1986)
  La Paleosismicidad en el estudio de la estructura tectónica del sur de Holguín (zona oriental de Cuba). Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 2 p. 47-51

- Nagy, Z., (1982)
  Actividad sísmica de la provincia Holguín
  Inv. Sismológicas en Cuba, No. 2, 1982, p. 30-45

- Nagy, Z., (1984)
  Datos macrosísmicos de la República de Nicaragua
  Inv. Sism. en Cuba, No. 5, p. 93-142

- Nagy, Z., (1986)
  Datos macrosísmicos de los sismos mayores
  y Santiago-Palma sobre terrenos Mesozoico
  (1880 y el resto, 1984, sismógrafo)
  La Habana, 1984, p. 50-51, 4 graf.

- Nagy, Z. (1985): Influencia de las condiciones geológicas en la intensidad sísmica en la ciudad de Santiago de Cuba.
  en: Informe de Tema 31002 "Estudio del riesgo sísmico y de la variación de la intensidad de los terremotos en el territorio de la ciudad de Stgo. de Cuba.
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Nagy, Z. y Alvarez, L. (1984): Catálogo de terremotos fuertes (I - VII) de las Antillas Mayores. Memorias de la IV Jornada Científica ISM, 77

000547

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Cruz, J.; González, R.M. y Alvarez, L. (1983)
Sobre [illegible] del volcán [illegible]
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 4, p. 57-62

- Cruz, J.; González, R.M.; Alvarez, L. (1984)
Mapa sismotectónico de los terremotos de la zona de la Hidroeléctrica
Lecheneros XV Jornada Científica, ICA
Acad. Ciencias de Cuba, 1983, p. 57

- Cruz, J.; González, R.M. y González, G. (1988)
Información macrosísmica de las provincias
de Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus
Inv. Sism. en Cuba, No. 7, p. 33-57

- Cruz, J.; González, R.M. y Polo, D. (1985). Estimación preliminar de la peligrosidad sísmica de la región occidental de Cuba. Ponencia de la IV Jornada Científica del ISA, p. 79-80

- Cruz, J.; González, R.M. y Vorobieva, I. (1984). Sismicidad del territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila, Cuba. Inv. Sism. Cuba, No. 5, p. 61-94

- Cruz, J.; Rigo, O. (1982)
Datos macrosísmicos de los terremotos en la provincia Santiago de Cuba
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 2, 1982, p. 47-136

- Cruz, J.; Rodríguez, R. (1980)
La actividad sísmica de Cuba por datos históricos
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 1, p. 5-17

- Cruz, J.; Vorobieva, I.; González, R.M.; Alvarez, L.; Nieva, R.M.; Serrano, M.; Padilla, M. y Fernández, O. (1983): El sismo del 16 de diciembre de 1982. Fractura-Fagley Grande, Investigaciones sismológicas en Cuba. No. 3.

- Dean L.E., Drake, Ch.L. (1971)
Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle-America arc
J. Geology, 1970, vol. 78, No. 1, p. 121-132

- Dewey, J.W. (1972)
Seismicity and tectonics of Western Venezuela
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 62, No. 6, p. 1711-1751

- Espinosa, A.F.; Stephenson, W.K. (1972)
Influencia de un sismo en las propiedades [illegible]
[illegible] de la estabilidad (en ruso)
Minist Petrol, 1972, No. 3, p. 50-54

- Edwards, Bryan (1974): A map of the Island of Jamaica, divided into counties and parishes, for the History of the British West Indies. Escala 1:400000. London.

000549

BIBLIOGRAPHIE (continuation)

- Bronarko, V.I.; Nersesov, G.M. (1970)
Utilización de las ondas sísmicas en el estudio de los sistemas regionales y generales de investigación de la Tierra.
Bull. Dinámica, Sismología y Geofísica, No. 22, p. 21-27

- Espinoza, A.F.; Algermissen, S.T. (1970)
A study on soil amplification factor in earthquake damage areas, Caracas, Venezuela
USAID Technical Report AFL - 201 33

- Espinoza, A.F.; Shield, R.; Swanson, A. (1976)
Intensity distribution and source parameters from field observations on Espinoza, A.F. (editor)
The Guatemala earthquake of February 4, 1976, A preliminary report

- ESSO (1966); Mapa de la República Dominicana
Scale: 1:400,000. New York.

- ESSO (1966); Carta de la República d'Haití
Scale: 1:400,000

- Gutenberg, B. (1970)
Seismicity
In: Seismic Risk and Engineering Decisions
Lomnitz, C. Rosenblueth, E., editors
Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, 1976, pp. 179-232

- Hedge, E.L.; Johnson, R.H. (1967)
Seismological investigations in the southeastern Caribbean, Trinidad Shelf, Barbados Ridge, Atlantic ocean
Seismol. Soc. Amer. Bull., Vol. 57, No. 1, p. 1511-1526

- ----------, et.al.
Seismological observations in the western Caribbean and in the Gulf of Mexico
J. Geophys. Res., vol. 15, No. 12, p. 4081-4128

- Heinz, H.; Trexo, F.; Jordansky, L. (1967)
Elastic Waves in Layered Media
New York, Mc-Graw Hill, 1977

- Isaiev, E.A. (1968)
Sobre el riesgo sísmico, la posibilidad de una regionalización sísmica constructiva y el procedimiento sísmico a largo plazo.
Minsk, Yakka, 1968, p. 123-150

- ----------; Soliyev, E.A. (1969)
Frequency dependence of the progressive absorption in the crust and the upper-mantle of the Kuril Island Wave
Izvestiya Akad. Nauk SSSR Fizika Zemli, 1969, No. 9, p. 17-33

000549

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Fiedler, G.R., Hamilton, L.D. (1977)
Contribución Sísmica de Cachachata (en prep)
Física Tecn., 10 : Nº. 9, p. 3-15

- Fernández, L.A. (1987)
Master correction for the analysis of digitized systems to compositional velocity waves Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 77, No. 3, p. 913-943

- Fiedler, G.R. (1969)
La liberación de energía en Venezuela y relaciones sísmicas y mejor de sectores.
IV Congreso Geológico Venezolano
Caracas, 16 al 23 de noviembre de 1969
Caracas, 1969, p. 2441-2452

- Fielding, E. y Baker, A. (1990) - An Appalachian Earthquake of Intraplate Origin, 1990. Bulletin Seismological Society America, Vol. 9, no. 4, p. 91-107

- Figueroa, J. (1963)
Acelerógrafos de corporaciones venezolanas
Revista Ingeniería, Vol. XXXII, No. 1, pp. 45-67

- _____, (1974)
Sismicidad en Tráfila, Macrosismo del 29 de Agosto de 1973.
Publ. Inst. Ingeniería, Nº. 315, octubre 1974, 162 p.

- Flynn, L.A.; Hopkins, R.M.; Hill, A.A. (1974)
Seismic and geographical relationships
Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 64, No. 3, part. II, 1974, p. 1149-1162

- Fondo de datos macrosísmicos del Dpto. Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía

- Francisco d'Alba E.A. (1978)
The recent progress on the assessment and mitigation of earthquake risk
In: Proceedings of the Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk
Liblice, 7-12 october 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 15-21

- Frankel, A. (1982)
Precursory to a magnitude 4.8 earthquake in the Virgin Islands: spatial clustering of small earthquakes, anomalous focal mechanisms and earthquake doublets
Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 72, No. 4, p. 1277-1294

700550

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Fernández-Rodríguez, A.; Hubley, G.M.; Mijailovskaya, N.S.; Mijailovskiy, N.S.; Jorquera, L.F.; Jiménez, M.A. y Colmenares, C.E. (1972)
Geología de Cuba.
La Habana, Pueblo y Educación, 240 p.

- Garcés, R. (1983): El problema eléctrico en la Empresa Nacional de Electricidad y proyección futura.
Folleto, 1 pag. Presentado en: Primera reunión científica del Caribe, 1983, República Dominicana.

- Seeber, J.K.; Knopoff, L. (1974)
On the sequence of earthquakes in southern California with aftershocks removed Poissonian?
Bull. Seism. Soc. Amer., vols 64, No. 5, pp. 1363-1367

- Solfiel, M.W.; Schramm, Ch.A.; Reylinchenok, V.I. y otros (1976)
Condiciones de sismicidad de las regiones fuertes (California y otras regiones) (en ruso)
en: Vichislitelnaya Seismologia, No. 9, pp. 3-93

- Sortimario Nacional (1982): Plan of the City and Harbour of Havana. A map of the Island of Jamaica. London.

- Gonzáles, D.A.; Chuy, T.; Zapata, G.; Alvarez, M.; Mercer, E.M.; Rojas, Ma.; Lynner, L.M.; Sobolevskaya, V.L.; Mijailova, N.N.; Belousovskaia, M.; Shevkov, A. (1984)
Catálogo Final del Sismo 210812: "Estudio del riesgo sísmico y de la variación de la intensidad de las Aceleraciones en el territorio de la ciudad de Santiago de Cuba".
Archivo Dpto. Sismología, ISA-ACC

- González, C.A. (1980)
Mapa geomorfológico de Cuba
Escala: 1:250000, 483pp

- Grez, Enrique M. de Vega (1906): Mapa de la Isla de Santo Domingo y Haití. Escala: 1:400000
Chicago.

- Grandori, R.; Solonenko, V. (1960)
A discussion of seismic risk including precursors
BSSA Vol 70, No. 6, p. 2245-2251

- Gualfant, I.A.; Gabrusev, M.A.; Leylis-Suzuk, V.L.; Knopoff, L.; Brune, J.; Ambraseys, N.N.; Antonin, L.A.; Dadovskii, A.B. (1976)
Predicciones de sismicidad de terremotos fuertes (California y otras regiones) (en ruso)
Vichislitelnaya Seismologiya, No. 9, p. 3-93

- Gupta, I.N.; Wu, R.W. (1976)
Spatial Attenuation of Intensities for Central U.S. Earthquakes
Bull. Seism. Soc. Amer. Vol. 66, No. 1, pp. 143-157

000551

BIBLIOGRAPHY (continued)

- Gutenberg, B. (1956)
Great earthquakes 1896-1903
Transactions American Geophysical Union, 1956,
vol. 37, No. 5, p. [illegible]

- _____, (1958)
Attenuation of seismic waves in the earth's mantle
Bull. Seismo. Soc. Amer., vol. 48, No. [illegible] p. 269-282

- _____; Richter, C.F. (1954)
Seismicity of the Earth and associated phenomena
Princeton, New Jersey, 1954, 310 p.

- Gutierrez Lanza, M. 1914
Las oscilaciones de microsismos provocadas en la Península de Guanahacabibes
Habana, [illegible]-Feb., 1914, 139 pag.

- Hagiwara, T. (1957)
A short note on the effect of earthquake aftershocks on the accompanying horizontal local deformation
Geophysical Mag., vol. 28, No. 1-2, p. 9-204

- Hasegawa, H.S. (1972)
Analysis of amplitude spectra of P wave from earthquakes and underground explosions
J. Geophys. Res., vol. 77, No. 10 p. 1801-1814

- Hays, W.W. (1980)
Procedures for estimating earthquake ground motions
Geological Survey Professional Paper 1114
U.S. Government Printing Office, Washington, 1980, 77 pp.

- Hirasawa, _____ ; Stauder, _____ (1965)

- Takeuchi, H.; Yagi, Y.; Nakano, A.; Murakami, M. (1973)
Evidence for anomalous spreading at the Japan Trough
Earth Planet. Sci. Lett., vol. 20, No. 3, pp. 307-313

- Udwadia, F.E.; Trifunac, M.D. (1974)
Characteristics of ductile single-degree-of-freedom structures with yielding and degrading stiffness
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 64, No. 3, pp. 425-435

- Wentzel, K.R.; Mitronovas, W. (1960)
Determination of seismic parameters of mid-plate earthquakes from the near fields of their waves
Bull. Seism. Soc. of America, vol. 50, No. 4, p. 1549-1558

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- A provisional seismological summary, 1918-1917
Hindenburg, Ontario: Star Observatory, 1918-1920

- A provisional seismological survey. Regional.
"A" grade of earthquakes (1914-1922)
Brooklyn, N.Y., 1914-1922

- Anon. "Mapa de la Tierra (ETS-20 de la URSS). Inst. Geología y Geofísica (IGG-20 de Cuba) (1970)
Investigación aérea de la región de Guantánamo-Baracoa, República de Cuba
Archivo Dpto. Sismología, 100

- Inst. Geología y Paleontología, Acad. Cs. Geología Ac. Soviética (1981)
Geología del territorio de Mapa de Cuba-Haití. Escala 1:250,000
Textos del Levantamiento geológico a escala 1:250,000, Memoria explicativa del Mapa Geológico, vol. I

- Iturralde, M.A., Acosta, A. y Vivanco, L.A. (1976): Relación de minas en República Dominicana, 1914-1975, Inst. Geográfico Universitario, Cuba. Antes. Min. Geología, Rep. Dominicana, 50 p.

- Quintero, R. (1962)
Breve reseña histórica de la Isla de Cuba y los cayos adyacentes. Anomalías de la Tierra de acuerdo con la Corrección Bouguer.
Informe, Fondos del Ministerio de Minería y Geología

- ——— (1972)
Empleo de la exploración gravimétrica para estudiar la estructura de los cayos terciarios de la Isla de Cuba y los territorios adyacentes.
Rev. Petrología, vol. 9, No. 2, p. 61-6

- Iturralde-Vinent, A.A. (1981)
Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba
Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 3, p. 31-37

- IRVINGTON-VINENT, M. y DOOGE, T.D. (1981): La falla Oriente: su edad y complejidades. Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 4.

- Jefferys, T. (1762): Plan of the City and Harbour of St. Iago de Cuba. A description of the spanish islands and settlements on the coast of the north Indies. Londres.

- John, E. (1968)
Source parameters of the north-east coast Venezuelan event of September 29, 1967
Seism. Opt., Uppsala, Sweden, Report No. 9-68

- Jordan, C.F. (1975)
The Nutrient Dry matters of the Amazonian climax
J. Geophys. Res., 80, No. 37, p. 5439-5443

100353

Bibliografía (continuación)

- Cover, J. (1917): Sismología de la región occidental de la República de Cuba. El mecanismo del foco de terremotos de 1914. Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural, Felipe Poey, vol. 13, (1916-1917).

- Gutenberg, B.G.; Richter, C.F. (1949)
Seismic magnitude scales and travel times. Trans. Geophysical Union, vol. 25, No. 5, p. 783-798.

- Gutenberg, B.G.; Richter, C.F. (1954)
Seismicity of the earth and associated phenomena. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 310 pp.

- Hodgson, J.H.; Cumming, G.L. (1952)
Seismological determination of the velocity of P waves in the crust of the earth. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 15, No. 6, p. 251-276.

- Hodgson, J.H.; Milne, W.G. (1951)
Direction and velocity of seismic waves. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 41, No. 1, p. 1-20.

- Hodgson, J.H.; Stevens, A.E. (1959)
Seismological evidence relevant to the validity of the theory of continental drift. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 49, No. 1, p. 1-21.

- Hodgson, J.H.; Storey, R.S. (1953)
A preliminary study of the Canadian earthquakes of 1946. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 16, No. 3, p. 139-200.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1958)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

000554

BIBLIOGRAPHIA

- Mallowney, J.; Mokus, L. (1971)
Possible criteria for predicting earthquakes and their application to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean.
J. Geophys. Res., vols. 76, No. 14, pp. 2547-2565

- Mayllis-Smith, V.L.; Brocard, H.L.; Kolchan, L.M. (1972)
Algoritmo para la estimación del riesgo sísmico (en ruso)
en: Vichislitchelnaya Seismologiya, Vol. 6, p. 21-47

- Mackenzie, D.P.; Sclater, J.G. (1971)
The spatial content of small local Mach intermediate depth earthquakes; evidence for a high-Q zone on the upper mantle
J. Geophys. Res., vols. 82, No. 20

- Mirzadjanzade, A.K.; Ismail, I.; Ohaly, H.I. (1971)
Geiranic Hazard Analysis of Earthquake
Technical Report No. 10
The John A. Blume Earthquake Engineering Center
Stanford U.S., 1979

- Klima, K., Kopecktova, I. (1971)
Reliability of focal mechanism determination
Studia geoph. et geod., vol. 23, No. 3, pp. 224-234

- Koss, M.L.; Khavtasov, L.M. (1970)
Acerca de los alineamientos determinados por medio de las fotos espaciales en la parte oriental del cinturón alpino.
Mitt. Observation, Geologie y prospección
USSR, No. 11, pp. 13-33

- Lahr, J.W. (1976)
Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics
Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 87, pag 919-930

- Lamarre, C.; Dominguez, Jos. (1978)
Recherche [illegible] sur [illegible] of a radiogenic strike-slip
[illegible] of [illegible] of the [illegible] earthquake
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 68, No. 5, p. 1371-1396

- Lamarre, M.; Montalvo, G.; Soto, M. (1971)
Informe final sobre los requisitos de los lugares de propuestas alternativas NUCE en la parte oriental de la Región de los Valles
Archivo, Consejo Nacional de Zonas Sísmicas

- Lee, W.H.K.; Lahr, J.C. (1975)
HYPO 71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes
U.S. Geol. Survey, Open-file Report 75-311, pag 1975

100555

- [illegible], L.R. (1979)
Application of [illegible] data points to [illegible] records
Rep. Earth Planet. [illegible], pp. 351-361.

- [illegible], L.R. (1974)
Crustal structure of the Baltic Shield beneath [illegible], Sweden, from the spectral behaviour of long-period P waves
Phil. Trans. Roy. Astr., vol. 85, No. 1, p. 163- 86

- ---------- (1977)
Crustal structure between Kopparberg, Sweden, from spectral ratio [illegible] and synthetic seismograms
Diss. Instr., Uppsala, Sweden, Report 1-77

- [illegible], G.A.; Blakujit, A.M. (1971)
Sobre la estructura de bloques de [illegible] septentrional, en base [illegible]
Izvestiya Akad., No. 7

- Khegenbart, F.M. [illegible]
Cinéphos de [illegible] sismiques
(Publish)
Opter. Impression [illegible], 1971, 305 p.

- [illegible], A.G.; Mangelsdorf, E.; [illegible], F.; [illegible], F.; Bruckner, W.; Bordiguez, E.; Richter, F.; [illegible], G.D. (1984)
Informe geológico preliminar (preliminar) de la región de Sierra de [illegible]
Boletín del Centro de Investigación Geológica [illegible]

- [illegible], E. (1981)
An analysis of phase propagation in Sweden
Seism. Inst., Uppsala, Sweden, Report No. 6:71, p. 6-

- [illegible], F.J. y Bodin, F.M. [illegible] Las Bentonitas [illegible] de Argentina, 19th. Bull. Soles. Geol. America, Vol. 38, No. 1, p. 1-17

- [illegible], G.V. (1978)
Algo preliminar de los [illegible] del territorio de la [illegible]
Geol. Exploración, Geología y Prospección
Geol., No. 10, p. 33-34

- ---------- (1981)
[illegible] problemas y procedimientos de la [illegible] de sus ayuda en medios y métodos matemáticos. Investigación en la Sierra [illegible] de Aconcagua, 1981, No. 7, p. 109-114

- Kabarov, A.V.; Mendía, J.M. (1977)
Valoración de la actividad de [illegible] sísmica, Tectónica, 1980, No. 1, p. 56-135

- Mc Lean, F.J., Hoag, J.M., Smith, R.J., Harding, E.V. (1980)
Always normal-type earthquakes in the overriding wedge of the Lesser Antilles subduction zone: the earthquake of 8 October, 1974
Bull Seism. Soc. Amer., vol. 72, No. 5, pp. [illegible]

000550

BIBLIOGRAFIA

- Mc Cann, W.; Whitaker, J.; Lynch, J.; Graves, ... (1975)
Seismic gaps and plate tectonics: seismic potential for major plate boundaries
PAGEOPH, vol. 117, No. 5, page 1082-114

- Mc Donald, K. C., Holcombe, T.L. (1978)
Inversion of magnetic anomalies and sea floor spreading in the Cayman Trough
Earth Planet. Scient. vol. 40, No. 3, p. 407-414

- Mc Guire, R. (1977)
Methods of incorporating in seismicity an estimate of seismic hazard for the East coast of the United States
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 67, No. 3, pp. 827-848

- Mattei, R...P. (1976)
El empleo de la fotografía aérea en el levantamiento geológico.
Tomo I Archivo del Instituto de Geología y Paleontología, 201 (no microfilm)

- Nettleton, L.L. (1961)
Fluid mechanics and pressure data in petroleum exploration and development in the Gulf Coast and North America
Bull. Inst. Petr. Petrol. and Earthq. Eng., vol. 3, p. 1-29

- Pitcairn, R. (1971): International magnetic anomaly maps for North America not listed in the Magnetic Publication of Geological Survey
Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 12.

- Rabinovich, S.M.; Dodgatskaya, V.M. (1978)
Parameters de la sismicidad global (en ruso)
en: Vichislitelnaya Seismologia, No. 5, p. 46-66

- Rikitake, T., Aykan, I.L. (1968)
Tectonics of the Caribbean and Middle America from focal mechanism and Seismicity
Geol. Soc. Amer. Bull, Vol. 80, No. 2, pp. 1883-1884

- ---------- (1971)
Plate tectonics in the Mediterranean area. Proceedings Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 59, No. 4, pp. 1123-1126

- Rossi, A.R., Freyberg, B.v. (1962)
Introducción a la teoría de la estadística (edición en español)
Aguilar, Madrid, 2172, 536 pp.

- Savage, W.Z., Hsu, H.H. (1979)
A Bayesian model for seismic hazard mapping
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 69, No. 6, pp. 1969-1983

000557

BIBLIOGRAFIA

- ADS (1976)
Boletín Sismológico Operativo. Observatorio Sismológico de la Universidad de Chile.
A.I. de la UNAM

- Aleksandrovsky, A.A.; Altman, E.A. (1972)
Instructions de détalonnage et de lecture des sismogrammes et fiche d'enquête sur les dégâts causés par les tremblements de terre.
Sismologie de la Terre y del Espacio, No. 1, pp. 2-11

- ASK-10 (1981)
Results of the Second Joint Meeting of Experts on Updating of the ASK-64 Seismic Intensity Scale, Jena, 10-13 March, 1980
Beitrage, Reihe, Geophysik, vol. 89, No. 2, pag 201-210

- Farrar, J.M.; O'Brien, Luis (1977)
Analysis of a worldwide seismic station data capable to develop an improved correlation between peak acceleration, seismic intensity and other ground level parameters
Geop. Pub. Corp. Rep: WISMO-1102, 16 pp.

- Mátev, K.A.; Arnirev, A.; Dogatsenov, A.I.; Nikolaitsky, I.A.; Ostrov, V.A. (1965)
Mapa Sismico de Cuba, Escala 1:1000000
Ministerio de Industrias. U.S.S.R.

- Ortuza, L. (1980): Informe sobre las actividades sismotectónicas en las provincias orientales para la ubicación de la C.N. sobre el Caribe.
Ministerio de la Industria Básica, MINBAS, Depto. Estudio de Obras, 37 p.

- ---------- (1981)
Estudio sismotectónico de la región noroeste.
Informe, Fondo de la Empresa Integral de Ingeniería para la Construcción, EMICAR, 61 p.

- Organización Internacional de Energía Atómica (1981)
Terremotos y sismicidad causada por el embalse de centrales nucleares. Guía de Seguridad
OIEA, Viena, 34S, 61 p.
Colección de Seguridad, Nº. 50-SG-S2

- Pinto, A. (1911): El cuarto de un siglo de sismología del Dr. Jover.
Anuario de la Sociedad Cubana de Historia Natural Felipe Poey,
Vol. 1; (1910-1911)

- Ramachandran, A.R. Mukherji, A.K.; Tucker, L. (1970)
A real-time radio for shared mining operations at great northern
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 70, No. 1, pp. 121-147

- Terrington, N.R. (1931)
Distortion of the eastern United States and some notes on earthquakes in western North America
J. Geology, Bost., vol. 39, No. 8, pt. 1, pp. 707-736

004558

BIBLIOGRAFIA

- Ferreira, J. (1976)
The Jamaican earthquake of February 26, 1976
Journal of the Seismic Society of Jamaica, Vol. 3, No. 1, p. 9-21

- Ferreira, J.A.; Sep, L. (1976)
An engineering study on type A for dwellings in Kingston
First Caribb. Confer. Soil. Engr., Trinidad, 1976, 12 p.

- Gálvez, J. (1975)
Geología de Cuba para ingenieros geólogos
Univ. Moscú, 230 p.

- Hamilton, W.B.; Berry, E.W. (1976)
The geology and evolution of the Caymán Trench
Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 69, pag. 1197-1214

- Jenkins, D.N. (1975)
Seismotectonic Hazard map sensitivity to input parameters
Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 12, No. 75, p. 189-196.

- Jenkins, D.N. (1976)
Structure of the Earth's crust from the spectral behaviour of long-period body waves
J. Geophys. Res., vol. 69, No. 14, p. 2957-2967

- Piotrowska, K.; Procopiowska, A.; Piotrowski, J.; Wyszyński, A.; Bilińska, A.; Kowalski, M.; Jachimek, L.; Pierzia, G.; Wójcik, K.; Zimny, J. (1960)
Texto explicativo para el mapa geológico en escala 1:250000 de la provincia de Matanzas. Informe de la Misión Geológica Polaca.
Fondos del Inst. de Geología y Paleontología.

- Pfeiffer, G. (1977)
Technical significance of seismic hazard evaluations: A February 1976 Guatemala Earthquake
en: Memoria Internacional sobre el Terremoto de Guatemala del 4 de Febrero de 1976 y el Proceso de Reconstrucción. Guatemala, 12 p.

- Pray, L. (1953)
Tables Correlation des tremblements de terre Haïtiens a Cuba de 1551 a 1852
Paris, A. Bertrand, 1852, 26 p.

- [illegible] (1955b)
Supplément tables chronologique des tremblements de terre Haïtiens a Cuba de 1551 a 1855
Paris, A. Bertrand, 1855, 12 p.

100559

BIBLIOGRAFIA

- Frey, A. (1967)
Observaciones bioestratigráficas del Terciario de Perú Central y sus correlaciones de 1950 a 1957, acompañadas de una nueva bibliografía que incluye todas las nuevas publicaciones sobre el Terciario de Perú.
Congreso de la Sociedad Paleontológica de Francia, 7-8, parte 2, 459-511 (París 1967).

- Portela, A.; Blanco, F.; [illegible]; Vegas, A. (1971)
Alineaciones y metamorfismo dinámico en la imagen tectónica del borde oeste de la parte occidental de la provincia de Pinar del Río.
Archivo del Instituto de Geografía, ASG.

- Portuondo, O. (1965)
Estudio general de ftas aguas.
Archivo Ejto. Paleontología, PGA-A07

- ----------; Carilla, M.A. (1969)
Interpretación de las provincias [illegible] a partir de ftas [illegible].
Archivo Ejto. Micrología, PGA-A07

- ----------, Carilla, M.A. (1969)
Descifrabilidad de los Nivel-Inferior y [illegible] en la zona Viñales-Dimas a partir de una [illegible]
Archivo Ejto. Micrología, PGA-A07

- Preliminary Determination of volcanic, ore [illegible] during 1967-1971
U.S. Depart. of Interior, National Geological
Information Service, 1967-1968

- Przenioslowski, A.; Piotrowska, E.; Matyszkiewicz, J.; Pozaryski, W.; Skibinski, A.; Gorzinski, A.; Dadlez, R.; Kowalczewski, Z. (1975)
Nueva explicativa al mapa geológico a escala 1:250000 de la provincia de Pinar del Río. Informe de la Brigada Polaco-Cubana, Fondos del Inst. de Geol. y Paleont. ASG

- Przenioslowski, Ya. A. (1970)
Mapa geológica, escala 1:2500000
Atlas Nacional de Cuba

- ----------. (1970)
Problemas de la geología y la geotectónica de la región del Caribe en relación y tectónicas en la región del Caribe (en ruso).
Moscú, Ciencia, 1970, p. 7-16

- Radi, J.; Apipal, I. (1977)
Macrorelief: field of the Mesozoic sedimentation
In: Proceeding of the Symposium on the Evolution of Seismicity and of seismic Risk
Tolice, 17-22 October, 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 193-204

000500

BIBLIOGRAFIA

- Montero, V.G. (1964)
Sobre la determinación de la energía en los terremotos para distancias de hasta 2000 km (en ruso)
Trud. Institute Fizika Zemli, No. 31 (198), p. 64-87

- ---------- (1970)
Observaciones instrumentales con la estación SKD y metodología de su interpretación.
Archivo Ofic. Sismología, IGV

- ---------- (1960)
Sobre la clasificación de los terremotos para una estación y sobre la influencia de las estaciones de registro (en ruso)
Los Investigación de la sismicidad en zonas de baja actividad sísmica (Sobr. Ensayos)
Moscú, Nauka, 1960, p. 85-92

- ----------; Rodríguez, A.E.; Alvarez, L.; Grey, A. (1970)
Catálogo de terremotos de Cuba y de la parte norte de [illegible] del Caribe.
Archivo Ofic. Sismología, IGV

- ----------; Shaliukin, V.G.; Montero, V.G.; Molnar, P. (1974)
Preliminary analysis of the epicentral extent of 7 and 8 magnitude historical earthquakes in the Cuba, Jamaica-Haiti Region
Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 64, No. 4, p. 949-971

- Regionalización sísmica de la URSS (en ruso)
Red. V.V. Sokolóvov
Moscú, Nauka, 1968, 772 p.

- Regionalización sísmica del territorio de la URSS. Descripciones metodológicas y descripción regional del mapa de 1973 (en ruso)
Red. V.I. Bune y S.V. Medvédev
Moscú, Nauka, 1980, 308 p.

- Solovev, S.L. (1959)
Mapas geológicos de estimación de la peligrosidad sísmica (en ruso)
Moscú, Nauka, 1961, 173 p.

- Reyes, L. (1971)
Sismicidad y Mapas sísmicos de la República Dominicana y Puerto Rico
Boletín IPGH, Año XV, No. 31-40, 1971

- Rios, J.A. (1970)
The Caracas, Venezuela, Earthquake of July 1967: a multiple-source event.
J. Geophys. Res., Vol. 01, No. 1311, p. 5406-5419

- Shebalin, N.V. (1963)
Particularidades de la estructura profunda de la región del Caribe (en ruso)
Bull. Soc. Nauc. Exp. Naturales, Sect. Geol., T 38, No. 4, p. 83-96

000561

BIBLIOGRAFIA

- Alekseiev, A.S.; Gabrielov, A.A.; Zorokhovich, L.I.; Lavrov, V.N. (1980) Evaluation of the risk of seismic shocks (intensity of oscillations greater than a given magnitude) (en ruso) Geotectonika, 1980, No. 6, pp. 77-90

- Aleshin, V.V. (1958) Seismic regionalization Vestn. Leningr. Gos. Un-ta, ser. 4, vyp. 4, No. 2, pp. 123-132

- Algermissen, S.T. (1969) On quantitative determination and mapping of seismic activity Bull. seism. Soc. Am., 59, No. 2 pp. 775-797

- _____ (1964) Método de suma de terremotos para el estudio de la actividad sísmica (en ruso) Izv. Akademii Nauk, Ser. Geofizicheskaya, 1964, No. 7, p. 969-977

- _____ (1965) De la actividad de los focos de terremotos a la sismicidad de la superficie terrestre (en ruso) Fizika Zemli, 1965, No. 10, p. 1-12

- _____ (1966) Cálculo de la sismicidad de los puntos de la superficie terrestre de los terremotos de la región adyacente (en ruso) Fizika Zemli, 1966, No. 2, p. 10-21

- _____ (1975) Sismicidad sudamericana (en ruso) Fizika Zemli, 1975, No. 10, p. 21-30

- _____; Lajarova, A.A.; Antipova, E.G. (1969) Verificación de la precisión del cálculo de la sismicidad sobre el (en ruso) Fizika Zemli, 1969, No. 6, p. 10-19

- Amin, B.S.; Chetaev, D. (1975) Una metodología sencilla para el cálculo de terremotos geológicos [illegible], Ser. Fisicheskaya Geografiya i Geofizika, No. 2, p. 15-21

- Antipovitch, E.G. (1977) Sobre la clasificación de terremotos (en ruso) Fizika Zemli, 1977, No. 10

- Davis, S.N.; Ortiz, M. (1974) Empirical models for seismicity Eng.-Geophysical Seismic Proc. Deep-Focus earthquakes in South America Geophys. J. Roy. Astron. Soc., vol. 37, No. 1, p. 139-159

004582

- [illegible] (1971)
Bol. Inst. Hidrología
Brasil, Outubro, 1971, 198 p.

- Gorshkova, L.; Ivanova, N. (1970)
The tidal & gravity distributions of largest magnitudes in the Pacific ocean
Pure and Appl. Geophys., vols. 116, No. 6, pp 1214-1225

- Schrift, J. (1966): Orbs: Earthquakes in the Island of Cuba. Bull. Seism. Soc. America, Vol. 2, No. 1, pp 181-190

- Schwarzer, Peter, E. (1958): Mapa de la Isla de Santo Domingo. Escala 1:1.000.000. Paris.

- Herrera, M. (inédito)
Características de frecuencia de las estaciones sismológicas instaladas en Cuba.
Archivo Dpto. Sismología, ICH

- ----------, Alvarez, L. (1965)
Informe de la misión sismológica internacional en Cuba
Rev. Sismológica en Cuba, No. 2, pag. 7-20

- ---------- y otros (1970).
Chile: Terremoto del 29 de Febrero de 1970
Archivo Dpto. Sismología, ICH

- Khalkin, V.K. (1964)
Método de utilización de los datos [illegible] en la regionalización sísmica.
en: Regionalización sísmica en el USSR
Nauka, Moskv, 1964, p. [illegible]

- ---------- (1971)
Sobre la relación existente y la distribución zonal de los terremotos (en ruso)
Moskv Doklz, 1971, No. 6, p. 12-20

- ---------- (1971a)
Sobre los procesos predominantes, el espectro y el foco de los terremotos (en ruso)
en: Investigaciones sísmicas para la construcción
Consejo de Sismología Ingeniería, No. 14, p. 13-76
Moscu, Nauka, 1971

- ---------- (1971b)
Movimiento de las dislocaciones y posición del foco del terremoto de Tashkent, por datos sismométricos e instrumentales (en ruso)
en: El terremoto de Tashkent del 26 de abril de 1966
Tashkent, IAF, 1971 p. 62-75

BIBLIOGRAFIA

- Chebalin, J.N. (1960)
El problema de la estimación de la peligrosidad sísmica en zonas de baja actividad sísmica en el territorio de la U.R.S.S.
En: Investigación de la Sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica.
Moscú, Nauka, 1960, pp. 7-13

- Chuba, F.Z.; Grigoriy, E.; Zankovski, Ts.; Islam, T. et al. (1965)
Condiciones geológicas de la República de Cuba y su influencia en la minería con sus perspectivas geológicas futuras.
Archivo, Instituto Nacional del Fondo Geológico

- ----------; Iparraguirre, V.L.; Jacobs, J.; López, J.M.; Rodríguez, E.; López, R.O. (1983)
Mapa Geológico de Cuba, escala 1:250000
Archivo del Centro de Investigaciones Geológicas de MINBAS

- ----------; Quintas, V.M.; Pérez, R.M. y Iturbe, I. (1975): Esquema de Tectónica de Cuba y su Plataforma Marina. Escala 1:1000 000.

- Shepherd, J.B.; Aspinall, W.; (1980)
Seismicity and earthquake hazard in Trinidad, West Indies, a problem in risk assessment
Earthq. Eng. Struct. Dyn., Vol. 8, No. 4, p. 315-335

- ---------- (1983)
Seismicity and earthquake hazard in Trinidad and Tobago
Earthq. Eng. and Struct. Dynamics, vol. 11, No. 2, p. 229-250

- Shcherbakova, E.E.; Korotko, V.G.; Lebedeva, E.M.; Mirzoevichenko, I.P. (1971)
Informe sobre los resultados de las observaciones por los sismos "Sevilla" en el territorio de Cuba Occidental llevados a cabo en 1972-1974.
Archivo, Instituto Nacional del Fondo Geológico

- ---------- y otros (1973): Informe sobre los resultados de las observaciones sísmicas aparatos "Sevilla" en el territorio de Cuba Occidental llevada a cabo en 1972-1973. Vol. 1, Moscú.

- Singh, S.K.; Havskov, J.; Shapiro, I. (1980)
Expected earthquake magnitude from a fault
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 70, No. 3, pp. 903-914

- Snell, N.S. (1948): A reconnaissance study of the general geology of the Dominican Republic in relation to the earthquake of August 4, 1946.
Bull. Seism. Soc. America, vol. 38, No. 1, p. 19-32

100564

* 8110680712

- Seismikron (1971): Instruction de usage de los seismógrafos proporcionados de disco rígidos en estructuras. Datos técnicos (1100-1200). Asoc. de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones. Rep. Descriptiva, 84 pp.

- Sykes, L.R.; Ewing, M. (1910)
Instrumental observations of earth waves beneath the United States.
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 60, No. 3, p. 814-838

- Salvador, G.M. (1911)
Mapa sismológico de Cuba, escala 1:1000000

- Spence, W.; Gallinger, G.W. (1914)
The Kanaan project for local seismic studies.
Earthquakes of 1912.
Bull. Seism. Soc. Amer. vol. 24, No. 6, pp. 2159-2188

- Stein, S.; Engels, J.F.; Klein, J.A. (1900)
Subduction seismicity and tectonics in the Lesser Antilles area.
J. Geophys. Res., vol. 87, No. B10, pp. 8642-8664

- Swinburne, J.L., Kazenbey, G.A. [ ]
Estudio de la regionalización de los riesgos de granizadas en la región sur con Cuba y el Golfo de México escala 1:2000000

- Sykes, L.R.; Ewing, M. (1965)
The seismicity of the Caribbean region
J. Geophys. Resp. vol. 70, No. 20, p. 5065-5074

- ———; Le Cann, M.A.; Kafka, A.L. (1988)
Motion of Caribbean region seismic networks and implications for regional tectonic evolution.
J. Geophys. Res., vol. 97, No. B11, pp. 11995-12013

- Sykes, L.R.; Shah, Hsin (1974)
Plate motions, seismicity of the eastern earthquakes and stress in the earth crust.
In: Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area
L. Kristjansson (ed)
D. Reidel, Dingham, Mass., 1974, p. 207-224

- Tomer, L. (1910): Jamaica the Caribbean and the Caribbean Trough. Bull. Seism. Soc. Am., vol. 4, No. 2, p. 57-69

- ———— (1922a): The Soufrière Salt in the Greater Antilles. Bull. Seism. Soc. Am., vol. XII, No. 4, p. 199-219

- ———— (1978b): The Great Puerto Trough of the Antilles. Journal of Geology, vol. 30, No. 1, p. 83-114

BIBLIOGRAFIA

- [illegible], J., Watson, G.S. (1973)
  [illegible] for [illegible] with preferences in other [illegible]
  [illegible], 122-137.
  [illegible] Ser. A, [illegible], Appl. prob., No. 2, 1977, 249 pgs

- [illegible], W.A. (1975)
  [illegible] Use of a Fast Test of Intensity Data in California
  and Nevada Mexico.
  Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 65, no. 5, pp. 1277-1283

- Brigham, V.A.; Formell, J.L. Cruz, J.L.; Pérez, M.A. (1981a)
  Mapa de los elementos estructurales de la provincia Pinar del Río
  Inst. de Geología y Paleontología
  Academia de Ciencias de Cuba

- ---------- (1981b)
  Mapa de los elementos estructurales de la provincia Pinar del Río
  Inst. de Geología y Paleontología
  Academia de Ciencias de Cuba

- Gutenberg, B.F., Richter, C.F. (1975)
  On the relationship of seismic intensity scales with the peaks of
  ground motion recorded
  Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 63, No. 2, pag. 139-162

- Brigham, V.A.; Formell, J.L. Cruz, J.L.; Pérez, T. (inédito)
  Interpretación de datos magnetométricos en la parte oriental de Cuba
  (1979)
  Academia de Ciencias, Inst. de Geología y Paleontología, ACC

- Brune, J.N., Allen, C.R. (1970)
  Development [illegible] in Free amplitude spectra of
  surface waves
  J. Geophys. Res., vol. 75, No. 26, pag. 5129-5143

- Engelhard, W. (1961)
  Historical Notes on [illegible]
  Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 51, No. 4, pp 615-617

- United Nations CMI (1980); Publ. Bureau [illegible] New York

- U.S. Air Force (1967); Geographic Tabulation [illegible] World Aeronautical
  Chart 600, 2da. edición, Mon. [illegible] Washington D.C.

- Dobrokova, G.M.; Avdeev, A.V.; Zakharkin, Yu. ... [illegible], E.M. (1979)
  Determinación de la Magnitud de la Intensidad de la región del Caribe
  y algunas particularidades de su naturaleza (en ruso
  en Geofísica y geodinámica de la región del Caribe
  Nauka, Moscú, 1979, p. 61-77

000356

BIBLIOGRAFIA

- Bibl., D. (1956)
Variations in the amplitude of seven principal of Christian Arts
Heidegrafen Stadt Archiv, p. 8
Contributions from the Christian Observatory, vol. V, No. 6, 29 p.

- ——————— (1957)
Afterthoughts and continuous observation (III); new data to the distribution of earthquakes in Australia, time and depth with special consideration to the characteristics of earthquakes occurrence (I)
Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series (VII), vol. 7, No. 2, p. 371-44

- Bibm, O., Universite, F.
Estudios a propósito de la vida y legado histórico con ocasión de los cuartos centenario de algunas curiosidades acaecidas del 20 al 27 de enero de 1880
En Taberna, 1880, 65 pags.

- Bonnard, A.J.; Dubosc, J.J. (1967)
Computer re-evaluation of earthquakes mechanism solutions 1900-1962
Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, Canada, vol. XXXIII, No. 1, 510 p.

- Bury, R. (1978)
Charles University Year the Nic Antrim Fourth
Cardinal (international), vol. 17, Pag. 3, 1977

- Bury, F. (1979)
Tables of 1961 an adjustable magnitude of earthquakes from Tenth diagrams
Zoology, vol. V, pag. 336-342

- Chakrabarty, K.A.; Kaplis-Bartok, W.L., Krasnowski, V.F.; Piatrowski, Stanley, Jr., (1973):
Interpretation of geophysical trial by computation (in press)
Ed. Victoria Islands Seismological, No. 5, p. 3-35

- Dubbery, J.J.; Antonio, Luis, y Tadrowski, Juan (1977): Prediction de lugar de posibles ocurrencia de terremotos Tectonic. IV. Interpretacion multiple de focos sobre la base de la energia liberada, los Balcanes y la cuenca del mar Negro (en otro). Victoria Islands Seismological, No. 9, p. 31-70.

006567

Tabla 6 Subcuenca de la quebrada de [illegible] con [illegible] geológico-geotécnico [illegible] en la región de Cuzco.

6.- CONCLUSIONES

La utilización de datos geológico-estructurales y geotécnicos para la determinación de unidades básicas de procesos morfogenéticos y la estimación de los agentes activos potenciales de los riesgos de - ha demostrado gradualmente en la experiencia.

Aunque las diferentes formas de abordar estos problemas, han de ser consideradas de gran importancia la información de carácter básico y le fue un paso mayor a la información climática, ellas son otras no son el paso fundamental a la información de tipo geodinámico-estructural. La utilización de técnicas de reconocimiento de estructuras ha permitido diferenciar la influencia de las diferentes tectónicas en los materiales rígidos geológicos en una zona determinada.

En este contexto, en donde estos rígidos [illegible] una gama [illegible] de [illegible] y [illegible] [illegible] [illegible]

6.2) GEOLOGIA Y SISMICIDAD DE LA PLACA DEL CARIBE.-

La tectónica de la región del Caribe ha sido estudiada por muchos autores. El primer trabajo en que se hace una interpretación de la sismicidad desde el punto de vista de la tectónica de placas lo realizaron el de Molnar y Sykes (Molnar, P., y Sykes, L.R., 1969). En el mismo fueron recalculados los hipocentros y las magnitudes de terremotos para el período 1950-1965, realizando una distribución espacial y determinando los mecanismos focales para muchos de ellos. Como resultado fueron delimitadas las fronteras de la placa del Caribe y determinado el carácter del movimiento a lo largo de ellas, incluyendo estimación de su velocidad.

Después de este trabajo, la tectónica de la región del Caribe ha sido estudiada por numerosos autores con ayuda de los datos sismológicos. Las revisiones fundamentales de estos trabajos han sido la redeterminación de hipocentros y la determinación de mecanismos focales de terremotos, ya más alejados o en general con respecto a la tendencia por la general revisión de la situación de las fronteras de la placa del Caribe y la determinación del carácter del desplazamiento a lo largo de ellas.

La frontera noroccidental de la placa del Caribe que no fue situada específicamente en el trabajo de Molnar y Sykes, fue estudiada detalladamente con posterioridad al terremoto de Managua del 4 de febrero de 1972 (M=6,2). En esta región existe un sistema de fallas jóvenes activas (Managua, Polochic y Jocotán-Chamelecón), y el carácter del desplazamiento corresponde a un movimiento por el modelo elástico (Plafker, G., 1976). Este mismo autor propone diferentes modelos para explicar el carácter de la unión de las placas de Cocos, Caribe y Norteamérica.

En la costa del Pacífico de América Central, desde la intersección de la fosa de Cocos con, o la del Caribe se observa un desplazamiento lateral en una dirección perpendicular a la frontera de las placas en varios lugares, en los cuales se observa una segmentación de la cadena volcánica (Burr, J., Stauber, R.E., 1971). Un ejemplo de tal desplazamiento lo constituye el terremoto de Managua del 23 de diciembre de 1972 (M=6,2) con mecanismo focal de tipo correspondiente al régimen tensional (Algermissen, S.T.; Dewey, J.W.; Langer, C.J., y Arabasz, W.J., 1974).

La frontera suroccidental de la placa del Caribe en la región de Panamá-Colombia ha sido estudiada por Pennington (Pennington, W.D., 1981). Esta región corresponde a la frontera entre las pla-

/0/356

ca de Cocos, Nazca, del Caribe y Suramericana. La frontera entre las placas de Cocos y Nazca corresponde a la llamada zona de fallas de Panamá de dirección E-W. La frontera entre las placas de Nazca y del Caribe es de tipo difuso; se extiende en una región que incluye a Panamá y territorios adyacentes, en la cual predomina la subducción a lo largo de un sistema de fallas de dirección NW-SE. La frontera entre las placas de Nazca y Suramericana transcurre a través de la zona de Colombia-Ecuador, donde la placa de Nazca subduce a la suramericana. Además de esto, a lo largo de 1% zona de fallas de Los Andes Orientales ocurre el movimiento del llamado Bloque de Los Andes en dirección NNE. No obstante, en este trabajo no se determinó ubicación de la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana desde la región de Panamá hasta el occidente de Venezuela.

La región occidental de Venezuela fue estudiada por Rosa (Rosa, J.V., 1977), quien ubicó la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana a partir de los 7° Lat. S y 72° Lon. W a lo largo de la ladera occidental del sistema montañoso de la Cordillera Oriental y hacia el noreste a lo largo de la zona de fallas de Boconó hasta su intersección con las fallas de transformación del Norte de Venezuela. El desplazamiento fundamental correspondió a un movimiento por el rumbo dextral en dirección SW-NE. Hacia el observó un disminución de profundidad hipocentral en la región de Barquisimeto para la cual el autor no plantea una explicación definitiva.

La región de Venezuela oriental y del noreste del Caribe fue estudiada por Pérez y Aggarwal (Pérez, O.J. y Aggarwal, Y.P., 1981). Estos autores ubican la frontera entre las placas del Caribe y Suramericana en la zona de fallas El Pilar-Bocono y en extensión este hasta la península de Paria, con un desplazamiento predominante de tipo corrimiento por el norte dextral. A partir de esta región la frontera sigue hacia el ENE a lo largo de la zona de fallas Los Bajos-El Soldado hasta el puerto de Trinidad, donde plantean que debe existir un desplazamiento del tipo dextral. Esta interpretación difiere de la de Weber y Sykes, en la cual la frontera continúa hacia el este desde el Golfo de Paria hasta el oeste de Trinidad.

La frontera oriental de la placa del Caribe es del tipo convergente para los arcos de islas. En cinco de ellos ubicados al este de las Antillas Menores donde ocurre la subducción de la placa Norteamericana y Suramericana bajo la del Caribe. Sin embargo, la situación no es tan simple. Stein, et al. analizaron la sismicidad en la trinchera de la región al norte de los 14° Lat. N, donde la actividad sísmica es mayor (Stein, S.; Engeln, J.F. y Wiens, D.A., 1982) y llegaron a la conclusión de

300950

que la discusión observada en esta región en gran medida corresponde al tipo de interior de placa y sólo una pequeña parte de ella está asociada al proceso de subducción, por lo que la mayor parte de dicho proceso la influencia.Asimismo, el epicentro o sitio mismo no existen individualmente sino que es la extensión de la frontera entre las placas Norteamericana y Suramericana.

Igualmente se ha estudiado con la región de las Islas Vírgenes (Frankel,A.;St Mann,W.R. y Murphy,A.J., 1990).La frontera entre las placas Norteamericana y del Caribe pasa por la Fosa de Puerto Rico y se inclina de igual que en las zonas de subducción.Sin embargo, el epicentro fundamental trasmurre a lo largo del arco de Islas y no perpendicular a él, como es característico en Islas vecinas.La discusión se complica con la presencia de la zona sismogenerada de la Fosa de Anegada al norte de Puerto Rico, a lo cual se le asocia el terremoto de Islas Vírgenes de 1867 que produjo un tsunami.En esta región, sería de esperarse en Aguadilla 3-5 pies de altura de inundación, sin embargo el punto ilustrativo corresponde a una zona pequeña con la Fosa de Virgen al sur de Puerto Rico, pero la sismicidad observada no permite asegurar tal relación.

En la costa norte de la Hispaniola se observa un movimiento de la frontera entre las placas en la región de bahía de Samaná en 1946 ocurrió un terremoto muy fuerte que produjo un tsunami recorriendo lo que hacia de la península de una extensión de subducción en el Caribe.Esto ya fue estudiado en el trabajo de Molnar y Sykes, sin embargo el carácter de la frontera es está muy claro (Mercey,J.B.;Vogt,P.R., 1970, 1971; Molnar, y Sykes,L.R., 1969).Además la gente que la sismicidad de mayor y el mecanismo de la terremoto(Krause,R.G.;Baldwin,B.A., 1971) permite plantear la existencia de subducción de la placa del Caribe bajo la Isla.

Para la región entre América Central hasta la Hispaniola, Molnar y Sykes (1969) reportaron la existencia de sismicidad que, visto conjunto a lo largo de una gran falla de transformación. Este estudio se amplió con el descubrimiento en la región de Cayo del Colón de un centro de propagación de corteza oceánica (McCann,W.R.;Vogt,P.R.;Holcombe,T.L.;Stevenson,D.L., 1973; Mc Donald,K.C.;Holcomb,T.L., 1978).Al oeste de esta región y hasta la Península el terremoto final corresponde a un cinturón que el cruza diagonal a lo largo del borde norte de la Placa del Caribe-Bartlet (Fiamov,L.;Serrano,M.;Rubio,R.;Chuy,J.;Gonzalez, R.;1984).El borde sur de la Fosa de Bartlett norte y a el se asocian varios terremotos fuertes ocurridos en Cayman, Cuba, Haiti el de 1907 que produjo un pequeño tsunami (Perfit,M.,;Rosson, Dale, 1977).Aunque para dicha región no existen determinaciones

[illegible] tectónico local, la proyección de formas [illegible] positiv
a la existencia de algún desplazamiento vertical, probablemente
debido a la subducción de la placa del Caribe bajo la Fosa de
Barbuda. Cuisón.

Con posterioridad al trabajo de Molnar y Sykes diferentes au-
tores han realizado trabajos de interpretación compleja de la
sismicidad de la región del Caribe. Entre ellos debe destacarse el
trabajo de Jordan (Jordan,T.H., 1975) en el cual
se da un esquema de las fronteras de la placa del Caribe y su
movimiento con respecto a la larga de esta región norcentral
del continente con un gran número de estructuras sin una frontera
definida. La velocidad de desplazamiento de la placa del Caribe
respecto a la de Norteamérica se estimó en 2,1 cm/año, y
la velocidad absoluta de la placa del Caribe en 2,6 cm/año.

En estudios diferentes presentan Tchalenko y otros (Tchalenko,
J.S.; Arredondo, A.L., Malfait, B.T.; Dillon, E.P., 1979), Wadge y
su análisis de las deformaciones de la tectónica activa donde
no solo determinan las fronteras de la placa del Caribe, sino
que identifican siete microplacas. En la parte norte del Caribe
identifican: la Cubana y la de Haití. La primera se ubica en
contacto en la placa de Norteamérica e incluye a Cuba y la regi-
ón del sur hasta la frontera con la placa del Caribe, sus lí-
mites son sumergidos. La de Haití incluye La Hispaniola, Puerto
Rico y las Islas Vírgenes; su frontera superior corresponde a
la de la placa del Caribe y Norteamericana, la sur pasa a
través de la Fosa de Anegada, la Isla de Los Muertos, la Costa
sur de la Hispaniola y hacia Haití el contacto hasta encontrarse
con la frontera entre la placa y el extremo oriental de Cuba.
El Caribeano del desplazamiento a lo largo de las fronteras de
estas microplacas varía variado. El desplazamiento de las subcuen
ca el siguiente: Oeste de los 61° de longitud oeste, debido
al movimiento por el rumbo lateral subducción de la placa Norte
americana bajo la del Caribe; para el este de los 61° de longi-
tud oeste se observa subducción de la placa del Caribe bajo
Cuba y de las islas Caimán. Hacia el este, bajo la placa de Hai-
tí tiene lugar una subducción desde dos direcciones (norte y sur)
de las placas Norteamericana y del Caribe, para explicar las di-
ferencias en la dirección de subducción en Cuba y La Hispaniola
se supone la existencia de una falla de transformación entre
Cuba y el occidente de La Hispaniola. Por otra parte en la parte
sur de la región del Caribe antes mencionada identifican cinco
microplacas: Curazao, Maracaibo, Cristóbal Colón, Panamá y Bonai-
re. Los dos últimos con límites supuestos. En general las fron-
teras entre estas microplacas coinciden bastante bien con las
estructuras cartografiadas por Jordan, a excepción de esta re-

109201

Luego se analiza también los desplazamientos relativos entre las placas.Utilizando los mismos datos que Jordan y algunos complementarios se obtuvieron los velocidades de desplazamientos en distintos sectores de la frontera por una metodología diferente a la de Jordan, la velocidad en la frontera Caribe-Norteamericana resultó ser de 1,4 cm/año, la absoluta de 1 cm/año.

Otras estimaciones de velocidad para los límites viene aillonco de unos datos obtenidos por Ryner y otros (Ryner,L.E.;Ski Wann, Wallenfalka, A. L.,1966) sobre la base de la configuración de la anomalía magnetogravimétrica en la Hispaniola,Puerto Rico y las Antillas Menores.La velocidad Caribe-Norteamericana obtenida fue de 1,7± 0,5 cm/año y en término de velocidades absolutas la placa del Caribe se encuentra casi en reposo.A partir de esta velocidad la velocidad entre las placas los autores plantean un modelo para la zona de generación de cortezas oceánicas en la región de las Islas Vírgenes.Dicha zona de la fosa al norte de la zona de generación se relaciona, por lo que todo el movimiento está concentrado al sur, es decir, 3-4 cm/año.La velocidad de generación es de 1cm/año a cada lado.Al este del centro el desplazamiento se divide entre ambos bordes de la fosa, y sobre el borde norte es casi activo debe asimilar todo el desplazamiento debido a la generación de cortezas (2cm/año), mientras que en el borde sur se absorbe el resto del desplazamiento (1-2cm/año). A partir del análisis de la sismicidad dividen las estructuras mas activas en la región.En la frontera norte de la placa del Caribe la estructura tectónica fundamental pasa por el borde sur de la fosa del Caimán hasta el sur, donde se subdivide en dos ramas.La rama norte transcurre a lo largo del borde norte de la fosa de Bartlet, lo cruza norte de la Hispaniola, la fosa de Puerto Rico y continúa hacia las Antillas y Barbados en la región de las Islas Vírgenes tiene un ambiente tectónico incluye la Bahía de Anegada.La rama sur transcurre a lo largo del borde sur de la fosa de Bartlet atravesando Jamaica y al sur de la Hispaniola hacia Venezuela se une con el sistema de fallas de Oriente a través de la fosa de Cayman.En el interior de la Hispaniola los autores ubican dos pequeñas zonas sísmicas: en el centro de la propia isla y en la región de la isla Gonave.En la frontera este de la placa del Caribe la zona sísmica fundamental se extiende a lo largo de la costa de América del Sur.

Una descripción general de características estructurales fundamentales en la región del Caribe ofrece en (Rabinowitz,P.D., 1984).En este trabajo se se analiza la tectónica de la región, via arcango se delimitan dos sistemas en la parte norte, borde de la placa Norteamericana: la de Puerto Rico que abarca la parte sur del pueblo norte y parte del Golfo de Méjico, y la de

Solomon que abarca la cuenca de Cayman, la península de la Florida y la cuenca de Yucatán. La frontera este de la placa Caribe y la sur de la de Colombia coinciden aproximadamente con las fronteras de la placa Cocos definida por Malfait y otros.

En un trabajo posterior Pindell y otros (Pindell, J.; Cande, S.; Pitman, W.; Rowley, D.; Dewey, J.; Labrecque, J.; Haxby, W., 1988) evaluaron una reconstrucción de la evolución tectónica de la región de México y el Caribe desde 195 millones de años atrás hasta la fecha sobre la base de la tectónica de placas. La provincia de microplacas fue analizada en líneas generales y solo en detalle para la microplaca que llaman de Emilio-Puerto Rico. Esta última corresponde a la microplaca que Malfait y otros llaman de Hatú, con la diferencia que en frontera oeste se deja indefinida. Estos autores reconocen el hecho de que las fronteras de la placa del Caribe no están claramente definidas al norte y al oeste, ya que al norte y al sur no pueden trazarse unívocamente por la presencia de las microplacas.

De todos los trabajos relacionados resulta evidente que la situación tectónica de la región del Caribe es muy compleja y hasta la fecha no ha sido totalmente explicada, incluso las interpretaciones de un mismo rasgo dadas por diferentes autores son contradictorias. No obstante se pueden formular las conclusiones generales siguientes:

- Las fronteras occidental y oriental de la placa del Caribe están claramente definidas. Ellas corresponden a zonas de Benioff típicas, donde en la occidental ocurre una subducción aunque ocurren terremotos poco profundos con otros rasgos de movimientos.
- En las fronteras norte y sur de esta placa los datos geológico-geofísicos y en menor medida los sismológicos permiten dividir condicionalmente diferentes microplacas que se ubican tanto en la placa del Caribe como en la Norte y Suramericana.
- La frontera principal del norte de la placa del Caribe pasa por el sistema de fallas Motagua, el borde sur de la falla del Cabo, el rift del Cabo, el borde norte de la zona de Beata, la prolongación este de la zona de Puerto Rico y la propia zona de Puerto Rico.
- La frontera sur principal de la placa del Caribe pasaría por las fallas Boconó, Oca y El Pilar.
- La región de unión de las placas Nazca, Caribe, Cocos y Suramericana se caracteriza por una sismicidad difusa y no se diferencia una frontera clara.
- La velocidad de desplazamiento entre las placas Suramericana y del Caribe oscila entre 2 y 2 cm/año.

000583

En la fig. 6.1 se muestran los elementos fundamentales de la tectónica de la región.



Fig. 6.1 Tectónica de placas de la región del Caribe. 1.- fronteras de las placas, 2.- fronteras de las microplacas, 3.- movimiento por el rumbo, 4.- dirección del movimiento de las placas, 5.- zona de subducción, 6.- zona de generación de cortezas. Los números con el mapa corresponden a las microplacas: 1.- Yucatán, 2.- Bahamas, 3.- Cubana, 4.- Haití-Puerto Rico, 5.- Curazao, 6.- Maracaibo, 7.- Caribe-Sur Colón, 8.- Magdalena, 9.- Panamá.

000364

6.3 Zonificación de la región oriental de Cuba

6.3.1 Introducción

Para la estimación de la peligrosidad sísmica de cualquier territorio es necesario estimar la contribución debida a los terremotos de diferentes zonas capaces de producir en la zona de estudio movimientos del suelo de intensidades para el que se efectúan los cálculos.

Las dimensiones de la región que rodea una zona de estudio se seleccionarán en dependencia de la atenuación de la intensidad sísmica característica para ella.

De tal forma, la región oriental de Cuba se afectada por los terremotos que ocurren en un área mucho mayor que su territorio y para realizar los estimados de peligrosidad hay que considerar todas las posibles contribuciones regionales. Usando - en consideración estos criterios se procedió a la delimitación de las zonas sísmicas en la región comprendida entre los límites 16°-24° Latitud Norte y 71°-81° Longitud Oeste. Esta región incluye la provincia entre los ploos del Caribe y Norteamericana donde se ubican la mayoría de los terremotos fuertes registrados hasta la fecha y parte del territorio nacional donde se han reportado terremotos débiles y algunos relativamente fuertes. Las dimensiones fueron seleccionadas para que garantizaran considerar todas las contribuciones capaces de provocar intensidades 6 usando la fórmula, la cual es válida a lo largo del eje mayor de la elipse, y la otra para intensidades 8 usando dicha fórmula que válida a lo largo del radio menor de una elipse con $A/B=2.4$ (en el caso de Ms: $A/B=1.25$).

La delimitación de las zonas sísmicas se realizó de la siguiente forma: En primer lugar sólo se consideraron aquellos focos que pertenecían a la frontera compleja entre los ploos para los cuales existe una ortodiótica suficiente como para realizar estimados confiables de los parámetros del registro sísmico; la

influencia de otros sismos en la peligrosidad sísmica será analizada posteriormente. En segundo lugar, la delimitación se - basó fundamentalmente en los datos sismológicos con utilización de los mapas de profundidad del fondo oceánico a escala 1:3750 000 y de sismicidad isocrática a escala 1:4000 000. La crítica más detallada de esta selección requiere investigaciones especiales no incluidas en el programa del tema.

6.3.2. Epicentros utilizados

a) Mapa de epicentros

Se confeccionó el mapa de epicentros de terremotos registrados por los agencias internacionales 1899-1961 (fig. 6.3.2). En él se observa una gran dispersión de los epicentros y resulta difícil delimitar las fronteras de las zonas donde ellos se originan; dicha dispersión está fuertemente vinculada con la baja precisión con que fueron determinadas sus coordenadas. Sin embargo la precisión de las determinaciones hipocentrales no es uniforme en todo el período de observaciones; ella depende de 3 factores: cantidad de estaciones registradoras, método de determinación de las coordenadas. De tal forma, como regla general, los errores serán mayores para los terremotos más antiguos y disminuirán con el tiempo progresivamente en dependencia del aumento del número de estaciones registradoras. Por otra parte, la utilización de computadoras en las determinaciones hipocentrales disminuyó grandemente el margen de error. Tales calculadoras comenzaron a evaluarse para la región analizada a partir de 1953 (Sykes, L.R., Ewing, M., 1965) y con posterioridad continuaron realizándose operativamente por las agencias internacionales USCGS-USGS a 1961.

Teniendo en consideración estos factores fueron confeccionados 2 nuevos mapas de epicentros; uno de ellos para el período 1899-1945 que incluye las determinaciones de menor calidad (







760367

el segundo para el periodo 1950-1960 con las características más

c) Mapa de densidad de epicentros

Con los datos de la estación ROB para el período 1963-1981 fueron confeccionados mapas de densidad de epicentros por la metodología ponderada del apéndice 4-3. La región analizada fue la comprendida entre los 18° y 21° latitud Norte y los 74° y 70° longitud Oeste. Se confeccionaron para 2 intervalos de profundidad: 0-50 km (fig. 6-6.) y 50-100 km (fig. 6-6.) y los valores corresponden al número de eventos en cuadrículas de 0.2° x 0.1°. Estos mapas, aunque reflejan el hecho evidente la disminución del número de terremotos según nos alejamos de la estación ROB, permiten igualmente analizar algunas particularidades de la sismicidad de la región.

d) Mapa de isosistas

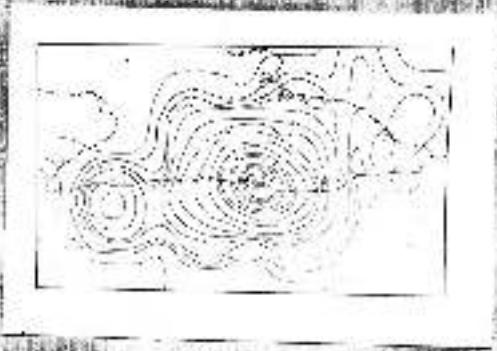
Escala original 1:3700 000 (Aglan Mundial, 1954) con isosistas cuyos intervalos de 1000 a pero profundidades desde 1000 a 2000 m y a intervalos de 500 a para profundidades menores de 1000 m. En la fig. 6-7 se presenta un esquema simplificado con isosistas a intervalos de 2000 m.

e) Mapa de anomalías (topográfico-isostáticas de la gravedad

Escala original 1:4000 000 (Woollard y otros, 1974), con isolíneas representativas de las anomalías residuales topográfico isostáticas a intervalos de 50 miligalio desde - 200 hasta + 250 mgal. Abarca los continentes de la región de interés para el terremoto insular cubierto se refleja la cantidad de datos. En la fig. 6-8 se presenta un esquema simplificado con isolíneas a intervalos de 100 mgal.

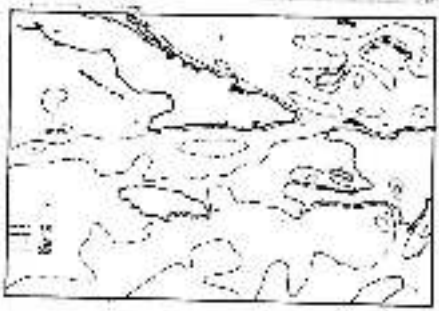
5.1.3 Delimitación de las zonas [illegible]

Del análisis del material precedente se el apéndice anterior resulta evidente que la delimitación de las zonas [illegible] no puede ser realizada de forma unívoca. En primer lugar, la









región es muy activa y debido a la ausencia de una red densa de estaciones sismológicas, principalmente en el sector de Haití, no se dispone de datos de terremotos útiles para el período 1950-1979. Se pueden aplicar diferentes criterios para la selección de estos sismos, todos ellos con una cierta dosificación de subjetividad.

La solución más simple de este problema consiste en delimitar sólo dos zonas: una correspondiente al borde norte de la Fosa de Barlovento-Colombia y en prolongación a lo largo del norte de la Hispaniola, y la otra ubicada al sur de esta fosa abarcando Jamaica y la parte occidental de La Hispaniola (fig. 6-9). Dentro de estas dos zonas pueden considerarse los epicentros del período 1950-1979, no así en lo que respecta a los epicentros de algunos terremotos fuertes del período 1900 - 1949; sin embargo estos últimos son grandes dificultades pueden ser considerados a algunos de estos sismos. La frontera norte de la zona 1 coincide con la isolínea de 2000 m en el sur de Cuba, la isolínea de las anomalías isostáticas de 0 mgal al norte de la Hispaniola y la isolínea de - 100 mgal al norte de esta isla. Su frontera sur transcurre por sectores de las isobatas de 7000 m, 6000 m y 5000 m y de las isolíneas de las anomalías isostáticas de 0 mgal a - 100 mgal. Esta zona se caracteriza por la presencia de epicentros a lo largo de casi toda su extensión.

Igualmente, la zona 2 se delimitó partiendo de la suposición de que a partir del rift de Oriente hacia la porción occidental de La Hispaniola se extiende una zona almacenadora, cuya actividad que la anterior pero continúa (Dykes, L.R., De Cann, M.T. Mafia, A.L., 1982), donde la sismicidad se distribuye en una amplia franja. Su frontera norte se delimitó siguiendo aproximadamente las isobatas de 5000 m y 6000 m hasta la Hispaniola, donde se acoge para incluir la isla de Gonâve en la cual se observan unas gradientes abruptas de las anomalías

tamaños aquí. Más fácilmente fue delimitada formalmente la forma de incluir la mayoría de los terremotos registrados en la región. Esta primera variante de delimitación de zonas sismogenéticas fue con vista a la original distribución de la sismicidad, considerando que la misma es resultado de variaciones tectónicas del régimen sísmico, y por tanto consideramos zonas como zonas homogéneas.

No obstante, ese análisis está lejos de ser satisfactorio, resulta perfectamente aceptable el criterio de que cada zona es heterogénea, ya que los resultados del ajuste del modelo de recurrencia reflejan diferencias apreciables sobre diferentes partes de estas zonas, agrupan sismos relativamente superficiales en pequeñas regiones de las mismas así como parte de ellas están completamente vacías de eventos.

Sobre esta base se puede subdividir la zona 1 en cuatro subzonas:

1_1 = desde los 81° hasta los 76° Long. Oeste.

1_2 = desde los 76° hasta los 74° Long. Oeste.

Esta zona incluye la fosa de terremotos débiles de profundidad 50-100 km ubicada entre los 77.5° y los 75.5° de Long. Oeste (fig. 6-6.3).

1_3 = desde los 74.6° hasta los 74.4° Long. Oeste.

1_4 = desde los 74.4° hasta los 81° Long. Oeste.

La subdivisión de la zona 2 es algo más compleja, ya que la presencia de sismos menos fuertes permite suponer que en el volumen de separación ubicado en su continuidad y de tal forma evaluar que la sismicidad se encuentra concentrada en 2 subzonas, quedando el resto de la antigua zona como referida. Estas quedaron así:

2_1 = alrededor de la isla de Jamaica.

2_2 = en la región septentrional de la Española, incluyendo la isla de Cuba.

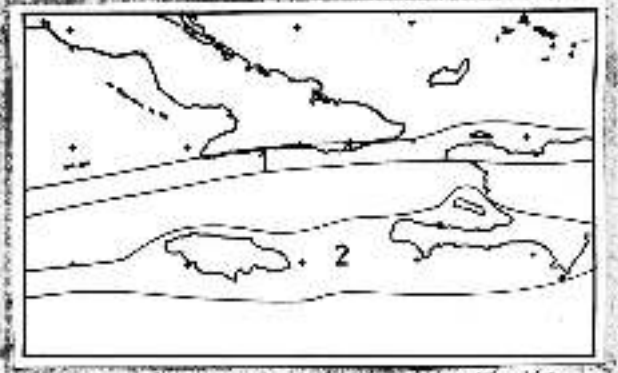


Fig 6.9 Esquema de la división en zonas de origen de terremotos (OT)

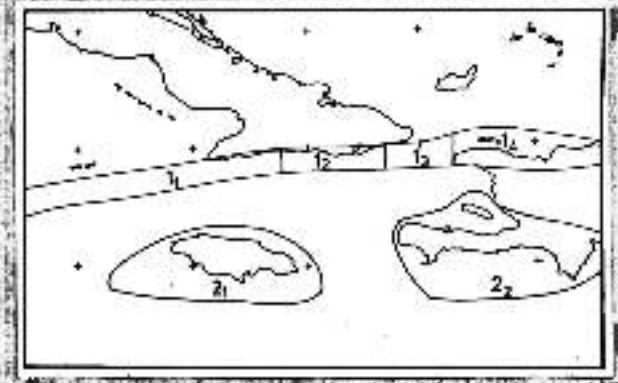


Fig 6.10 Esquema de división en zonas OT

000273

Ilustramos a esta subdivisión variando 2 de estos parámetros (fig. 1.-a-).

Se debe notar que puede ser considerado otros variantes en la determinación de estos parámetros. Por ejemplo, para la zona [illegible] Vásquez y Arellano (Ingeniería Sísmica, 1983) proponiendo la subdivisión de 2 zonas [illegible] Acapulco, una al norte y otra al sur de Acapulco, para de lograr estimar los parámetros del espectro elástico de las mismas. El objetivo esa de llevar la subdivisión hasta el límite en que fue posible estimar los parámetros del espectro elástico (a_o, Max) para cada una de ellas. Los tres fueron determinados en base a criterios sencillamente sismológicos, a y b fueron estimados de las gráficas magnitud-frecuencia, y Max de todo [illegible] 0.1 -0.25 calculado por encima [illegible] máximo registrado (ver apéndice 1.4).

Como se ve, la determinación de zonas [illegible] y la estimación de la magnitud máxima fue realizada sobre la base de una pequeña cantidad de datos, por lo que no se descarta la posibilidad de que estudios más profundos del problema varíen el mapa [illegible]

000274

6.4.1 INTRODUCCION

Una de las más [illegible] del Departamento Nacional [illegible] por el explosivo aumento [illegible] en los [illegible] [illegible] [illegible]

000370

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

-El carácter público de la información, que permite controlar y evitar [illegible]

-El carácter público de la información, que permite controlar y evitar [illegible]

La información [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]

[

CANAL	BANDA ESPECTRAL	ZONA TERRESTRE DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO
1	450-520 nm	(azul-verde)
2	520-600 nm	(verde-rojo)
3	630-690 nm	(amarillo)
4	760-900 nm	(rojo)
5	1550-1750 nm	Infrarrojo cercano
6	10400-12500 nm	
7	2080-2350 nm	

J00379

100381

[illegible] ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...

El tratamiento [illegible] en esta investigación, aunque en forma general coincide con los realizados por otros investigadores para el territorio nacional, difiere fundamentalmente en los procedimientos con que cuenta este colectivo, de evaluar cantidad de programas científicos en dos canales diferentes y con un gran soporte debido a la computación.

En los trabajos de (CHIRINOS, V.H.; PEÑATE, M.; UAC, A.J. y COBAS, T.C., 1991), tanto de Pinar del Río como para el mundo, fue aplicada una vía [illegible] científicas y no persiguió el objetivo de [illegible] con la actividad científica. Una referencia al trabajo de (ARCHENTI, C.M.; CAICEDO, G. y KALISUCH, S.K., 1991) es el primero que refiere en un mapa a escala 1:500 000 [illegible] cartografía del desarrollo científico de Cuba, pero tampoco persiguió un objetivo geográfico y confrontamos dificultades con la falta de información en determinadas zonas del territorio nacional, debido a la carencia de materiales y/o mucha dificultad en los mismos, lo cual [illegible] obtener igual grado de información.

No obstante ello, en todos estos trabajos se encontró gran coincidencia en los principales [illegible].

Hay que señalar que los principales [illegible] delimitados tienen representación en los [illegible] en diferentes trabajos del territorio.

Además, se comprueba que en las zonas de menos y medianos [illegible] consolidados, los [illegible] son numerosos aislados.

También existe una [illegible] correspondencia entre algunas [illegible] importantes y zonas de [illegible].

Pero, aún más importante que estas [illegible] en sí, a nuestro juicio lo constituyen precisamente las [illegible]

sitos, ya que ocupa planicies marinas y un conjunto de lomas que no superan los 500 m de altura. Las características litológicas y geomorfológicas, así como el mayor grado de desarrollo edáfico y pedogenético, hacen que la vegetación sea más densa y variada que en el resto de la región.

(M.P. Ibáñez; I.M. Zulaica; A.M. Zalazar, 1979; C.M. Ghiloni, M.A. Cabrera, A.I. Rabino-Zerek, L. Rabajoli, P.J. Pross, E.Mo. Hartmann, L.M. Hebaín, A.M. Zamboni, 1975; Arteaga B.T., Gómez, H.E.O.; GONZÁLEZ, J.M., SAN MARTÍN, C. y RAMOS, V.O., 1984; GUTIÉRREZ, C., VERGARA, A.; GONZÁLEZ, E., ALVARADO, L., PRADO, E.; GUERRERO, M., GONZÁLEZ, M.C. y PERDOMO, O., 1983; KRASNOV, V.I. y KAZANSKIJ, L.S., 1978; LAVIS, L.G. y AUER, M.L., 1976; MAMAJEV, S.V., 1978; MAMAJEV, S.V. y ZHUKOV, Y.K., 1979; MEDEL, M.J.J., 1975; MONTAÑO, J.C. y GONZÁLEZ, M.C., 1983; PONTIGO, F.O., 1980; SCHIMA, A.; BLANCO, J.; DÍAZ, J.C. y MEDAL, A., 1981).

Cabe señalar que en algunos casos, con el objetivo de obtener resultados significativos, se le asignan a los lineamientos, fracturas o fallas la actividad sísmica, sin tener en cuenta las características de la evolución geológico-tectónica del territorio y los niveles de movilidad, y mucho menos la actividad neotectónica, obteniendo a resultados falsos de confiabilidad. Es por ello que se justifica discernir los principales lineamientos y su identificación con estructuras conocidas, establecer sus verdaderas dimensiones, los esfuerzos activos y precisar las zonas de interacción de acuerdo a su importancia.

Fue empleado el criterio de selección de lineamientos de acuerdo al orden de importancia, atendiendo a varios factores que son:

-Representación en la fotografía (varias escalas).
-Extensión.
-Relación con otros lineamientos.
-Relación con estructuras.

Para los fines de investigación se emplearon dos órdenes de importancia, que fueron:

ORDEN DE PRIMER GRADO.- Lineamientos donde convergen un grupo definido de lineamientos y que se corresponden directamente con el resto de los rasgos estructurales.

009583

Para los cubos de litosondeos se exploraron tres tipos de importancia, cuya descripción se presenta a continuación:

Tipo: EL PRISMA OSCURO. Es aquel donde convergen un grupo de pozos de litosondeos que se diferencian significativamente del resto de las zonas circundantes. Estas se presentan en algunos casos anomalías gravimétricas y en otros actividad sísmica débil.

Tipo: EL PRISMA CLARO. Es aquel que cumple con los requisitos anteriores y además presentan actividad neotectónica débil.

En la mayoría de los casos se presenta actividad sísmica en ellos.

Tipo: EL PRISMA GRIS. Es aquel que cumple con los requisitos anteriores, presentan marcada actividad neotectónica y sísmica.

En forma complementaria se realizó un barrido bibliográfico en la literatura geológica del territorio nacional que comprendió: (ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y POLONIA, 1975; ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA, 1981; ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA Y DE POLONIA, 1981; ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y DE RUSIA, 1981; ACADEMIAS DE CIENCIAS DE CUBA Y HUNGRIA, 1981; ALEGRE, J.A.; [illegible]; ZYKINA[illegible], G.; LUNDE, J.A.; SOLOMINA, J.S. y [illegible], A.S., 1965; [illegible]-VISHNEV, M.A., 1981; JUDOLEY, C.A. y [illegible], O., 1971; MOLCHANOVSKI, A.A. y ALEGRE, J.A., 1975; [illegible], J.A.; [illegible], A.; NO-GAYEVSKY, A.S.; NOVOSATSKY, L.I. y JUDOLEY, C.A., 1962; [illegible], P.A., 1975; GIBSON, W.E.; KIRICUCHE, E.A.; IVANOV, S.S.; [illegible], V.M.; [illegible], M.M.; [illegible], S. Ya. y otros, 1975), así como también se consultó material inédito de Carlos Pérez, del Instituto de Geología y Paleontología.

6.4.) (Delimitación de los rasgos tectónicos)

Se presenta un mapa de litodemios del territorio de Cuba a escala 1:1000 000, el cual se representa en la fig. 6.4.

En el mapa se observan dos sistemas de elementos:

a) lineal
b) circular

En el primero lineal se comprenden los dos megalineamientos:

a_1) sublatitudinal principal
a_2) sublatitudinal suprapuesto

En cuanto a sistema circular, presenta también dos dimensiones que son:

b_1) Pre y Sin orogénicos
b_2) zonas donde la sedimentación Mesozoica es de débil espesor, siendo relieve en las comarcas inferiores.

Señalamos en (TRIPONET, V.M.; FORNARIS, R., GEO, A.C. y MIMB, - P.S., 1981; PORTUONDO, M.C. y PADILLA, R.M.C., 1983).

Aparecen en la tabla algunas estructuras disyuntivas importantes, que aunque no han sido fotointerpretadas en el presente trabajo, al ser conocidas y se encuentran recogidas en distintas investigaciones geológicas.

Estas estructuras son:

1. Falla Surcolett Norte
2. Sistema Marginal Exterior
3. Sistema Central

El lineamiento planteado en (PORTUONDO, M.C. y PADILLA, R.M.C., 1983) con dirección NE-SW que se extiende entre Ciudad de la Habana y Punta Gorda, se prolongaría hasta la Bahía de Nuevitas.

Con referencia a la falla Septentrional del Norte (FURRAZOLA-GENTURES, et al, 1984) y mencionada como cabalgamiento en (ANDRUSOV en BRADLEY DE CUBA y BOHNER, 1982), no planteada en el presente trabajo, debido a la ausencia elemental reportada en - ella.

De la determinación en conjunto de eventos sísmicos en los - mecanismos de la costa Norte de la Isla, nos cabe inducirnos a los autores a considerar la hipótesis de que el Margen Conti-

mental se une estructura celular en bloques en la dirección urbana, cuestión que no había sido planteada anteriormente.

Todas las matrices [illegible] determinadas en [illegible] son consecuentes con los resultados obtenidos en este trabajo.

Mencionamos un punto metodológico que:

[illegible] Identificación de las direcciones cardinales, se consideran un total de 36 direcciones incrementales y el orden de linealidad [illegible]

Otra cuestión de importancia en el descifrado fue la determinación de zonas de acuerdo a las dominantes de linealidades y sus orientaciones principales. Este elemento es fundamental, ya que de acuerdo a la cantidad y extensión de los lineamientos es posible establecer un índice sobre el tipo de litología, agrietamiento y actividad neotectónica del territorio, así como el análisis de las circunstancias fundamentales, las cuales permiten inferir sobre los desplazamientos y tipo de fracturas y/o fallas.

El análisis de las zonas en las que se presentan dominantes de lineamientos significativos, aparecen en la tabla [illegible], con un total de diez y siete zonas (Z1-Z17).

Nº/ compuesto

LISTA DATOS DE PUNTOS CONOCIDOS Hoja No. A-1

No.	LEVANTAMIENTO Y PUNTOS CONOCIDOS	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES	POBLACION
1	Mapa	MA-PA Extenso	Norte de San José y Occidente-Norte de Pinar del Río-Este de Camagüey y Sur-Norte de Las Villas-Occidental-Norte de Matanzas-Habana.
2	Puntos (zona de levantamientos definidos).	PU-ZV	Muy bien definida en la zona de Sur Cristóbal.
3	Area concentración de intersecciones circulares.	C-S	Santa Lucía-Costa de Camagüey-Nuevitas-San Jose y Martinez.
4	Zona de Triangulación definidas.	AA-ZZ	Cruce de la Isla entre Cabo San Antonio y Cayo Largo del Sur-Vitales-Isla de Pinos-Baracoa y N de San Quintano.
5	Levantamiento definido	MA-ZZ	La Colonia-San Juan y Martinez.
6	Constelación del Norte (levantamiento definido)	A-P	Constelación-Habana-Matanzas
7	Zona de triangulación definidas.	MA-ZZ	Cuban-Victoria-Cienfuegos
8	Levantamiento definido	JA-ZZ	Santiago-Cayey Grande-C. Maria
9	Cochinos (zona de tratamientos definidos y de triangulación geométricos).	S-S	Cruce de la Isla desde la Bahía de Nuevitas, Bahía de Cárdenas.
10	Levantamiento definido y caracterizado con triangulación geométricos.	KV-ZK	Bahía de Cochinos-Bahía de Matanzas

10057

No.	ENCUENTRO Y NOMBRE DEL CRUCE	DIRECCION Y SENTIDO	POSICION
11	Santana (zona de límites definidos).	SE-NW	Entrada a la Zona-Cruce de Las Vías (Agudo).
12	Sucre (limitación ocasionalmente con anomalías gravimétricas).	SW-NE	Península de Araya-Punta de Manzanillo-Los Arpones-Santo Valle.
13	Manzanares	NW-SE	E. de Manzanares-Cabo Manzanillo.
14	Manzanillo-Cariaco, limitación definida y anomalías gravimétricas.	NE-SW	Costa del Mar(en Manzanillo-Cariaco).
15	Cariaco, Presidente definido en sentidos.	E-W	Cariaco-Golfo de Cariaco-Península.
16	Las Vilas	NW-SE	Península a la Costa Norte (Cariaco) Golfo Triste Norte (Islotes del PE de Las Vilas)-Golfo de Cariaco-Manzanillo-Sur de Península-Manzanillo-Golfo Triste.
17	Zona de Levantamiento existente.	NE-SW	Cruce la Isla Punta Punta-El Pilar-Cerro Arenitas-Tagualaga.
18	Península (limitación definida en sentidos).	E-W	Norte del Territorio y se prolonga hasta el Sur
19	Zona de Almacenamiento	NW-SE	Cruce la Isla en E de Juncal-Cagua-Valencia

523001

No.	LINEAMIENTO Y NIVEL DE CONOCIMIENTO	DIRECCION Y EXTENSION	OBSERVACIONES
20	Cienaga (zona de lineamientos definidos y de anomalias gravimetricas).	SE-NW	Cruza la Isla por Ciénaga
21	Zona (lineamiento oculto y definido).	NE-SW	Arboleda-Colombia
22	Interrelaciones de lineamientos definidos y de anomalias gravimetricas).	NE-SW	Cruza la Isla desde Punta de Piedra-Barranda hasta las Cuevas incluye Lagunas y Sondas hasta Manzanillo.
23	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cruza la Isla al Este de la Bahia de Santa Ana, desde el Sitio de Los Cocos hasta la Punta de Santa Ana.
24	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cruza la Isla desde el S de Barranca de Punta Colorada.
25	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	NW-SE	Cienaga-NW Bahia de Cata-Isla Arcilla-Costa Norte-Laguna-Colombia.
26	Zona de lineamientos definidos y ocultos.	E-W	Isla Cayman-Sur Isla-Bahia de Santa Ana.
27	Lineamientos interrelacionados	SE-NW	El Cabo-Alto Cerro-La Mata
28	Lineamiento definido y oculto.	SW-NE	Este de la Bahia de Santa Ana-Sur de Isla-Colombia.

100969

No.	ALINEAMIENTOS Y NOMBRE DEL ALINEAMIENTO	DIRECCION Y DISTANCIAS	REMARKS
29	Zona de alineamientos cortos y definidos.	SW-NE	Inmediaciones de la Laguna de Burgos.
30	Zona de alineamientos definidos y de apreciables proporciones.	SE-NW	Cabo Oruña-San Vicente.

JB-6330

Nro.	P R E L A D O S
1	Norte de Tamaulipas, Río y Cancelación de Sur-Pirámides (zona de fracturamiento bien definidos en las fotos y con expresión en el relieve).
2	San Diego de las Salinas (zona de fracturamientos entrecruzados bien definidos en las fotos y en el relieve).
3	San Ortiz (sic) (fracturamientos menores y antenas).
4	Bloque Bajonal (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos y en el relieve).
5	Bloque Natera (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos y en el relieve).
6	Bloque Sandoval-Estructura Cima-San Miguel de los Tepes y Cerros Bajos. (zona de fracturamientos cortos y definidos en las fotos con expresión en el relieve).
7	Estructura de San Miguel de los Tepes y Cerros Bajos. (fracturamientos cortos-medios definidos en las fotos y en el relieve).
8	Bloque Natera-Encantado (fracturamientos cortos bien definidos en las fotos y con expresión en el relieve).
9	Bloque Mechanas (zona de fracturamientos cortos y bien definidos en las fotos y en el relieve).
10	Estructura Cortés-Obregones (fracturamientos cortos-medios bien definidos en las fotos y el relieve).
11	Fracturamiento-Sierra Grande (zona de fracturamientos alargados y menores bien definidos en las fotos).
12	Los Arbolitos-Encantado (zona de fracturamientos cortos bien identificables y con expresión en el relieve).
13	Infiernitos-Calabazas de Sapo (zona de fracturamientos antenas, bien identificables y con expresión en el relieve).
14	S. Bahía de Cienfuegos-Cima de Cruzados (fracturamientos cortos-medios, bien definidos en las fotos y en el relieve).
15	Bonal-Encantado (zona de fracturamientos antenas y definidos en fotos y en el relieve).
16	Tapiajay (zona de intersección de zonas de fracturamientos fracturamientos expresados en el relieve).

No.	ICHNADOS
17	Central "Manuel Zenguily" (zona de intersección de rasgos bien definidos y medianamente expresados en el relieve).
19	Valle (zona de intersección de rasgos de lineamientos, con fuerte expresión en el relieve).
20	Vialata (zona de lineamientos extensos, bien descifrables y medianamente reflejados en el relieve).
21	Ahuar (zona de lineamientos medianamente extensos, bien descifrables y medianamente expresados en el relieve).
22	Corrovalle (zona de intersección de rasgos de lineamientos, bien descifrables).
23	Bilsa (zona de intersección de rasgos de lineamientos, bien descifrables y con expresión fuerte en el relieve).
24	Cangüey (zona de lineamientos cortos a medianamente extensos, bien descifrables y medianamente expresados en el relieve).
25	Quebrada (zona de lineamientos cortos, medianamente descifrables, poco expresados en el relieve).
26	Victoria de Las Tunas (zona de lineamientos relativamente extensos, bien descifrables), poco expresados en el relieve.
27	Central "López Peña" (zona de intersección de rasgos de lineamientos, medianamente expresados en el relieve).
28	Hilarma-Sgo. Tuna (zona de intersección de lineamientos extensos bien expresados en los foto y el relieve).
30	Tuna-Loma de "Calvary (zona de intersección de lineamientos norte-sur con expresión en el relieve).
31	Vatian (zona de lineamientos cortos, bien descifrables, fuertemente expresados en el relieve).
32	Central "Julio A. Mella" (zona de intersección de rasgos de lineamientos cortos, y medianamente alineados, bien descifrables, con expresión en el relieve).
33	El Salvo (zona de lineamientos bien cortos, bien descifrables y fuertemente expresados en el relieve).
34	San Luis (zona de intersección de rasgos de lineamientos medianamente extensos, bien descifrables, bien expresados en el relieve).

No.	P O B L A D O S
35	Laguna de Tecocal (zona de limnosistemas poljoidales bien desarrollados, claramente expresados en el relieve).
36	Solicidad de Yaxcaba (zona de limnosistemas poljoidales extensos y abiertos, bien desarrollados, bien expresados en el relieve).
37	Cuzamá de Ko (zona de limnosistemas extensos y abiertos, bien desarrollados, bien expresados en el relieve).
38	Cenotillo de Ko (zona de interconexión en grado de limnosistemas cerrados, bien identificados y claramente expresados en el relieve).
39	Trinidad (zona de limnosistemas cerrados de diferentes orientaciones, bien definidos en los datos y en el relieve).
40	Muriel-Bacalar Norte (limnosistemas cerrados-medio, bien definidos en los datos y en el relieve).
41	Punta de Xcopte-San Juan y Bacalar (limnosistemas extensos y abiertos bien expresados en datos).

000253

TABLA DE DESCRIPCION DE ZONAS GEMAS PAGINA No. 2-B

No.	IDENTIDAD	SIMBOLOGIA	POSICION	DESCRIPCION
1	Muy densa	KE-EF (0°-30°)	Occidental, N de la Prov. Pinar del Río.	Lineamientos cortos y agrupados de extructuras circulares.
2	Densa	KE-EF (30°-60°)	Occidental, E de la Prov. Pinar del Río y N de la Prov. de Habana.	Lineamientos extensos.
3	Mediamente densa	KE-EF (60°-90°)	Occidental, E y S de la Habana.	Lineamientos medianamente extensos.
4	Mediamente densa	KE-EF KE-EF	Occidental, E de la Prov. Matanzas, Alrededores de Jovellanos, Colón-Mangual.	Lineamientos extensos, con cambios de dirección, precisamente en la zona de influencia de la falla.
5	Mediamente densa	KE-EF	Central N, Alturas del Escambray de las Villas (Sierra Morena-Cabeza de Negro)-Lago de Zapata-Ciénaga de Zapata-Buenaventura-Manjuarí-Bonilla- Alrededores del Escambray de las Villas-Cha-ba.	Lineamientos paralelos a la forma de la falla de longitudes extensas variables.
6	Muy densa	KE-EF	Central, Alrededores de Santa Clara-Ranchuelo-Santa Clara.	Lineamientos cortos.
7	Densa	Alrededor	Central S, Cayajabos-Cabo de Cruz-Alrededores de Manzanillo y Bueycito Oriental.	Lineamientos cortos en ambas regiones de dirección EW y NE y en su norte y sur divergen-

E-8.

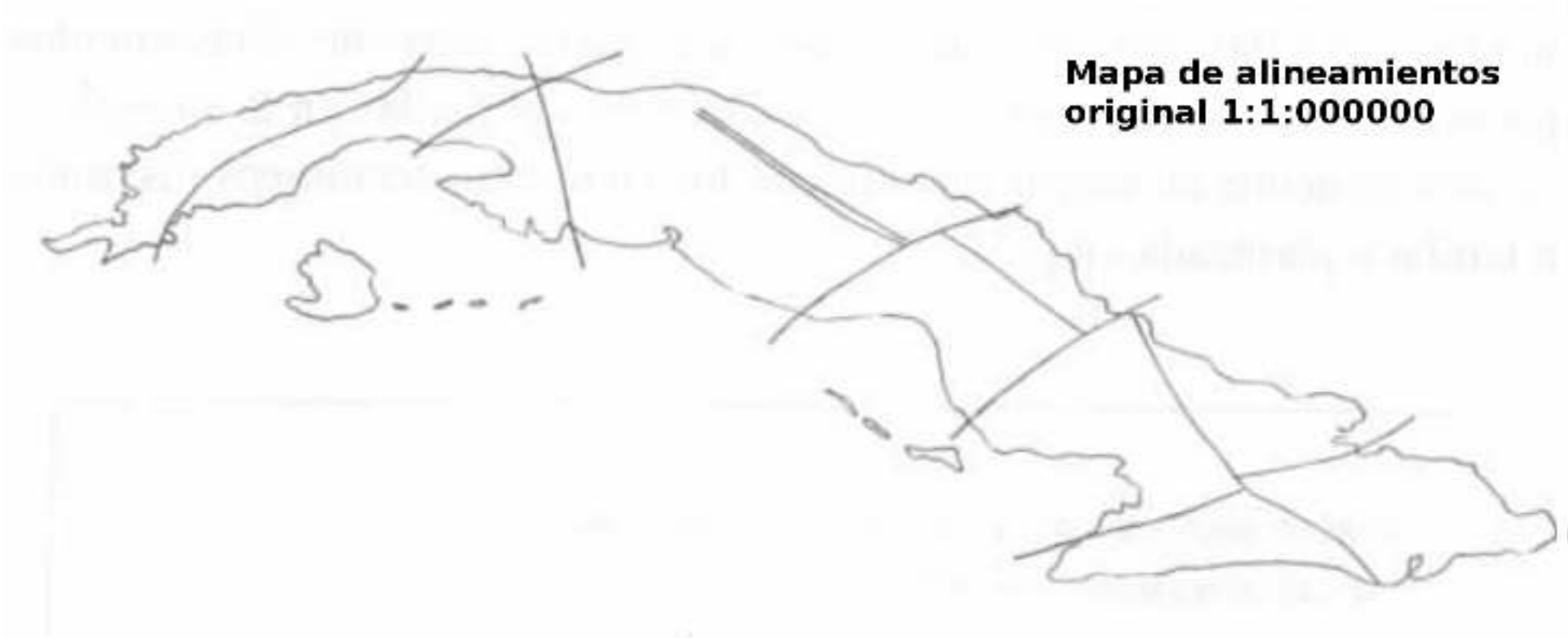
1/

No.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	[illegible]	NE-SW	Central, alrededores de Ciego de Avila-Baraguá-Najasa a Venegas-Vertientes-Camarioca Grande.	Lineamientos que afectan la isla en una franja amplia.
9	Zapatón	NW-SE (N°-80°)	Central, Florida-Camagüey-Sibanicú-Jatibonico-Chaparra.	Lineamientos cortos variados, paralelos a la dirección de la isla.
10	Tunas	NE-SW (N°-80°)	Central N, Sierra de Cubitas.	Lineamientos cortos, paralelos a la dirección de la isla.
11	Guamos	NW-SE (120°-140°)	Central, alrededores de Manatí, Puerto Padre-Chaparra.	Lineamientos cortos y cortos.
12	Mediannamente extenso	NE-SW (0°-12°)	Oriental, alrededores del valle de Buenaventura-Río Cauto-Kuba-Guamo, Palma Soriano-Bayamo-Manzanillo-Sierra Maestra-Baconao de Yara.	Lineamientos medianamente extensos.
13	Jamaica	NE-SW	Oriental, Sierras de Nipe-Sierra de Cristal.	Lineamientos cortos.
14	Extensos	NW-SE E-W	Oriental S, Cuchillas de Toa-Toa-Sierra del Purial.	Lineamientos extensos, los E-W son paralelos a la estructura Caimán.
15	Muy extensos	NE-SW	Oriental S, alrededores de la Bahía de Guantánamo.	Lineamientos extensos
16	Muy extensos	NE-SW	Oriental, alrededores de la Punta de Maisí.	Lineamientos extensos

100393

No.	ESTILO	DIRECCION	RUTAS	Observaciones
17	Muy Lejano	NE-SW al W de la Sierra y NW-SE al E de la Sierra	Channel 2, Sierra Madre	Inundables todos

C63001



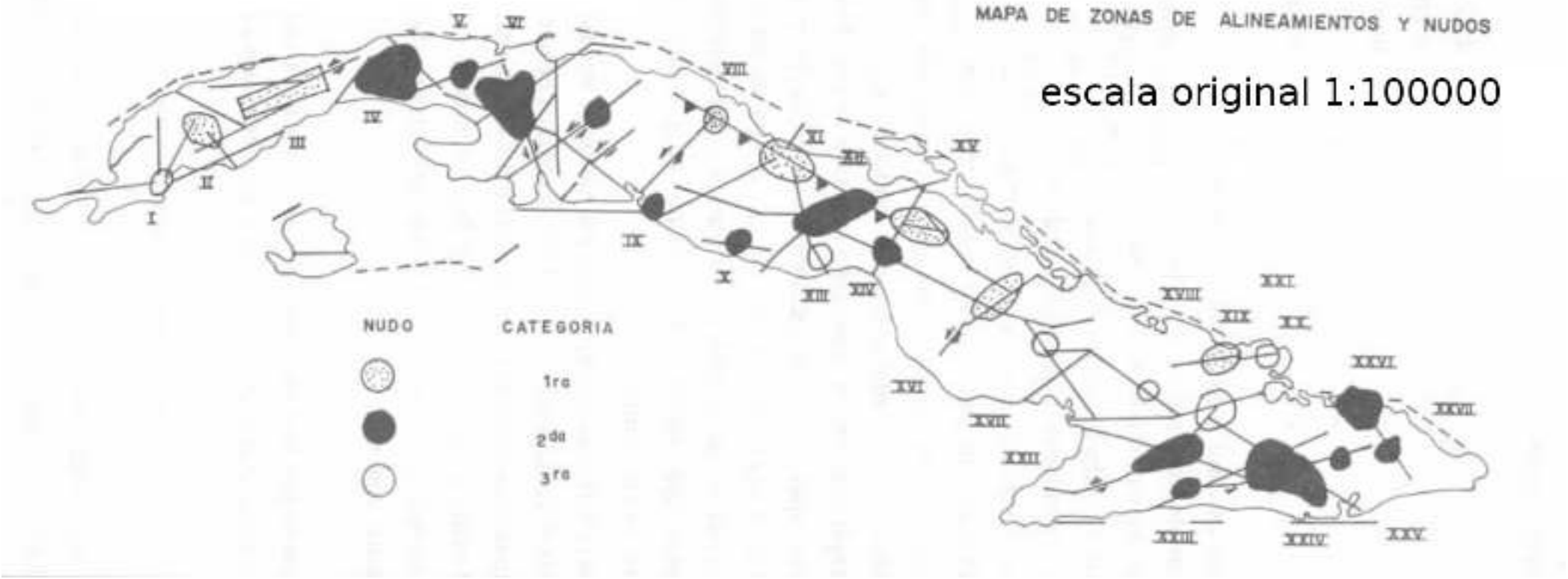
Mapa de alineamientos original 1:1:000000

MAPA DE ZONAS DE DENSIDAD

DE ALINEAMIENTOS

escala original 1:1000000




MAPA DE ZONAS DE ALINEAMIENTOS Y NUDOS
escala original 1:100000
NUDO
CATEGORIA
1ra
2da
3ra
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
XXII
XXIII
XXIV
XXV
XXVI
XXVII

Por ampliación de información de los estudios de levantamientos de diferentes edad reportados del procedimiento geocartográfico de tipo convencional, a escala original 1:250 000 y 1:100 000 (BOTTELIER, C.F., 1973; y GUTIÉRREZ, R.M.O., y otros, 1983).

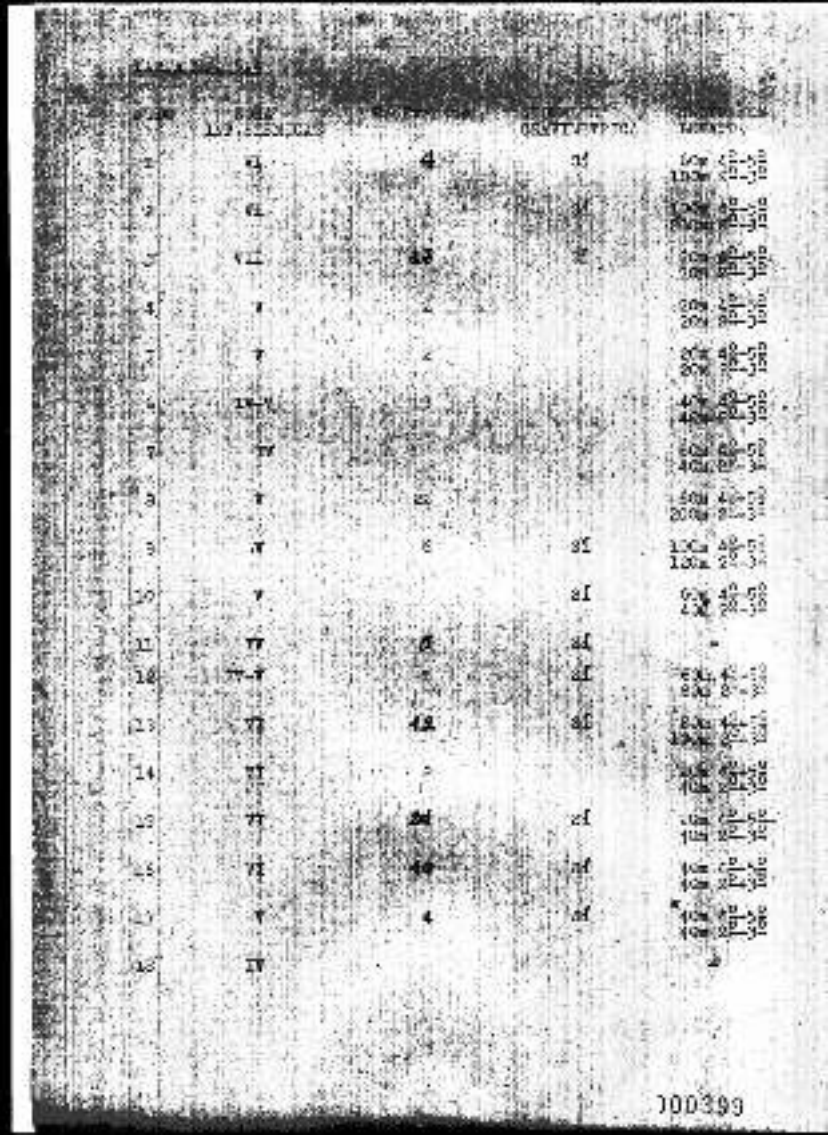
Estos estudios de levantamiento se obtienen luego de un complicado método de levantamiento exhaustivo de la red de drenaje en el territorio explorado bajo topográficos a los cuales nivel ocasionado, con la posterior cuantificación de diferentes características físicas, que son indicios de ciertos valores que expresan la coincidencia de terrenos similares de un determinado orden o tamaño que los curvas de nivel, y finalmente la superposición cuadrícula de los valores básicos de diferentes índices.

Esta información fue resumida en la TABLA No. 4-4

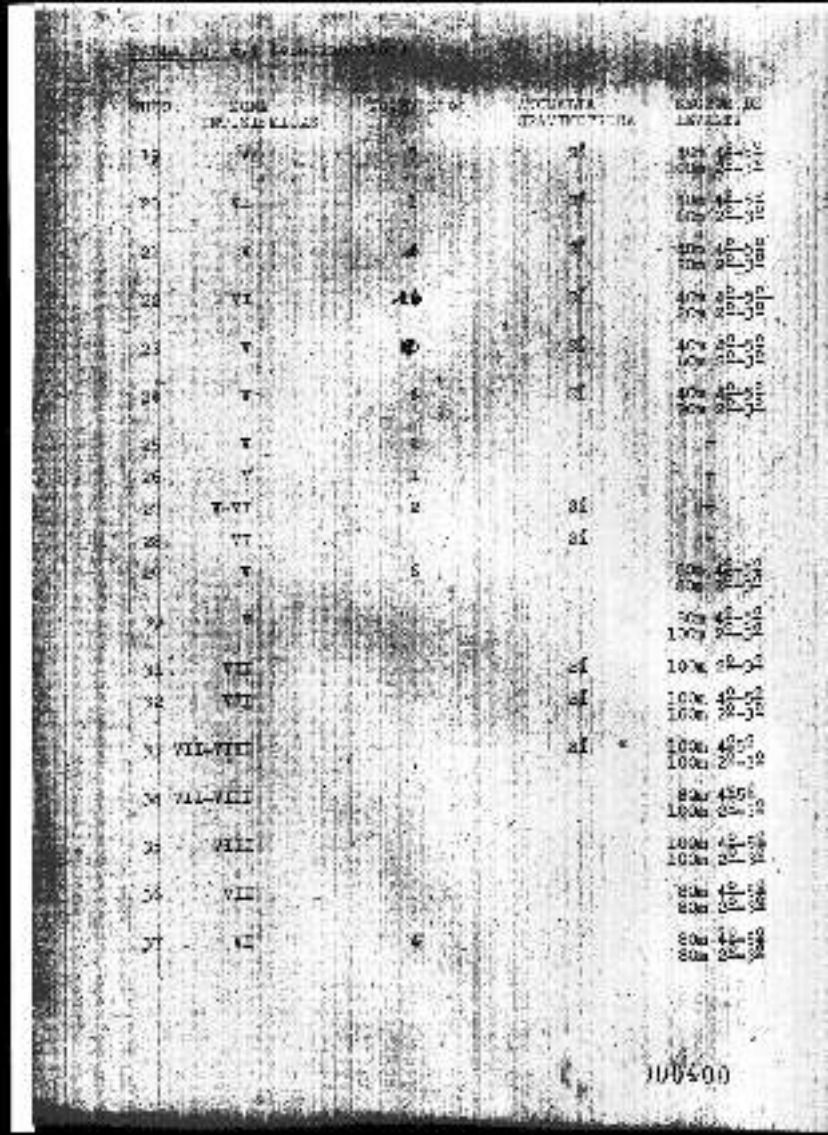
Se ha estimado que los valores de levantamientos en el territorio nacional se consideran para la región occidental en la porción norte; es decir, norte de la falla Pilar y de las estructuras de Aquidaú, Rincuya y Caldén. Para la región central se presentan fundamentalmente en la región del Ybycuí, en las estructuras del Ybycuí y del Mbaracayú en Villa Oliva y en las alineaciones de la cuenca del Paraguay, en la región Oriental, los valores están distribuidos en toda la región, pero en condición de pendientes y la desarrollo fundamentalmente del Bosque nativo.

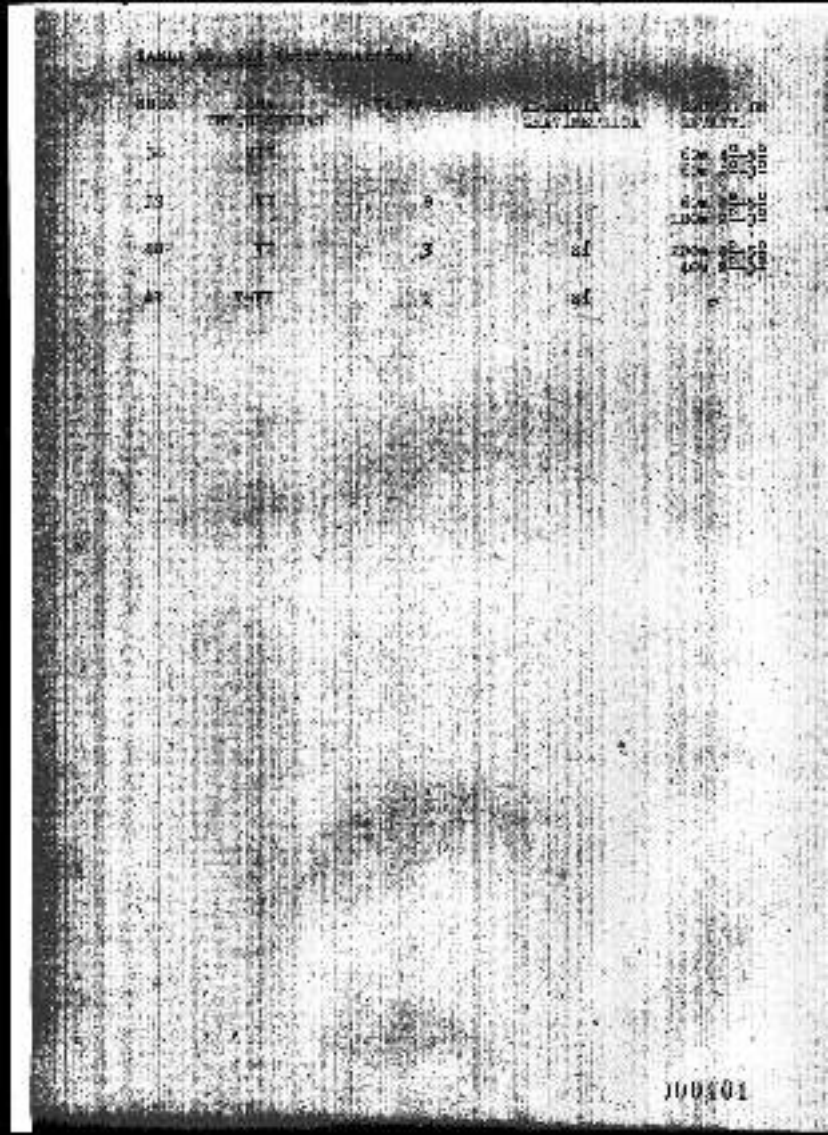
Por otro parte, se confeccionó un listado de cuencas hidrográficas para el período 1971-1984. Estos estudios fueron interesantes porque, ya que el objetivo era objetivos a los pobladores en que se aportaban los aspectos hidrológicos o el estado de las cuencas hidrográficas y no se consideraron los diferentes puntos en que fueron escritos. Los autores principales fueron:

(CHOY, F. y BUSTAMANTE, R., 1980; GIL, G. y GONZÁLEZ, E.R., 1976; CHOY, E.; GONZÁLEZ, M.E. y GONZÁLEZ, E., 1980; CHOY, F., 1978; GIL, G. y PINO, O., 1978; CHOY, F.; CORONEL, R., GUTIÉRREZ, R.M.;



000399





000101

1.4/

[illegible], [illegible], [illegible], [illegible] y [illegible], [illegible], 1980; CHUY, T.; GONZALEZ, D.L. y [illegible], C., 1981; y [illegible], C.; GONZALEZ, D.L. y [illegible], C., 1984; CHUY, T. (inédito).

Aunque algunos utilizamos expresiones según de intensidad de parámetros sísmicos a fuentes, la mayoría de los casos aparecen en el epígrafe 1.3 de este informe.

Existen algunos puntos en el territorio nacional que no presentan sismicidad histórica (observada), sin embargo desde el punto de vista sismológico presentan actividad, (Tabla No. 6.4)

Tabla No. 6.4/

LOCALIDAD	No. SISMOS
Santa Cruz del Sur	4
Playa de Bolas-Punta de Cartas	6
Consolación del Norte	1
Sistema Marginal	13

Es sabido que a lo largo de todas las fallas que presentan actividad sísmica pueden ocurrir terremotos. Sin embargo, como han demostrado numerosas investigaciones de diferentes lugares donde ocurren por lo general los terremotos más fuertes en dichas fallas, siendo el ejemplo [illegible] del lugar de ocurrencia de terremotos fuertes que se realizan en el Departamento de Geofísica Computacional del Instituto de Física de la Tierra, de la AC de la URSS, algunos de los cuales fueron citados en el índice anterior.

Teniendo esto en consideración se planteó como hipótesis de trabajo que en las zonas de baja actividad sísmica los terremotos medianamente fuertes y fuertes ocurrirán con mayor probabilidad en los años de liberación y por consiguiente toda estimación de peligrosidad sísmica debe pasar por la clasificación de estas zonas en clases sísmicas de peligrosidad y la determinación (si es posible) de la recurrencia de las sacudidas a esperar en cada una de ellas.

De esta forma, el planteamiento del problema de Sismicidad-Cimientos que se ha discutido en el epígrafe 6.2, puede a niveles

de peligrosidad sísmica para las edificaciones de importancia en el resto del territorio nacional, los cuales se describen en la Tabla V.1.6.

Es decir, la zona de mayor peligrosidad sísmica en el territorio nacional la constituye la zona de Bartlett, por su cercanía de fronteras activas sísmicas. A continuación la zona de Punar del Río-San Diego de los Baños-San Cristóbal-Bahía Honda, Bloque Habana-Matanzas, Cifuentes-Remedios-Caibarién, Manzanillo-Bayamo y Gibara como fronteras entre Mogotes y de la zona del Margen Continental. Por último con actividad sísmica similares para diferentes niveles de categorización los restantes sitios, los cuales se ubican en los sectores del interior de placa.

Como se ve en la tabla se han realizado estimados de aceleración máxima para los diferentes niveles de peligrosidad sísmica. El criterio usado fue el mismo que el que se empleó para la estimación de Amax para las zonas sismogeneradoras de la región occidental de Cuba: como magnitud máxima se toma un valor 0.1-0.2 unidades Mw por encima del máximo reportado, con la diferencia de que, como se analizó una región con muy baja actividad, se determinó la Amax no para cada zona sismogeneradora para cada nivel, analizando conjuntamente la información de todos los sismos de importancia ocurridos a cada nivel.

~~De la misma forma el valor de zona sismogeneradora obtenido sobre la base del análisis de la sismicidad histórica, ~~

~~[illegible]~~

JOO103

...	...	...	...
1	...	...	6,0
2	...	...	5,5
3	...	...	...

... 6.8 ... de los ... de ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...
... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ... [illegible] ...

[illegible]

[illegible] de la peligrosidad sísmica en [illegible] que [illegible] [illegible] [illegible]

7.2 Estrategia usada en la traducción de algunos términos [illegible]

7.2.1 Criterio utilizado en la traducción de [illegible]

La traducción de [illegible] plantea un [illegible] ha sido tratado de diferentes formas, y [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] el objetivo de la [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] (Physical Review, Vol. 8, No. 1, 1973). En estudios sobre [illegible] [illegible] y se aplicó [illegible] [illegible] [illegible]

V_x - [illegible]

T_x - [illegible]

$\Phi_{x,y}$ [illegible]

El [illegible] de [illegible] [illegible] el [illegible] de [illegible]

$$T_x = -\frac{1}{\beta}\ln V_x \qquad (7.3)$$

El [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] Esta [illegible] especial que [illegible] [illegible] [illegible]

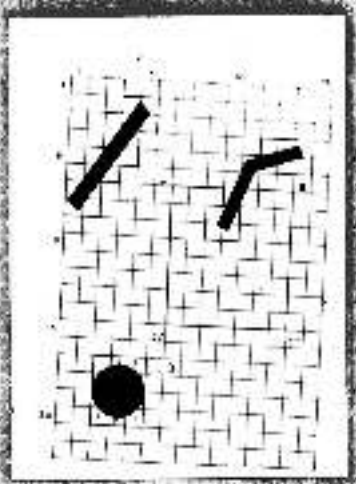


Fig. 4 Ejemplo de una configuración de dos zonas para la subdivisión del polígono ABCDEFGH. Las zonas ST y ST' son dos zonas convexas que contienen a todos los vértices de la figura. Las zonas ST y ST' se distinguen por una polígonal, para la zona P se indica la división en cuadrados de diferentes dimensiones del procedimiento de una de la subdivisión mínima que cubre el polígono por la zona ST.

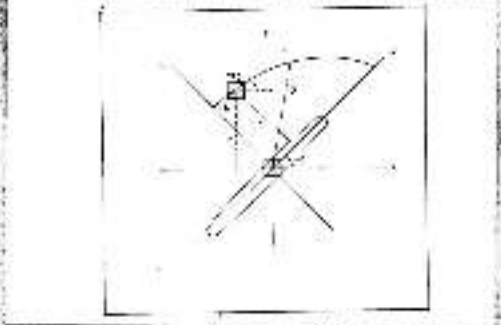


Fig. 5 Esquema ilustrativo del procedimiento de subdivisión del polígono ABCDEFGH - una representación en el plano.

El programa está compuesto del programa principal y 17 subrutinas. La última, 9 corresponde a la de presentación de los valores calculados del parámetro de ajuste y variables y la anterior a ésta es una serie de 8 subrutinas, cada una de ellas (ELIPSE, PARABOLA, HIPERBOLA, RECTA, CIRCUNFERENCIA, ELIPSE, CUBICA, CUARTICA, QUINTICA, SEXTICA, SEPTICA, OCTAVICA, NONICA), que corresponden a distintos tipos de parámetros (t, m, n, p, q, r, s) y a distintos tipos de ecuación de curva paramétrica (no olvidemos la primera función, cuyo fin principal es la posibilidad de ajustar un parámetro).

El programa permite la variación de otras cosas (o manipulaciones en general) mediante el uso de un conjunto de variables.

Las 2 variables de control que tenemos definidas son:

a) Variable que indica que se ha producido un error.

$$IERR = 1 \qquad (5.5)$$

b) Variable que indica cuál es el programa (subrutina) que se ha de ejecutar.

$$IPROG = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \qquad (5.6)$$

El modo de funcionamiento del programa a través de las subrutinas CURVE, MARQUE y MINIMO de IBM/360 es el usual habitual para los usuarios de dicho ordenador. Es válido para realizar otras aplicaciones y las subrutinas quedan listas para ser utilizadas en cualquier programa que se realice en FORTRAN. Lo único especial que se encuentra en los distintos subprogramas con el mismo objetivo es el cálculo de la matriz [COR], la cual indica que la estructura del programa permite añadir otros modelos arbitrarios a ser ajustados en él. Sería imposible la creación de rutinas diferentes y el cálculo de cada una de las matrices [COR] se evita por la generación de un vector de los parámetros de correlación con diferentes valores y diferentes intervalos.

[illegible] los [illegible] [illegible] [illegible]

100414

7. Relaciones climáticas en el cabo Creus en [illegible]

[illegible] la fig. 6a anterior se ha visto, el flujo activo intermitente del [illegible], en invierno, predominante del noroeste, proporciona que la variación climática quede reducida contundentemente en su parte este, en la que se encuentra [illegible] respecto a la línea [illegible] [illegible] que el [illegible] oriental, así como de las otras comarcas [illegible] [illegible] parte.

[illegible] que se estudian [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] se usaron las relaciones calculadas para el caso homogéneo. El siguiente paso consistió en [illegible]

Los parámetros a y b del régimen elástico para cada una de las zonas fueron determinados en el apéndice 4.4.1, mientras que los parámetros críticos fueron estimados en el apéndice 4.4.3.

b) División de la región de estudio en cuadrículas elementales.

La zona comprendida entre los 17.0° y 21.4° lat.S y los 1.0° y 8.0° long.O. fue dividida en cuadrículas elementales de 0.2° a 0.4°, para un total de 22 x 20 = 1540 cuadrículas. Se consideraron las regiones A, B, C y D según la figura 4.4.1. Dentro de cada una de las zonas tectónicas consideradas se clasificaron en 4 categorías dependiendo el % de cobertura de los sismos por la zona correspondiente: tipo 25%, 25-50%, 50-75% y más - 100%. Los sismos de profundidad no mayores que la región comprendida entre los 19.6° y 21.0° lat.S y los 71.0° y 73.8° long. O., más una cuadrícula 1.0° en latitud y 1.0° longitud, en contorno toda la región original de 0.2° x 0.2°.

c) Cálculo de la normalización del factor de normalización por cuadrícula elemental.

-Los parámetros a y b de cada zona fue calculado en normalización anterior.

-Se calculó el número de cuadrículas elementales que cubren cada zona con diferente cobertura de % de sismos:

$$n_{total} = n_1 \times 0.25 + n_2 \times 0.5 + n_3 \times 0.75 + n_4 \times 0.95 \qquad (7.1)$$

-El factor de normalización será el inverso de este número para la cuadrícula original, y el resultado se dará por la cuadrícula correspondiente a cada categoría.

$$f_1 = 1/n_{total} \times f_1 \text{ para } \ldots \quad f_2 = 0.5 f_1 \text{ para } \ldots \quad f_4 = 0.25 f_1 \text{ para } \ldots \qquad (7.2)$$

...

Para la utilización del programa disponible, puede, en los casos de dispersión positiva, tipo la próxima, ser útiles y fácilmente se ve posible la generalización, considerando los ángulos de corte.

1. Lista de sentencias DXF (Para cada una de las seis DXF descripción 4 valores: abscisa del factor de amplificación x, ángulo α con la parte real y β con la parte imaginaria.

- profundidad media de la fisura en la cuña.
- ángulo α / 2 bisectriz exterior-cuña y la orientación de la cuña a lo largo de la cual se sitúa el eje real del cuerpo bidimensional.
- valor de la relación A/B entre los semiejes de cuña de la elipse.
- dirección en que es válida la fórmula de corte considerada (A , B o ambas).
- Factor de normalización.

Antes de proceder preparando de modo DXF sucesivas, presentaría ... de todas en la lista anterior.

La salida de modo DXF para estas variantes se muestra en la tabla 7.4 las entradas anteriormente descritas. Los DXF se introducen en forma de datos para resolver gráficos de las figuras 7.1 y 7.2 $\alpha_1(\beta)$ introducción de la variable de DXF y de la fórmula de cálculo de $\alpha_1(\beta)$ a efectuar en el cálculo de la amplitud ... ángulo de cuña original.

Se ejemplifica 1.2 de diámetro exterior la construcción de los gráficos angular-desviación longitudinal, y se ... variando ... de cálculo 1.1 y los de $\alpha_1(\beta)$ para distintos ... diferentes ... de cuña. Para ello ... 2 variantes de modo DXF descritas ... para obtener la ...

[illegible] [illegible] [illegible] [

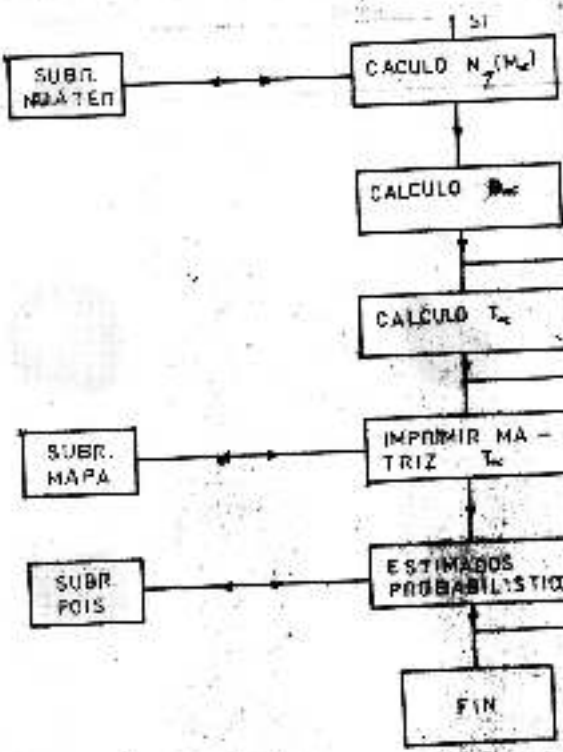


Fig 7.3 Diagrama en bloques del programa SACUDIDA

000130

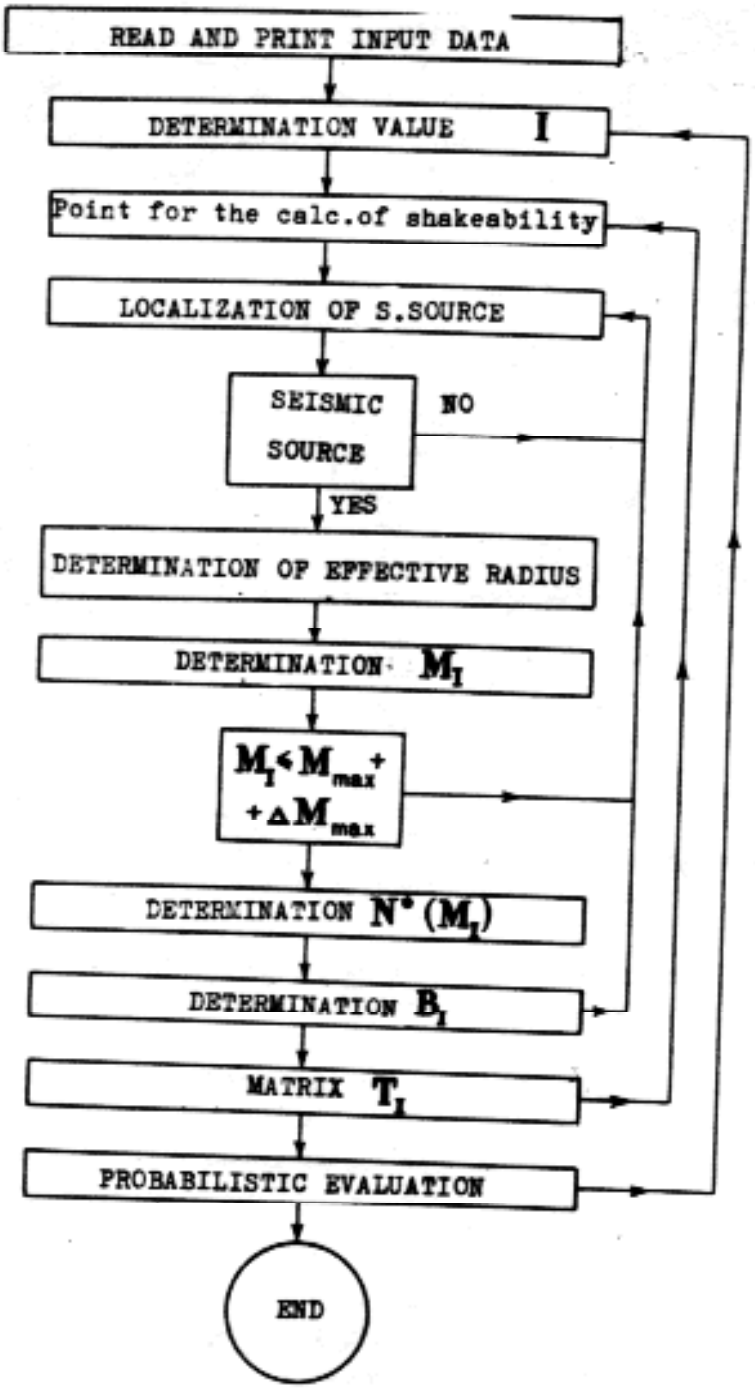


Fig. 2. Block-scheme of the program SACUDIDA.

ters N_5=0.067, b=0.59, M_{max}=7 and h=15km was only considered (Bune,Gørshkov, 1980). Circular isoseismals with parameters b=1.5, k=3.5, p=0 and d=3.0 in Kövesligethy's attenuation formula were used (Kondorskaya,Shebalin,1977). In Fig. 3 are shown the obtained maps of return periods for intensities 6, 7 and 8 with the map of seismic zoning of the USSR for this region. A good agreement was obtained between our estimates and the map of seismic zoning of the USSR.

Eastern Carpatian region.

The Vrancea deep seismic source zone with parameters N_5=0.8, b=0.87, M_{max}=7.5 and h=150km was only considered (Bune,Gorshkov,1980). A model of ellip-

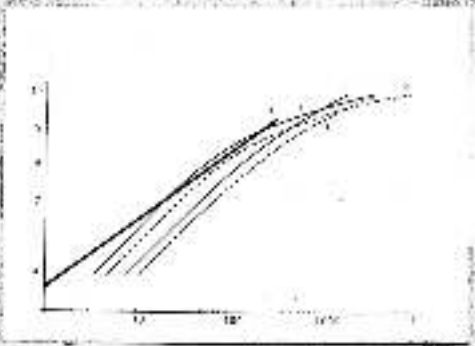


Fig-7-4 Comparación de la susceptibilidad sísmica de un Santiago de Cuba (S) con la calculada usando cuatro conjuntos de determinación de zonas 0-T (1 y 2 cualitativa, 3 y 4 - cualitativa) y Leo Pomeroy 1-S? 2-T (1 y 2 - promedio 3 y 4 - promedio 4-6)

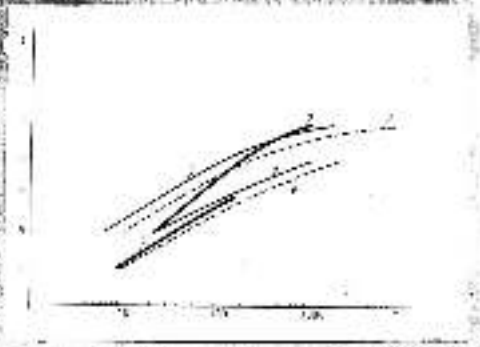
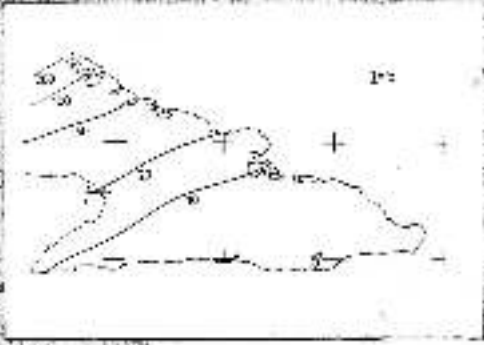


Fig-7-5 Comparación de la susceptibilidad sísmica [illegible] con la calculada de acuerdo [illegible]

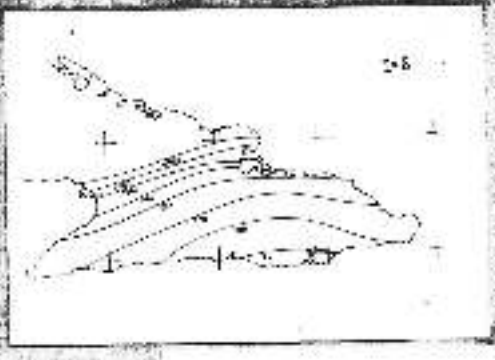
[illegible] se [illegible] [illegible] [illegible]

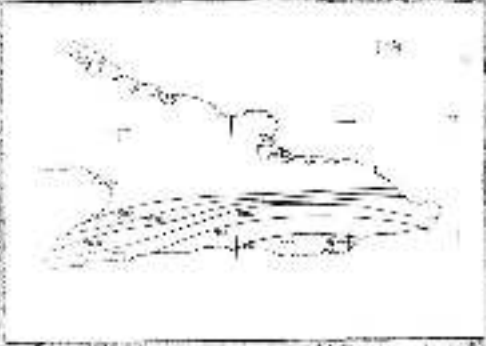
[illegible] de los [illegible] [illegible] [illegible]



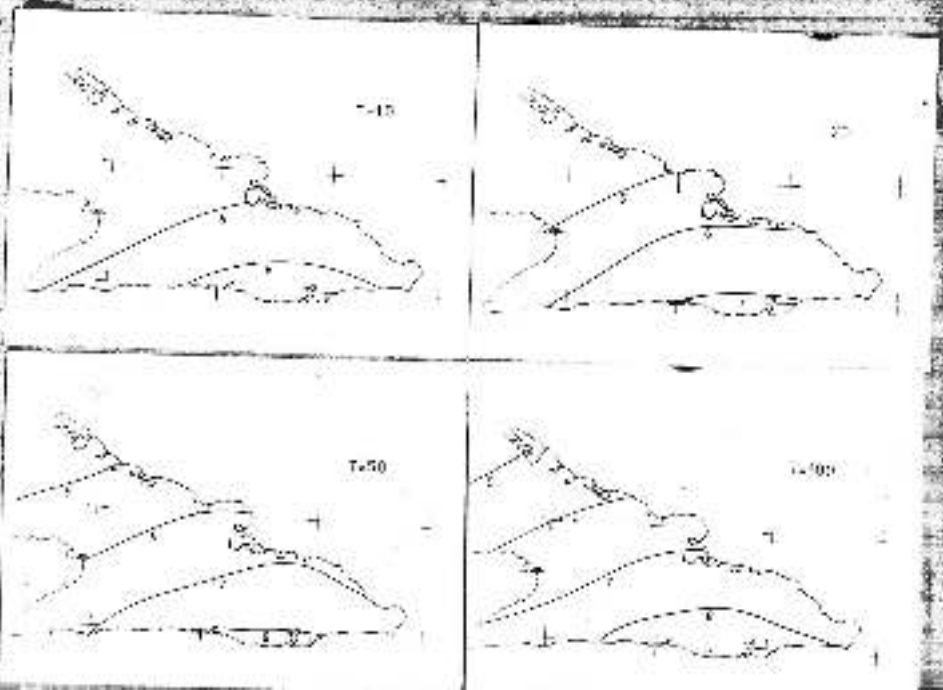


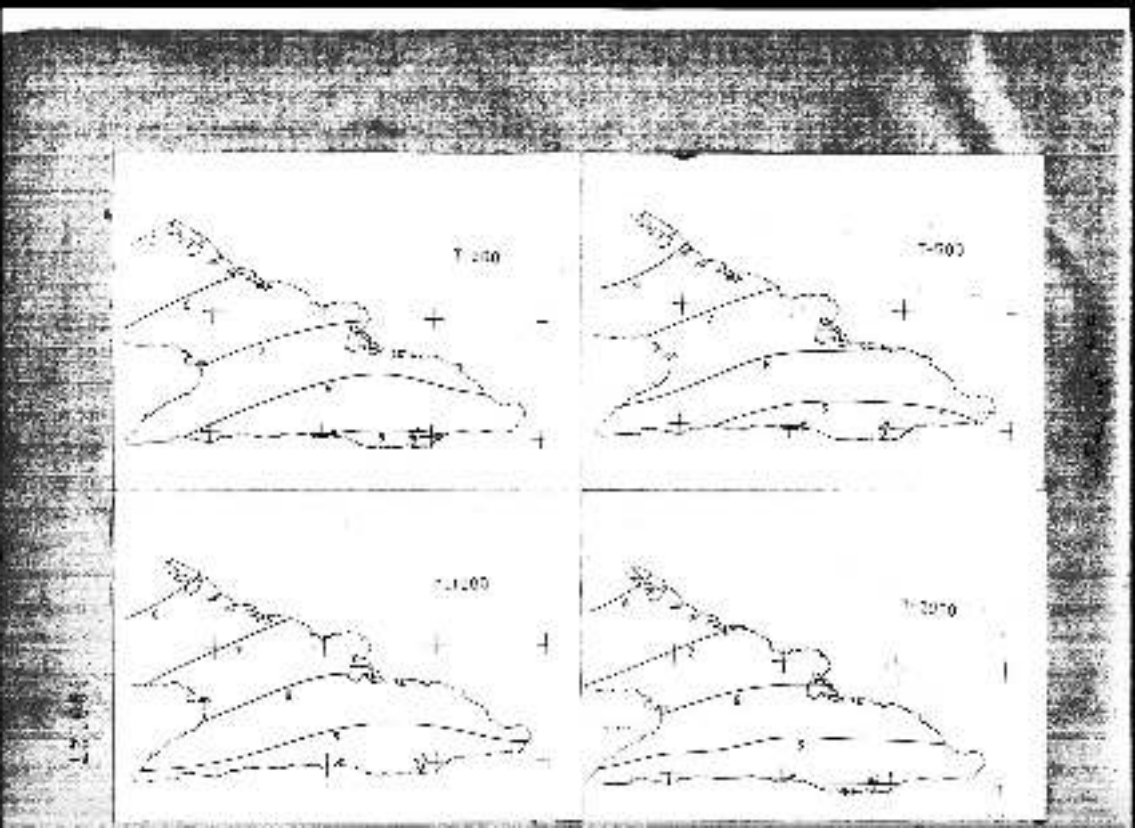




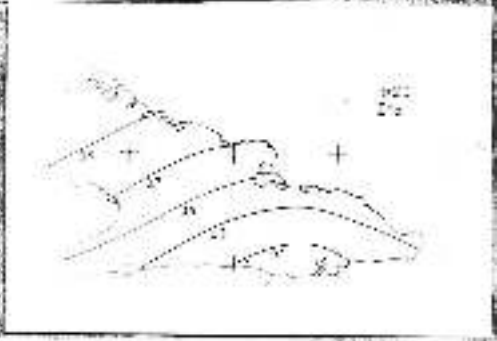


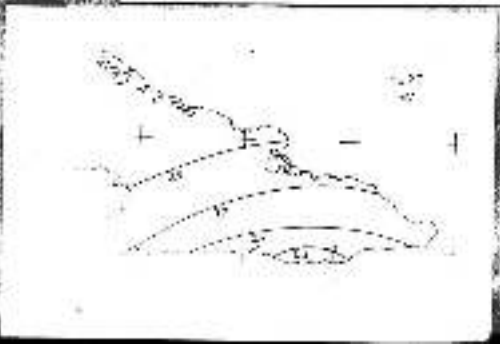




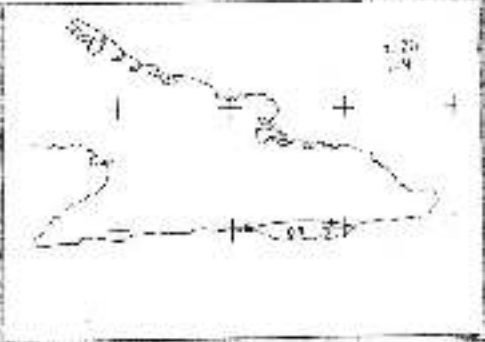






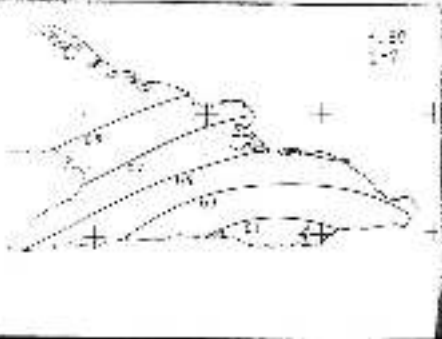








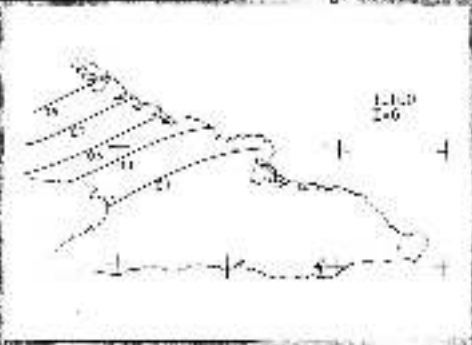


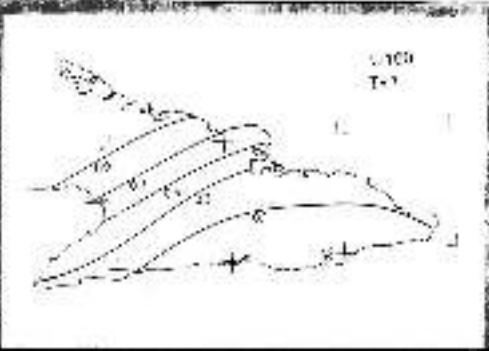






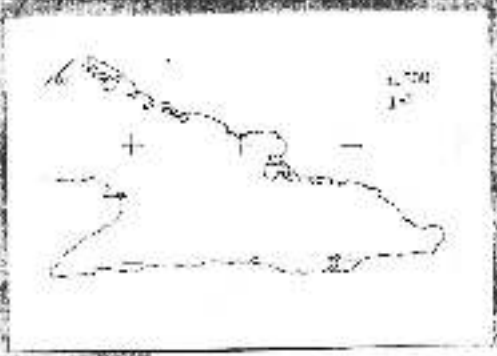


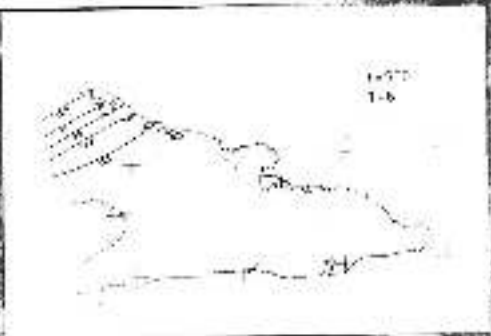




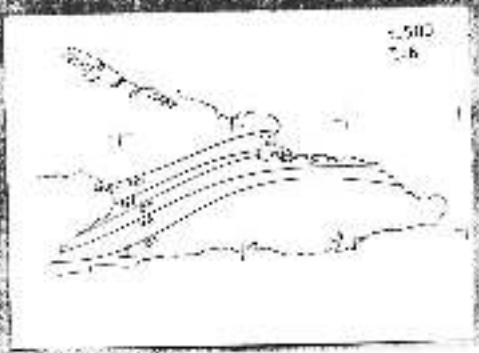


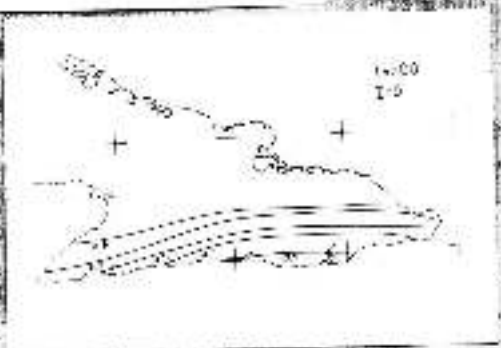




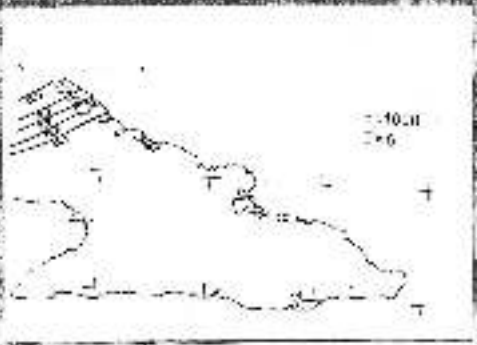


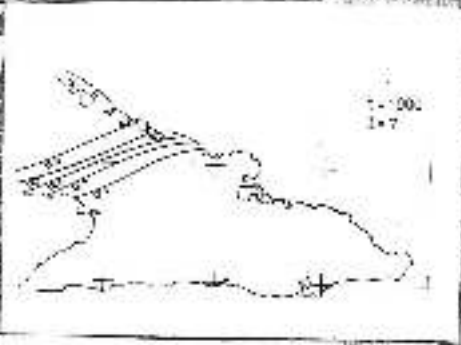


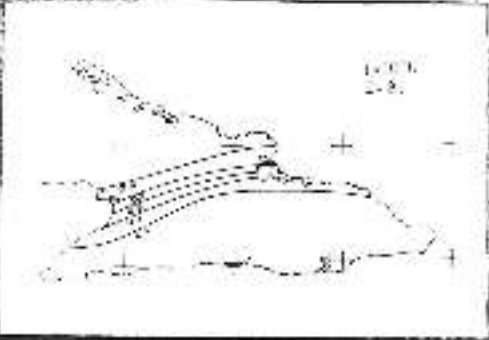








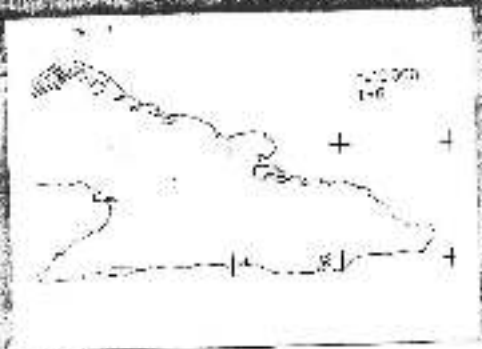


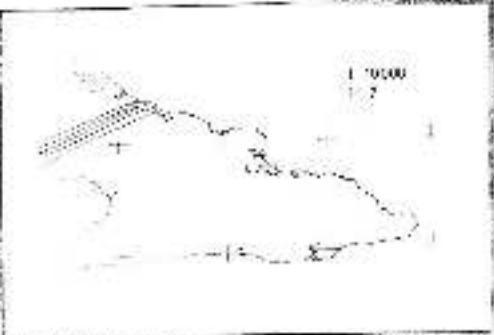


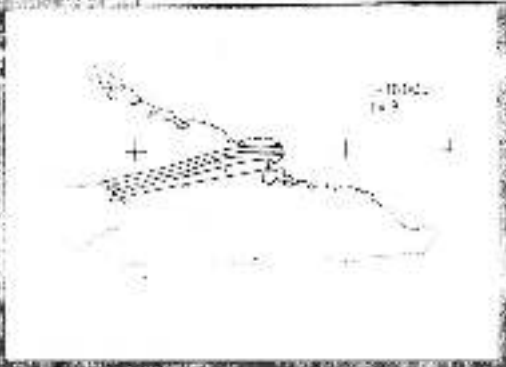
J00539



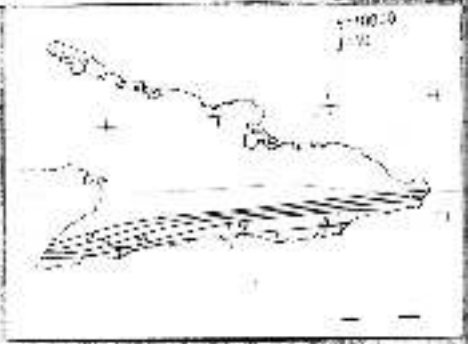




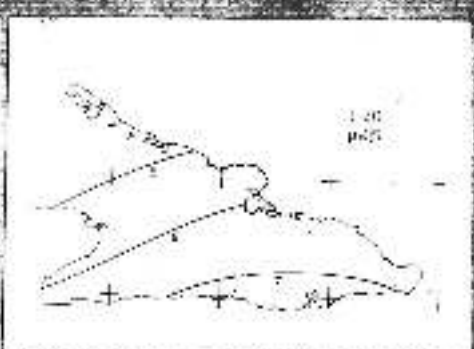


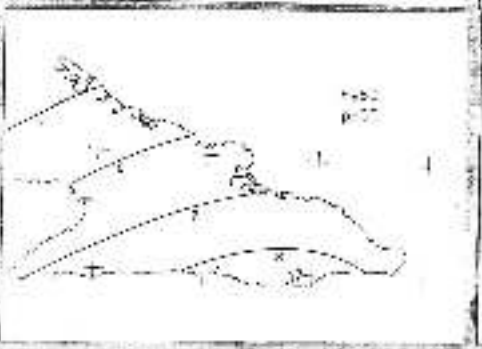


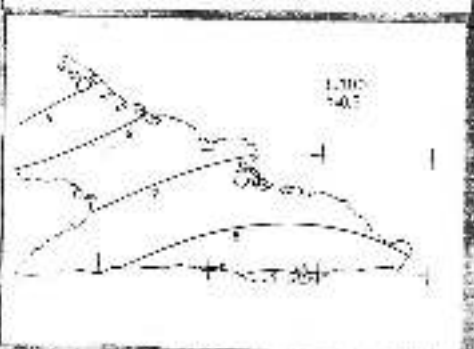






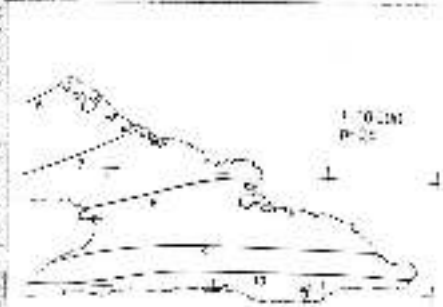


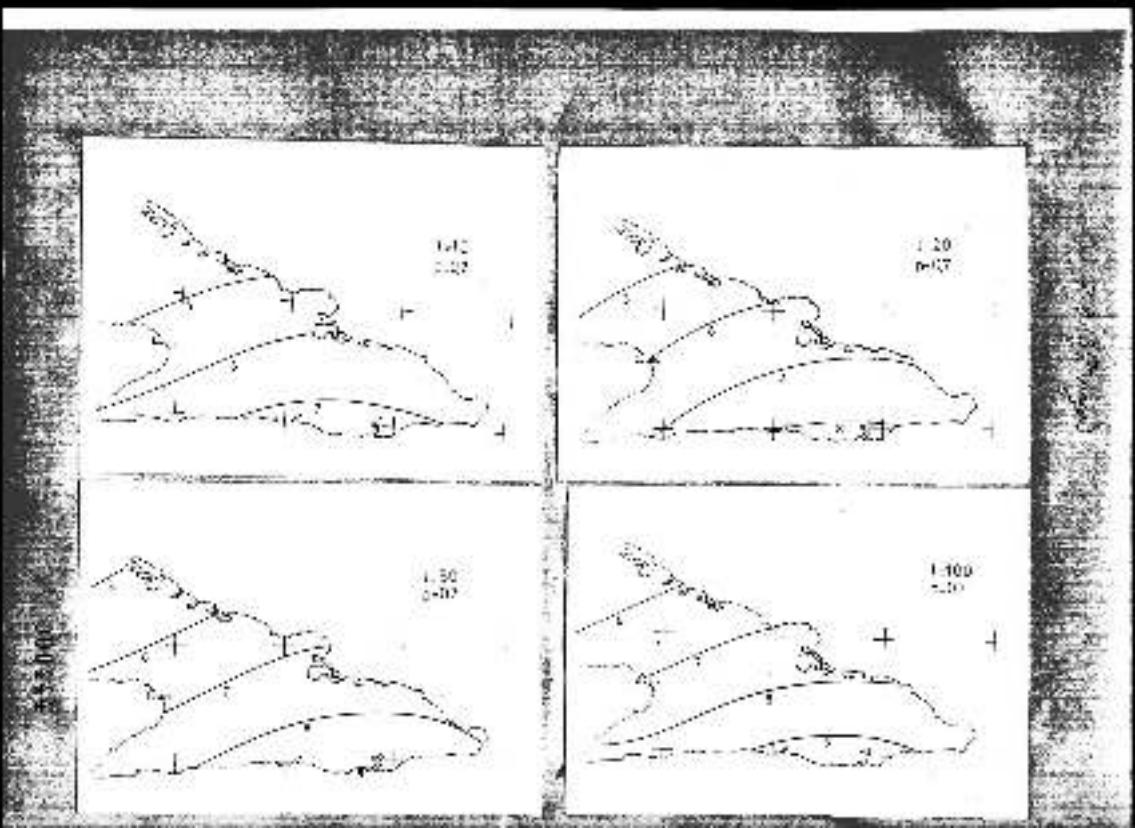


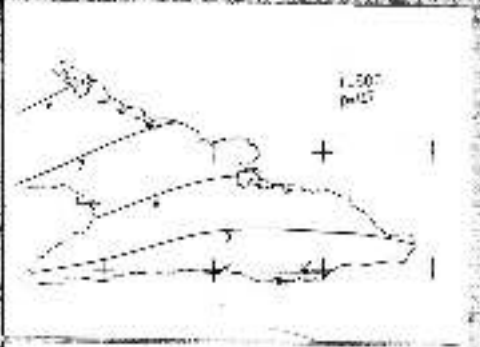


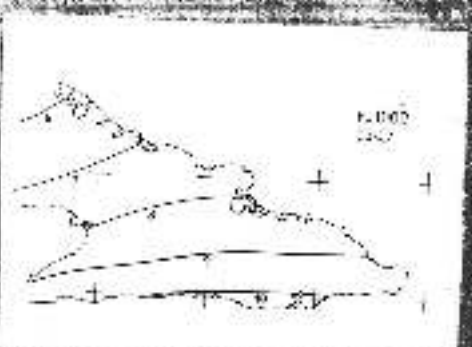


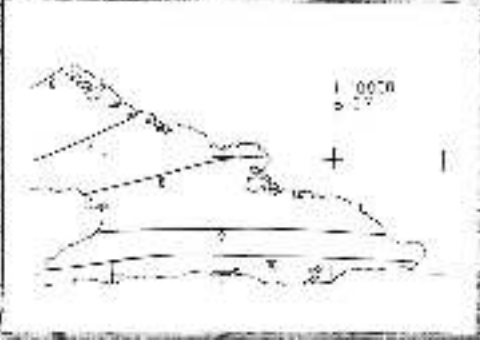






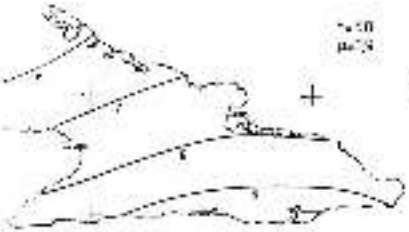


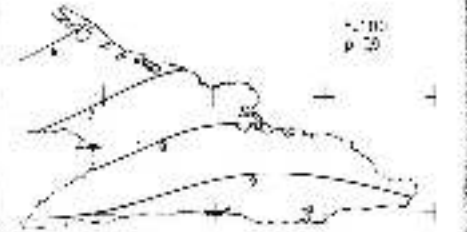


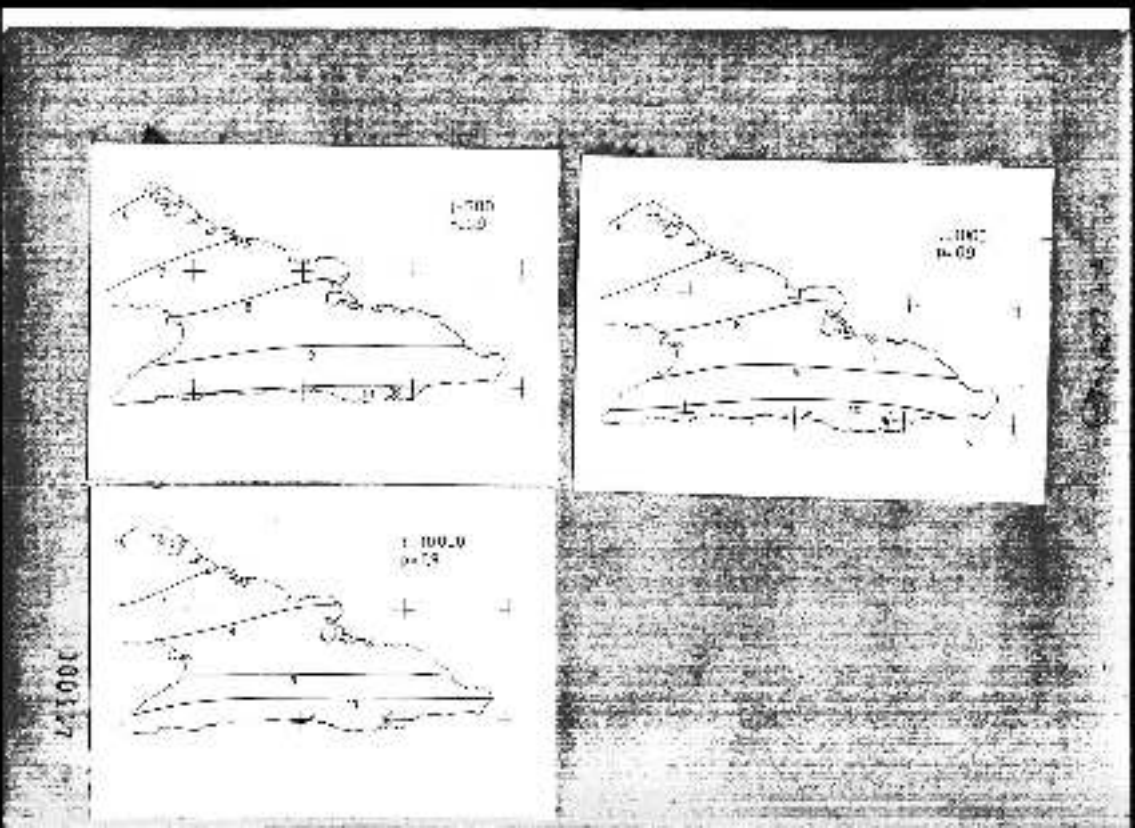




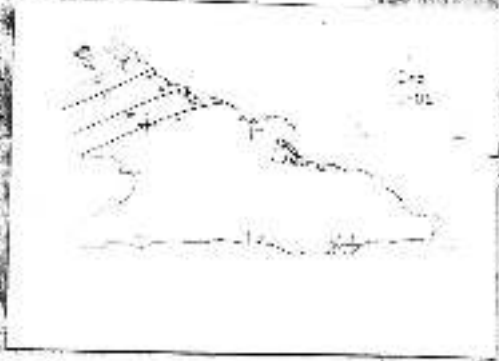


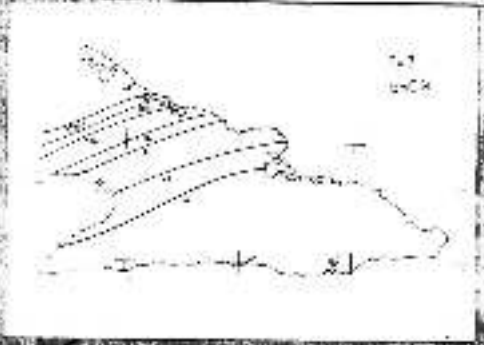




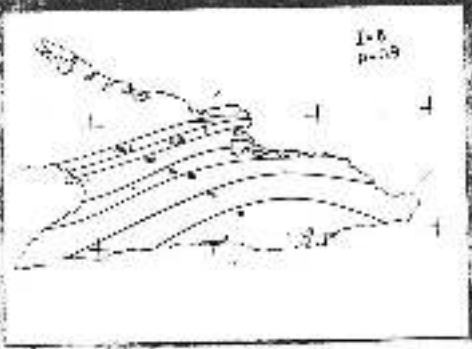


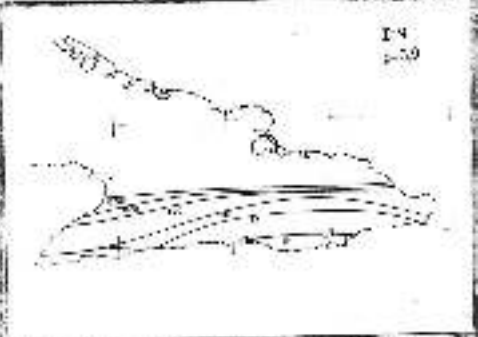


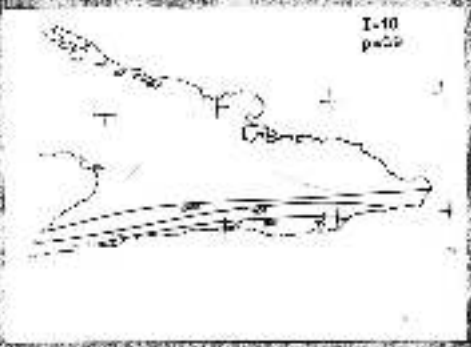




000448

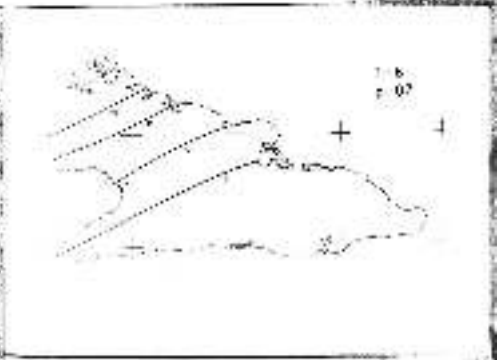


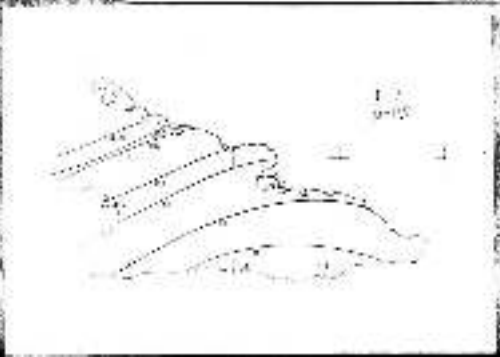




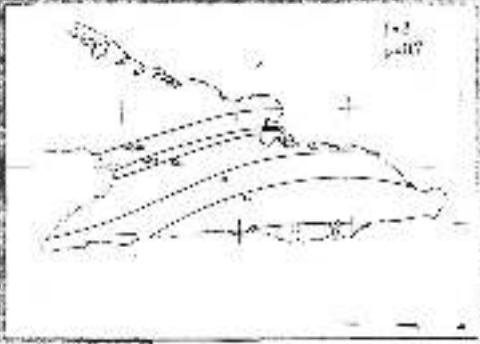
100449







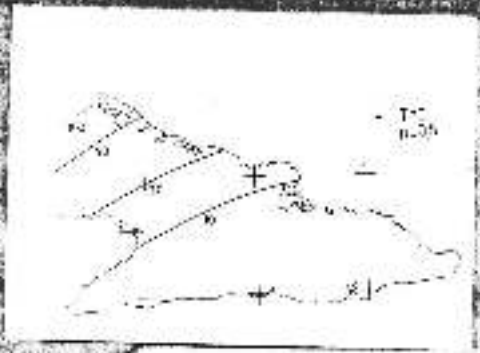
100450

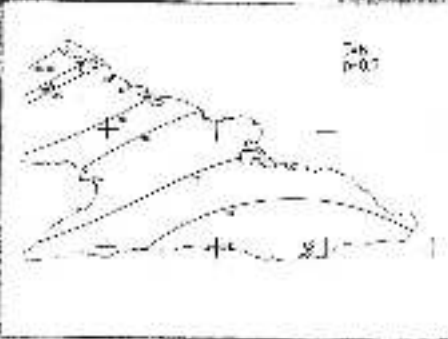


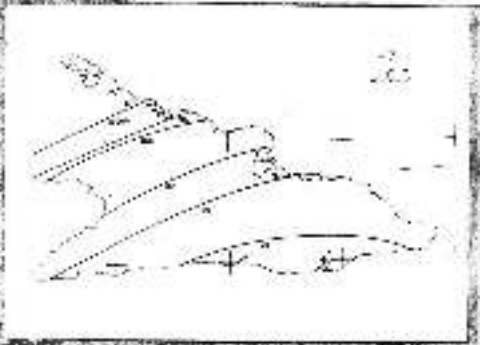




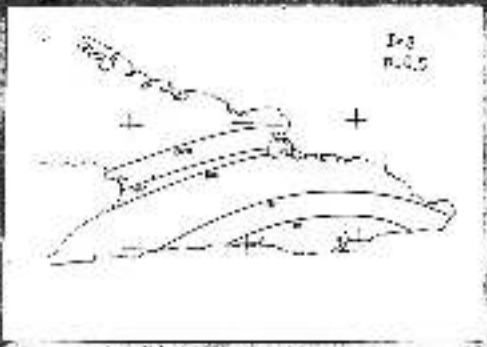
100451







100152





100453

000454

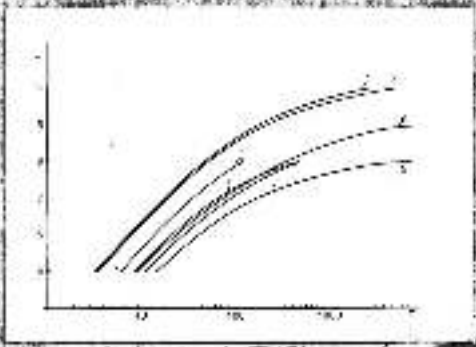


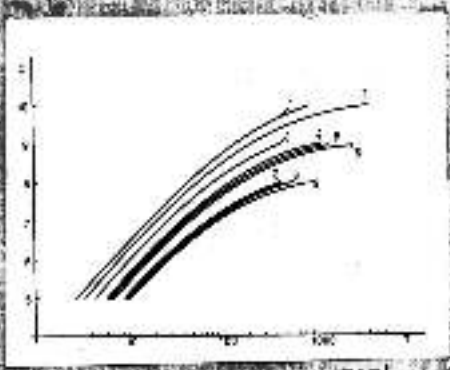
100455

7.3.4 Estabilidad de los estimados de verosimilitud

Cuando el [illegible] se [illegible] a la [illegible] de verosimilitud [illegible] [illegible] [illegible]







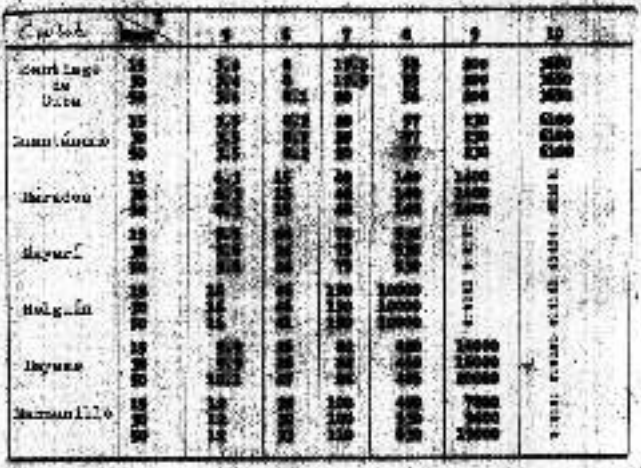


tabla 7.2

Tabla 7.2 - Duración de los periodos de sequedad por meses en la provincia de Loja en la zona 4

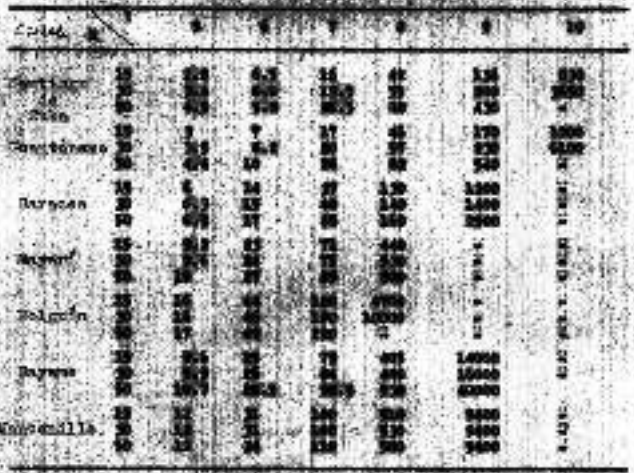


Tabla 3 - Variación de los porcentajes de saturabilidad por cambios en la profundidad en la zona Pyrite

Capas	5	6	7	8	9	10
Santiago	1.4	0	15.5	20	200	3000
20	1.4	0	15.5	20	200	3000
Cobo	1.4	0	15.5	20	200	3000
Grano de Oro	2.2	0.2	20	25	250	6000
	2.2	0.2	20	25	250	6000
	2.2	0.2	20	25	250	6000
Burgos	0.2	15	20	200	2000	-
	0.2	15	20	200	2000	-
	0.2	15	20	200	2000	-
Mayarí	2.2	20	20	250	-	-
	2.2	20	20	250	-	-
	2.2	20	20	250	-	-
Holguín	1.2	20	20	200	20000	-
	1.2	20	20	200	20000	-
	1.2	20	20	200	20000	-
Bayamo	2.2	2.2	20	200	20000	-
	2.2	2.2	20	200	20000	-
	2.2	2.2	20	200	20000	-
Manzanillo	1.2	2.2	20	200	2000	-
	1.2	2.2	20	200	2000	-
	1.2	2.2	20	200	2000	-

Tabla 3.4

Tabla 3.4 Variación de los parámetros de resistividad por capas en la profundidad en la zona 4 (Ω-m)

1979

[illegible] se puede evidenciar que la influencia de este [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] de Cuba y Guatemala, la cual es [illegible] por la formula del [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

Ciudad	5	6	7	8	9	10
Santiago de Cuba						
Granada						
Barcelona						
Málaga						
Holguín						
Bayamo						
(illegible)						

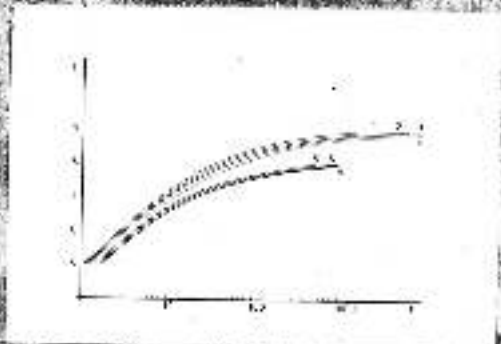
Tabla 7.5 Variación de los precios de accesibilidad por acción en la relación A/S de la zona 2.

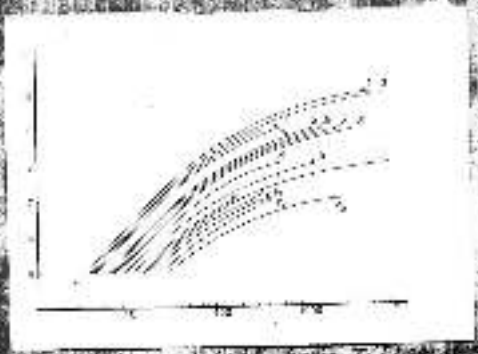
000163

Ciudad		5	6	7	8	9	10
Gumersindo de Cádiz	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0 0.5 0.1	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Cantábrico	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Asturias	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Vigo	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Bilbao	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3
Santander	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	0.1 0.2 0.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3	1.1 1.2 1.3

Tabla 7-6

Tabla 7-6 - Variación de los periodos de movilidad para sondeos en la zona 2 (SPT)





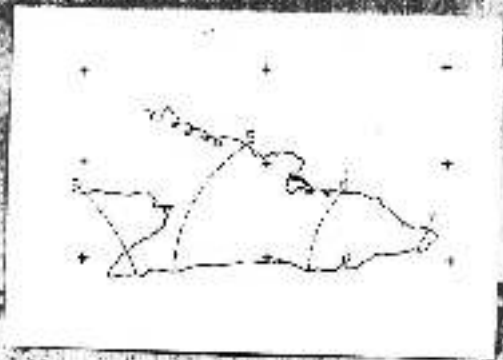
100465

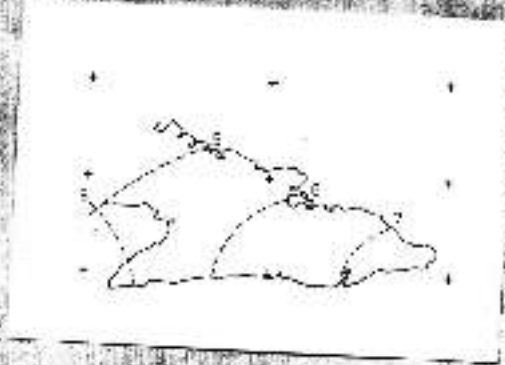
Cubic	AVP	7	8	9	10	11	12
Santiago de Cuba	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	1140 1140 1140 1140	80 80 80 80	800 800 800 800	3600 3600 3600 3600
Guantánamo	114 114 114 114	114 114 114 114	8.1 8.1 8.1 8.1	80 80 80 80	57 57 57 57	570 570 570 570	5100 5100 5100 5100
Bayamo	114 114 114 114	6.2 6.2 6.2 6.2	15 15 15 15	90 90 90 90	120 120 120 120	1200 1200 1200 1200	- - - - - - - - - - - -
Manzanillo	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	72 72 72 72	530 530 530 530	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
Holguín	114 114 114 114	15 15 15 15	8 8 8 8	120 120 120 120	12000 12000 10000 10000	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -
Cayo's	114 114 114 114	114 114 114 114	8 8 8 8	83 83 83 83	440 440 440 440	10000 10000 10000 10000	- - - - - - - - - - - -
Manzanillo	114 114 114 114	12 12 12 12	12 12 12 12	120 120 120 120	530 530 530 530	5400 5400 5400 5400	- - - - - - - - - - - -

Table 7.7. Variación de los parches de sus diámetros para cambios en la zona 10 (AVP)

J00466

de la alguna, se ha fijado el mismo procedimiento en la fig. 3.11, de manera que la probabilidad de la variable [illegible] [illegible] [illegible]



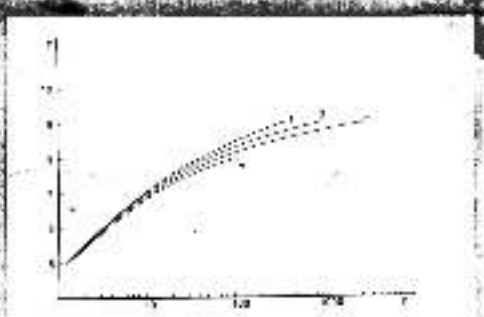


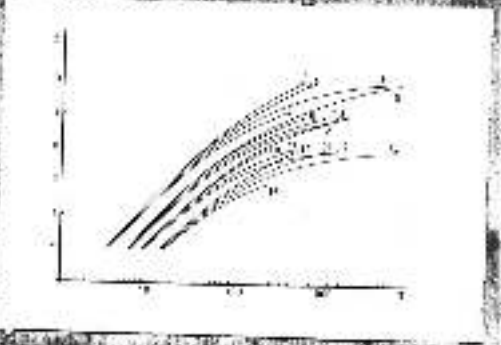
100468

Objekt	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wattiaga le Cito	5.0	5.0	651	30	31	888	2000
	5.1	5.1	0	1.5%	31	891	2000
	5.1	5.1	719	1915	31	899	2000
Giambi-nono	5.0	5.0	653	31	31	230	6300
	5.1	5.0	653	30	31	230	6300
	5.0	5.0	651	30	31	230	6300
Scrosoo	5.0	5.1	35	41	1.4%	1500	
	5.1	5.1	35	40	140	1400	
	5.0	5.0	35	39	130	1300	
Bayerf	5.0	5.0	35	76	130		
	5.1	5.1	34	75	130		
	5.1	5.1	34	73	130		
Belgifo	5.0	15	46	150	10000		
	5.1	15	46	150	10000		
	5.0	15	46	150	10000		
Bayona	5.0	140	47	80	44	10000	
	5.1	5.0	46	80	440	10000	
	5.0	5.0	46	80	440	10000	
Marsaille	5.0	15	33	150	130	5000	
	5.1	15	34	150	130	5000	
	5.0	15	34	150	130	5000	

Tabelle 3-8 Übersicht über [illegible]
[illegible]

1.6





Crucero							
Santiago de Cuba	7:05	3.48	8.8	10	17.5	205	3750
	7:25	3.4	8	10	15	200	3650
	7:45	3.4	8	10.5	15	200	3650
	8:00	3.4	8	10.5	14.5	195	3550
Guantánamo	7:40	3.3	8.3	10	17	220	4100
	7:55	3.3	8.3	10	17	220	4100
	8:15	3.3	8.3	10	17	220	4100
	8:30	3.3	8.3	10	17	220	4100
Baracoa	7:35	3.1	8.1	15	40	140	1400
	7:55	3.15	8.1	15	40	140	1400
	8:15	3.0	8.1	15	40	140	1400
	8:30	3.15	8.1	15	40	140	1400
Manzanillo	7:35	3.7	8.7	15	77	130	[illegible]
	7:55	3.45	8.6	15	76	130	[illegible]
	8:15	3.0	8.6	15	75	130	[illegible]
	8:30	3.15	8.7	15	75	130	[illegible]
Holguín	7:35	3.5	15	60	810	80000	[illegible]
	7:55	3.10	15	57	800	80000	[illegible]
	8:15	3.5	15	46	180	80000	[illegible]
	8:30	3.15	15	49	180	80000	[illegible]
Bayamo	7:35	3.5	16.9	100	35	580	[illegible]
	7:55	3.12	16.4	87	6815	505	20000
	8:15	3.0	17.9	58	84	440	15000
	8:30	3.15	17.9	58	80	380	11150
Manzanillo	7:35	3.6	14	34	120	2100	[illegible]
	7:55	3.10	13	33	110	720	23000
	8:15	3.0	13	32	110	510	9000
	8:30	3.15	12	34	86	430	3900

Tabla 3-9

Tabla 3-9 Volumenes de las parcelas. Se considerando que cambian en el tiempo de n^3 = Nmax + a Nmax en la parcela N

Cuenca	5	6	7	8	9	10
Nuevo Alto de Cuba						
Orientá-nuevo						
Bermeo						
Mayord						
Bellavista						
Bayamo						
Manzanillo						

Tabla 7-11

Tabla 7-11 Variación de las pendientes de equilibrio para caudales de 5 a 10 veces el Q Medio en la Cuenca 1 (m/km)

000479

Cobab	Bloc I	5	6	7	8	9	10
Hertingo de Cobo	7.75 E1	3.4	0	10	55	550	3300
	8 E2	3.4	0	15.5	55	860	3300
Montélimar	7.75 E1	3.9	0.3	10	70	770	5500
	8 E2	3.9	0.3	10	97	1350	5500
Tarascon	7.75 E1	8.3	15	45	200	1900	"
	8 E2	8.3	15	45	140	1400	"
Nyons	7.75 E1	9.6	20	75	170	"	"
	8 E2	9.6	20	75	170	"	"
Volgelin	7.75 E1	16	40	230	10000	"	"
	8 E2	16	40	230	10000	"	"
Bayeux	7.75 E1	10.4	25.3	60	440	10000	
	8 E2	10.4	25	60	440	10000	
Mayenne-lle	7.75 E1	18	32	100	530	9400	
	8 E2	18	32	100	530	9400	

Table 7-12

Table 7-12 Valeurs de la pression de circulation relevé par sondages au cours de la 1ère et 2ème année (N1) et (N2)

Nom du sondage	a	b	$\Delta' = b/6.05$ N1	$\Delta' = b/6.05$ N2	$\Delta'' = b/6.05$ N1	$\Delta'' = b/6.05$ N2
1a + 2a	2.68	0.65	2.73	0.5	2.83	0.4
4a	2.88	0.82	2.13	0.37	2.83	0.47
4a	2.32	0.48	2.37	0.33	2.87	0.43

Table 7-13

Table 7-13 Paramètres pour la détermination de la variation de la pression de b' pour N2 (N1+5) et (N1+10) années

[illegible] en las [illegible] se [illegible] una [illegible] [illegible] [illegible]

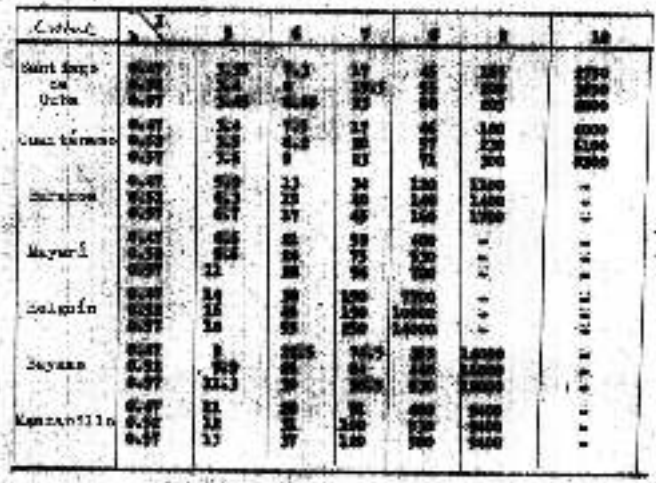


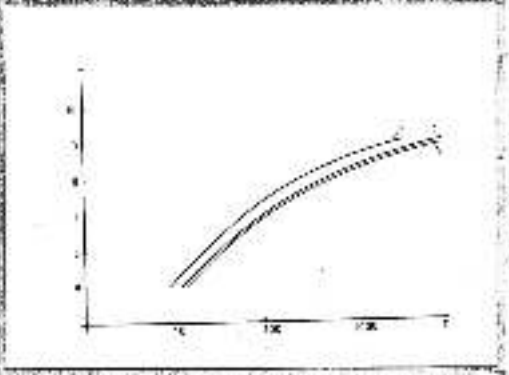
Tabla 7.14 Valores de los parámetros de
resistividad por sondeo en el valle de
Ayala, Morelos

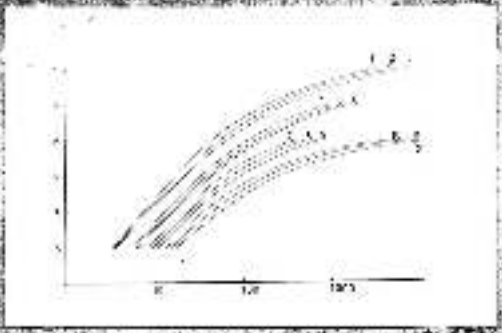
Espèces	$\frac{I_0}{h}$	5	6	7	8	9	10
Rhodophycées	0.45	3.4	7.9	19.5	55	200	3650
	0.48	3.4	8	19.5	55	200	3650
	0.53	3.4	8.09	20	55	200	3650
Cyanophycées	0.43	3.5	811	20	57	230	6100
	0.48	3.5	8.3	20	57	230	6100
	0.53	3.6	8.3	20	57	230	6100
Chlorophycées	0.43	6.1	14	37	130	1300	–
	0.48	6.3	15	40	140	1400	–
	0.53	6.5	16	42	150	1400	–
Phéophycées	0.43	9.3	24	72	530	–	–
	0.48	9.6	24	75	530	–	–
	0.53	9.7	25	75	530	–	–
Rhodophycées	0.43	15	40	130	10000	–	–
	0.48	15	46	130	10000	–	–
	0.53	15	46	130	10000	–	–
Cyanophycées	0.43	9.8	25	83	440	14000	–
	0.48	9.9	25	84	440	14000	–
	0.53	10.46	25.5	84	440	14000	–
Chlorophycées	0.43	13	32	100	530	9400	–
	0.48	13	32	100	530	9400	–
	0.53	13	32	100	530	9400	–

Tableau 6 : Détermination de la profondeur de compensation pour différentes espèces et différentes valeurs de $\frac{I_0}{h}$ (voir fig. 6)

	$\frac{I_0}{h}$	5	6	7	8	9	10
Rhodophycées	0.4	3.35	7.35	19.3	51.5	190	3650
	0.45	3.4	8	19.5	55	200	3650
	0.5	3.5	8.1	20	55	200	3650
Cyanophycées	0.4	3.4	7.9	19	56	230	6100
	0.45	3.5	8.3	20	57	230	6100
	0.5	3.6	8.3	21	58	230	6100
Chlorophycées	0.4	6.1	14	38	130	1300	–
	0.45	6.3	15	40	140	1400	–
	0.5	6.4	15	41	150	1400	–
Phéophycées	0.4	9.5	22	72	530	–	–
	0.45	9.6	24	75	530	–	–
	0.5	9.8	25	75	530	–	–
Rhodophycées	0.4	14	40	130	10000	–	–
	0.45	15	46	130	10000	–	–
	0.5	17	47	200	10000	–	–
Cyanophycées	0.4	8.1	20.5	62	310	13000	–
	0.45	9.9	26	84	400	16000	–
	0.5	10.5	27.5	90	420	18000	–
Chlorophycées	0.4	8.7	22	64	320	3800	–
	0.45	12	31	100	530	9400	–
	0.5	13	35	120	650	13000	–

Tableau 7 : Profondeur de la zone de compensation (exprimée en mètres) en fonction de $\frac{I_0}{h}$ (voir fig. 6)





000478

6) CONCLUSIONES

De lo visto hasta aquí, resulta evidente que el papel fundamental en la estimación de los períodos de sacudibilidad lo juega la zona I_2. Dichos períodos dependen fuertemente de la determinación de las curvas características de los espectros en esta zona, ya sean la profundidad, la amplitud máxima, el parámetro b o el modelo de Housner. Esto se explica por el hecho de que la zona I_2 es la más activa y casi siempre predominante en el espectro de la región. La variación de los parámetros de las zonas restantes, influye en la práctica casi solamente sobre los espectros obtenidos en sus cercanías. El orden de influencia es: I_1, I_3 y I_4.

Se debe señalar el carácter variado de la influencia de los diferentes factores. La profundidad influye sólo sobre las regiones próximas a la zona CF. La excentricidad de los elipsoides del modelo de Housner tiene una mayor influencia en las regiones alejadas (en sentido transversal a la zona CF). En el caso de Mmax y b, su influencia es general en toda la región.

En el caso general, una disminución de la profundidad, del parámetro b, o de la relación A/B provoca una disminución de los períodos de sacudibilidad, mientras que la disminución de Mmax provoca un aumento de los mismos. Es de hacer notar que la variación de todos estos parámetros no sólo se refleja en el valor de los períodos de sacudibilidad, sino también en el valor de la intensidad máxima.

Señalemos, por último la calidad de los materiales utilizados para los cálculos de sacudibilidad, recomendando ampliar en el futuro el tamaño de la estadística de casos reales existentes a un perfeccionamiento posterior de los datos iniciales para las estimaciones de peligrosidad sísmica.

Los resultados aquí presentados constituyen una primera aproximación y deben ser tomados con investigaciones posteriores.

300479

7.4 Actividades mineras para el área del territorio nacional

7.4.1 Primera aproximación a la problemática por medio de 71 áreas de interés dentro del territorio nacional.

La exploración de un área de tal magnitud, como periodos de investigación de los recursos minerales, para el [illegible] de los organismos constructores del país. El primero de estos [illegible] en el atlas nacional de Chile (Alvarez, H., [illegible]). Al inicio de los trabajos de este tema surgió la necesidad de evaluar el mapa metalogenético con el mismo enfoque regional que, preventivo. A pesar de que en el programa del tema se planificaba la evaluación de este trabajo en la etapa final de su elaboración, con la utilización de datos mejor elaborados, ante una solicitud del [illegible] Comité de Fomento y Planificación del Sector de la Construcción se decidió elaborar un tema de interés práctico por dos motivos para con tal sector de la construcción.

El objeto principal para el cumplimiento fue el siguiente:

-Se seleccionaron del catálogo de datos aquellos [illegible] más [illegible] por [illegible], [illegible] [illegible] que se investigaban [illegible].

-Para [illegible] [illegible] se [illegible] la [illegible] [illegible] [illegible].

-Se utilizaron los mapas geológicos, hidrogeológicos, [illegible], topográficos y de [illegible] para [illegible] a realizar en forma general la distribución de los diferentes tipos de rocas, de las características propias de los [illegible] geológicos por [illegible], de aquellas en las aguas, de las [illegible] [illegible] y explotadas, de la actividad de los [illegible] y de la [illegible] y [illegible] del territorio nacional.

-Se analizaron los datos de existencias por [illegible], [illegible], para [illegible] en coordinación con [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] en la región [illegible] de [illegible] [illegible] en el [illegible] (Alvarez, H. Ruiz, V.L., 1971).

[illegible]

El caso obtenido anteriormente en la fig. ( ). En el experimento hecho con transmisores desde 3 hasta 8 pares, así bajo las mismas condiciones de [illegible] se obtuvieron con un mayor [illegible] (V). Este trabajo fue publicado en la revista [illegible] en Cuba en el [illegible] y una versión ampliada del mismo se incluyó en el informe de la tesis de [illegible]

Una evaluación más completa de este trabajo, y la investigación a nivel [illegible] [illegible] en el artículo de los resultados de Alonso en Brasil en [illegible] y Montenegro-Aguilar, Daniel en noviembre-diciembre de 1982, permitieron completar el caso de [illegible] eliminando los casos [illegible] [illegible].

El [illegible] [illegible] [illegible]



Fig 3.12 Resultado manual del mapa de sustentabilidad por distritos municipales.



Fig 3.13 Resultado manual del mapa de sustentabilidad por distritos turísticos

200482

100193

7.4.2 Estimación preliminar de peligrosidad sísmica para las provincias de Cuenca y Sierra de Avila y para la región circundante.

7.4.2.1 Provincias Cuenca y Sierra de Avila.

ESTRUCTURA GENERAL DE LA REGION

El territorio objeto de estudio presenta el relieve más lleno de nuestro país, dando las llanuras denudativas el rango distintivo de su geomorfología. Los niveles hipsométricos se representan entre los 200 - 400 y 1.600 - 1.800 m., contrastando con gran dependencia morfológica de los potentes pliegue-estructurales. Del mismo modo este territorio presenta una gran heterogeneidad territorial, pudiéndose distinguir 5 unidades geotectónicas, que en algunos casos pueden subdividirse en unidades estructuro-facieles de segundo orden (Cuenca, Teruel, ATC, Prat, Gil, AC, 1978).

Las unidades geotectónicas (fig. 14) son:

1. Margen Continental de Iberia
2. Sitiegrafo Ibérico Antiguo
3. Arco de Islas Volcánico
4. Cuenca Plataforma
5. Plataforma Moderna

El Margen Continental es el territorio comprendido entre la pen-

160484

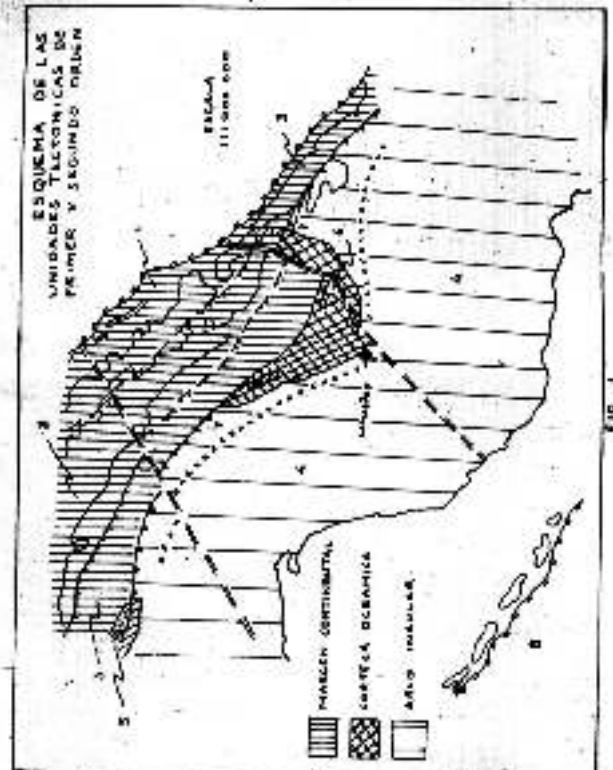


FIG. 1

Figura 1. Esquema de las unidades tectónicas de primer y segundo orden. Escala original 1:1 000 000.

1. Zona Axial Viejo de Guatemala, 2. Zona Chyo Coco, 3. Zona Intermedia, 4. Zona Este, 5. Zona Transicional, 6. Zona Placentes, 7. Zona de mayores deformaciones, 8. Frontera de la Placa Cocos Insular.

000485

cián con la Plataforma de Bahamas y la Falla marginal de Cabo Cruz. Esta unidad geotectónica se subdivide en 2 zonas estructurofaciales sobre la base de la composición y estructura de las secuencias que la componen. En todas estas zonas predominan las rocas carbonatadas del Mesozoico que yacen sobre un basamento de carácter continental que se encuentra a una profundidad comprendida entre los 14 y los 25 Km.

La Litofacies Ofiolítica Antigua representa el afloramiento de la antigua corteza oceánica. Está constituida por un complejo de rocas ofiolíticas (clinopiroxenitas, gabroides, etc.) y posee una estructura de "mélange" o "mezcla tectónica" sumamente complejo [illegible] litas se encuentran intercaladas sobre las rocas del Margen Continental que han sobrevivido al Overthrust.

A la zona geotectónica correspondiente al área de Islas Volcánicas pertenecen todas las rocas volcanógeno-sedimentarias e intrusivas del Overthrust de Cuba. Las secuencias del complejo volcanógeno-sedimentario poseen un espesor de 12 a 15 Km. aproximadamente. [illegible] La estructura de las rocas mesozoicas del área Volcánica es monoclinal, con un rumbo E - W y NW - SE. El flanco de esta monoclinal se encuentra cubierto por depósitos intrusivos y estructuras plicativas más jóvenes.

La Cuenca Plataforma comprende a las unidades antes mencionadas y representa la llamada etapa de "estabilización", durante la cual la antigua Litofacies Oceánica conjuntamente con el antiguo área de Islas Volcánicas, se sumergieron al Margen Continental y pasan a formar un nuevo basamento. Esta etapa culminó en el Mioceno Superior. La cobertura depositada sobre el nuevo basamento está constituida por rocas clástico-terrígenas y carbonatadas, y en algunos casos se encuentra intensamente deformada, particularmente lo que yace sobre el margen continental, observándose capas y pliegues. La parte que yace sobre el área Volcánica y la Litofacies Oceánica Antigua presenta una estructura plegada y algo fallada por fallas de rumbo SW - NE, NE - SW y N-S.

Sobre el nuevo basamento se desarrolla la llamada Plataforma Ac-

000486

áreas, en lo que durante su evolución predominaron los movimientos verticales oscilatorios que han deformado las secuencias de rocas carbonatadas-terrígenas sobre yacentes.

Debido a que los contactos entre las unidades geotectónicas están constituidos por fallas profundas con una historia geológica compleja, que forman una compleja red de estructuras de diferente orden, la cual es responsable de la actividad sísmica propia de este territorio.

b) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SISMICIDAD DE LA REGIÓN

Los primeros reportes de sismos históricos producidos por terremotos en la antigua provincia de Camagüey, integrada por las actuales provincias de Camagüey, Ciego de Avila y la parte occidental de Las Tunas a partir de la nueva división político-administrativa de 1975, se remontan a los inicios de la segunda mitad del siglo XVIII, correspondiendo a la antigua localidad de Puerto Príncipe (actual ciudad de Camagüey), [illegible].

En la figura 2 se presentan los epicentros de los sismos, instrumentales [illegible] que estos macrosísmicos como instrumentales, ocurridos en el territorio de las propias provincias de Camagüey y Ciego de Avila. Los epicentros macrosísmicos señalados en el mapa se determinaron tomando en cuenta los valores mayores de las intensidades reportadas [illegible]. Los epicentros instrumentales fueron determinados por los registros de las estaciones sismológicas cubanas (ver Tabla No. 1).

En la Tabla 2 se relacionan los sismos instrumentales de los terremotos ocurridos en el territorio en estudio en el período 1969-1988. Debemos señalar que los datos de los sismos registrados en los años 1970-1979 fueron obtenidos del análisis de los sismogramas de la estación Río Carpintero (RIC) situada en la región oriental del país, siendo en la determinación de las magnitudes por las ondas superficiales M_{LH} en ocasiones también los registros de la estación Soroa (SOR), situada en la parte occidental del país. Por esta razón los datos instrumentales con errores e incluso por la ausencia de las estaciones en la operación el registro de los sismos de baja energía, debido a esto los epicentros de la mayoría de los epicentros de los terremotos que no sido posible determinar en esa región presentan los errores propios de los determinaciones con una sola

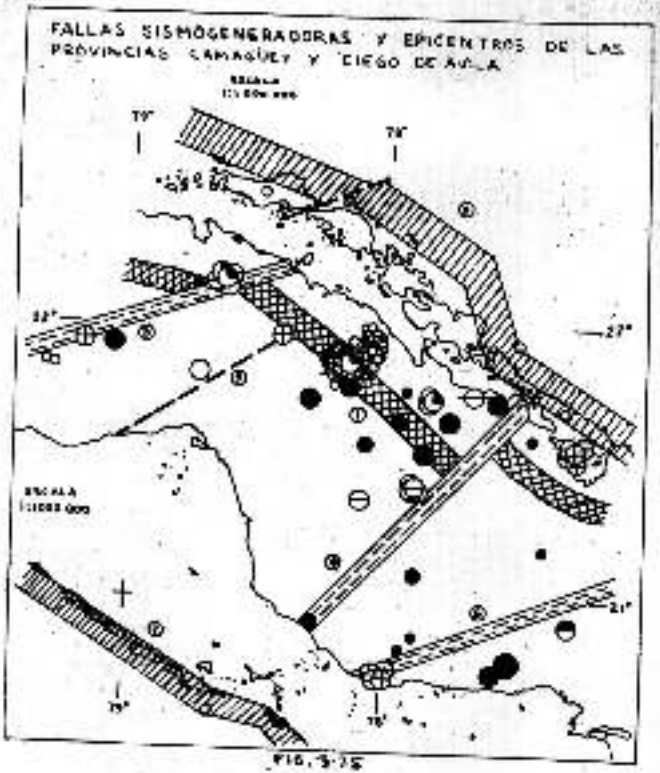


FIG. 5.15

100485

Figura 3.- Mapa sismogeneradores y epicentros de las provincias Camagüey y Ciego de Avila. Escala original 1:1 000 000.

Denominación de las zonas de fallas

① Jobabo
② Fallas submeridianas
③ La Trocha
④ Camagüey
⑤ Esmeralda
⑥ Santa Cruz del Sur
⑦ Sur Ciego

Leyenda

- Falla marginal
- Zona de fallas transversales con desplazamiento lateral
- Zona de fallas menores que dividen áreas levantadas y hundidas
- Falla no clasificada

Epicentros de terremotos por datos macrosísmicos (Escala MSK - 1976)

- sentido
- III grados
- III-IV grados
- IV grados
- IV-V grados
- V grados
- V-VI grados
- VI grados

Epicentros de terremotos por datos instrumentales

Símbolos	Clase energética (K)
●	8,5 - 9,4
●	9,5 -10,4
●	10,5 -11,4
●	11,5 -12,5

○ Epicentros de terremotos por datos de la Brigada "Sandino"

000489

Datos instrumentales de sismos registrados en el terremoto de San Fernando, California y otros de Mexico

No.	Fecha	to(GT)	φ(°N)	λ(°W)	h(Km)	T	θ	θ_{pP}
1	1967 Sep.30	04h12m48,0					3,0	
2	1970 Nov.21	14h28m36,1				10,5		
3	1971 Jul.16	15h26m14,9	21°35'	79°03'	16	11,0	3,4	
4	1971 Nov.01	08h53m57,0	20°46'	77°30'	10	12,3	3,9	4,3
5	1973 Ago.04	21h55m46,7	21°34'	76°56'	10	9,0		
6	1973 Nov.29	14h18m28,0	20°41'	76°58'		9,6		
7	1973 Dic.30	13h23m41,3	20°35'	76°49'		9,7		
8	1974 Nov.13	03h06m40,8	21°39'	77°57'	10	9,7		
9	1974 Feb.10	13h40m06,4				8,8		
10	1974 Mar.23	08h36m32,4				8,7		
11	1974 Mar.27	23h51m12,8	21°34'	78°04'		9,8		
12	1974 Abr.07	22h42m01,6	21°38'	77°51'	16	10,5	3,6	4,1
13	1974 Abr.08	03h18m19,1	21°51'	78°19'	28	11,8	3,95	4,7
14	1974 Abr.30	00h29m41,6	21°46'	78°09'	20	11,9	3,4	4,6
15	1974 May.15	19h46m10,0	21°05'	77°59'	16	10,2		4,4
16	1974 Jun.12	06h56m33,2				9,0		
17	1974 Jul.07	06h58m00,2				9,0		
18	1974 Ago.28	04h01m47,6	21°44'	78°10'	16	11,0	3,7	4,5
19	1974 Nov.15	23h59m20,6				9,3		
20	1974 Nov.17	01h18m58,3	20°44'	77°34'	10	10,3		4,45
21	1974 Nov.27	04h43m06,1	21°05'	77°35'		9,2		
22	1977 Oct.07	05h37m59,4	21°39'	77°45'	16	11,0		4,45
23	1978 Ene.21	21h09m36,5	21°43'	77°34'		11,4		
24	1980 Mar.26	02h05m18,0						
25	1980 Abr.04	20h13m46,4						
26	1980 Jun.10	13h57m17,2	21°11'	77°22'	25	8,3		
27	1980 Jun.18	14h30m42,5				9,1		
28	1980 Jun.28	21h54m03,2	20°52'	77°54'	16	8,6		
29	1982 Nov.01	08h05m13,2				8,8		
30	1982 Nov.10	04h23m36,3	20°55'	78°16'	10	10,5	3,9	4,4
31	1982 Nov.10	17h24m53,1				9,0		
32	1982 Dic.07	13h54m41,6	20°50'	77°55'	10	8,6		
33	1982 Dic.24	19h48m02,1	21°35'	77°35'	10	8,8		

000490

estación, aprovechando la oportunidad y que no correspondía esta estación a las zonas epicentrales, sino las correspondientes pequeñas amplitudes de las primeras llegadas de las ondas P. La profundidad en la región oriental de nuevas estaciones sismológicas y el aumento de la amplificación de los equipos de SISC, permitió una detección de los microsismos de los sismos ocurridos en la fosa con una mayor precisión.

En la tabla III presentamos todos los parámetros energéticos de los terremotos clase excepción de K_c registrados por las ondas superficiales M_{LH} y por las ondas de volumen m_{pv}. De un análisis se puede concluir que los valores de m_{pv} parecen algo subestimados ya que sólo se tuvieron en la estación principal de Santo Domingo (SDG) y otras estaciones de los países circunvecinos, de este rango deben ser representativas para la región del Caribe (Δ). Estos valores de m_{pv} pueden resultar debido al hecho de que no se ha realizado la corrección a la curva de calibración para la región del Caribe, ni tampoco se han determinado las correcciones de estación para las estaciones sismológicas cubanas.

Por otra parte los valores de M_{LH} en comparación con los valores de la K resultan algo pequeños. Esto fue ya observado para el rango de distancias epicentrales pequeñas ($\Delta < 2^{\circ}$) en otras ocurrencias [illegible] lo cual podría ser debido al hecho de que la función de calibración procedimiento no corresponde a las condiciones particulares de la propagación de las ondas sísmicas [illegible].

Se destaca el hecho de que desde Octubre del año 1973 se observa un incremento considerable del número promedio de terremotos registrados en el período de un año, correspondiendo en este incremento al mismo ocurrido el día 2 de abril a las 03h10m15,3 GMT, y que se reportó perceptible en la localidad de Manzanillo con VI grados de intensidad (MSK-1978) (Tablas 1 y 2). Este evento tuvo algunas premisiones y numerosas réplicas, muchas de las cuales fueron perceptibles en esa misma localidad. Con posterioridad el mismo fue instalada en la zona una estación sismológica portátil con ayuda de la cual se registraron eventos de baja energía localizados a una distancia hipocentral de aproximadamente 12 ± 10 Km. (Tabla [illegible])

En el período de referencia se realizaron investigaciones sismológicas profundas en la región mediante la utilización del método "Sanlié", registrándose un gran número de eventos en la zona de Manza-

000591

Tabla I. 7 [illegible]

[illegible] PROPAGACION POR EL [illegible] DE LAS [illegible] PRODUCIDAS POR [illegible] EN LA [illegible] DE MEXICALI DURANTE 1974.

Fecha	Hora local	t_{s-r}	Clase correcta (X)
Jun. 06	18:19:37,0	1,2	-
Jun. 20	01:08:11,4	1,4	5,1
Jun. 18	23:46:03,0	1,6	5,6
Jun. 19*	01:37:00,0	1,4	(6,5)
Jun. 19*	03:57:45,0	1,6	-
Jun. 21	00:30:56,8	1,9	6,8
Jun. 21	00:56:56,2	1,6	-
Jul. 10	13:50:03,4	1,6	5,5
Jul. 13	03:05:28,0	1,9	16,6
Jul. 15*	18:36:49,5	1,7	6,4
Jul. 17	04:17:35,0	1,3	5,3
Jul. 17	17:21:11,0	2,0	(5,5)
Ago. 01	23:27**	2,4	-
Ago. 13	20:20**	1,2	-

* Es reporte perceptible.

** Por dificultades en la marca de tiempo no se dan los segundos.

000492

rada (Fig. 3) las coordenadas determinadas para esos sectores, son mucho más confiables que la determinación de las cifras por los datos de la red de estaciones oficiales, ya que fueron obtenidas mediante un levantamiento de un número considerable de estaciones microsísmicas situadas en el territorio investigado en el transcurso de estos trabajos. La profundidad determinada para estos sismos es de 15 Km. aproximadamente (Shebalin, et al., 1977).

El área afectada por el terremoto principal de esta secuencia abarcó gran parte del territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Avila (Fig. 5). Las isosistas de este sismo tienen forma elíptica, con su mayor alargamiento ubicado a lo largo de la estructura que le dio origen, la zona de fallas Oriente. (Ver descripción [illegible])

Esta estructura fue también la causante del sismo del 26 de junio de 1978, que produjo intensidades de 7 grados, escala MSK-1976, en la zona de Esmeralda, [illegible].

FALLAS MICROSISMICAMENTE ACTIVAS

A pesar de que existen en el territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Avila numerosas fallas de diferente orden, no existen lamentablemente datos sísmicos que permitan reconocer todos los rasgos más particulares fundamentales y su actividad en la etapa actual. Sin embargo uno de los criterios empleados frecuentemente para el reconocimiento de la actividad de una falla es la existencia de epicentros de terremotos que puedan asociarse a la misma / ... No obstante esto se han agregado los criterios tectónicos generales con la ayuda de información microsísmica existente, para la definición de las estructuras (neotectónicas) de la región de estudio.

ZONA DE FALLAS ORIENTE (Fig. 3 y 5)

Esta falla se considera como la estructura neotectónica principal de la región. Constituye la frontera entre el Bloque Continental de Bahamas y la Litosfera Oceánica Antillana en los límites del

700693

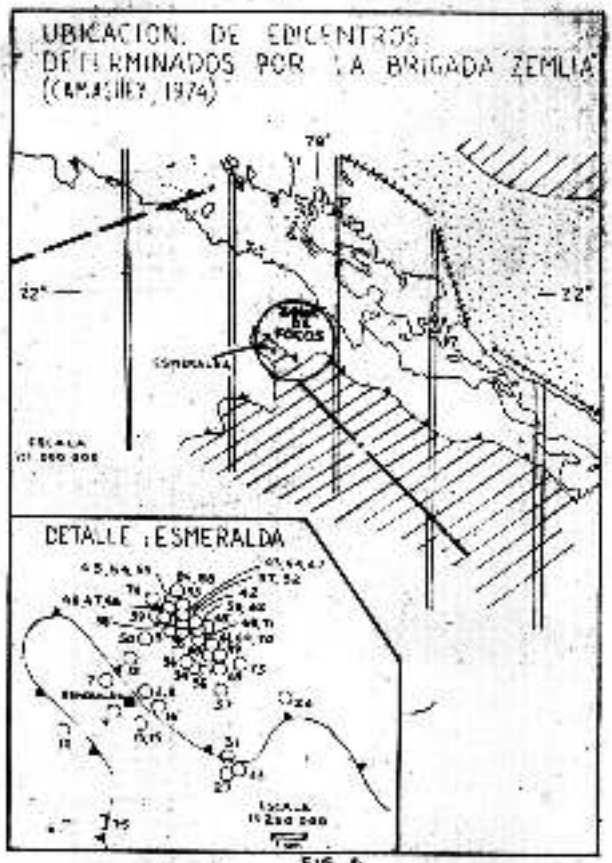

UBICACION DE EPICENTROS
DETERMINADOS POR LA BRIGADA ZEMLIA
(CAMAGUEY, 1974)
79°
22°
22°
ESCALA
1: 250 000
DETALLE ESMERALDA
ESCALA
1: 250 000

FIG. 4

200494

Figura [illegible] Extensión de explosivos determinados por la Brigada "Rumbo" (Camagüey, 1974). Escala original 1:1 000 000.

Leyenda



Bloques hundidos dentro de las zonas de levantamientos y hundimientos menores.



Bloques levantados dentro de las zonas de levantamientos y hundimientos menores.



Zonas de levantamientos regionales.



Zonas de fallas inversas, zonas de fallas y fracturas que dividen áreas de levantamientos y hundimientos.



Flechas de los ejes de levantamiento.

000695

territorio estudiado. Es una falla transversal con un rumbo de NW - SE. Su longitud en la región es de varias decenas de km., estableciendo una conexión de la Sierra Marginal a Falla Principal Cubana. Esta zona de fallas se prolonga hacia el Norte (falla Camagüey) y de forma menos clara, ya que tiene poca manifestación en el relieve, hacia el Este. Su prolongación oriental fue puesta en evidencia por los datos de las investigaciones geofísicas de prospección sísmica por el método de REF (ref) R [illegible] las profundidades de las localidades de Jesús y Minas se interrumpe con la falla Camagüey originándose un codo topónimo, el igual que ocurre en las localidades de Morón con la falla La Leche (Pino Gonzáles Acc, Inst Geol. Ac. Ciencias, 86)

La falla Cubitas presenta una evolución geológica compleja [illegible] el Paleoceno, Eoceno y Mioceno [illegible] (Pardo Geol. Cuba, Acc, Inst Geol. Ac. Ciencias, 86) el grado de detalle paleogeográfico [illegible] y el Mioceno Inferior. Posteriormente en el Paleoceno se comportó como falla transcurrente activa. En el Eoceno Medio Tardío (actual) vuelve a [illegible] el límite de sedimentación de los oficilitas por acción de la unidad correspondiente al Bloque Continental. El sobrecorrimiento comprende del NW al NE y su dimensión es amplitud total. Con posterioridad al Eoceno Medio no se han manifestado desplazamientos importantes a lo largo de la falla [illegible]. No obstante, en las rocas y estructuras cercanas se observan deformaciones plicativas posteriores al Eoceno Medio y el plano de falla sufrió una verticalización [illegible] Pardo, [illegible] la se puede interpretar actualmente como una falla de sobrecorrimiento.

A lo [illegible] de fallas Cubitas se asocian en primer lugar los terremotos ocurridos en la zona de Manzanillo en el año 1976, porque la región donde están localizados los epicentros de estos terremotos es la llamada zona de Manzanillo. De esto destacar que en distribución espacial ocurren en área muy amplia a lo largo de la parte occidental de la zona de fallas Cubitas. Las profundidades de los focos de estos terremotos muestran que la alta actividad sísmica manifestada se produjo por la activación de toda la porción oriental de esta zona de fallas, afectando la corteza tanto en extensión como en profundidad.

Esta falla [illegible] es muy [illegible] en las [illegible]

003096

las fallas de Ocampillo y La Trocha, lo que se evidencia en los reportes macrosísmicos de las localidades de Bravo, Dubitas y Ocampillo.

ZONA DE FALLAS SUBMARINAS (Fig. [illegible])

Se ubica al norte de Cuba, extendiéndose a todo lo largo de la Isla. Se le considera como un sistema nuevo de fallas escalonadas (fig. [illegible]), la longitud de esta zona sobrepasa los 1000 Km. y el ancho de la misma es de 15 Km. aproximadamente ([illegible]). En esta zona de fallas transcurriales que sirve de frontera a dos megaestructuras: la primera considerada como un área de continentes nuevos y la segunda como un área de levantamientos nuevos.

A la zona de fallas submarinas se le pueden asociar algunos terremotos cuyos epicentros fueron determinados por las estaciones sismológicas utilizadas en los trabajos de ([illegible]), así como los eventos reportados perceptibles en la localidad de La Gloria ([illegible]). En la ciudad de Bravo se reportan perceptibles varios sismos que pueden ser asociados tanto al sistema de fallas submarinas como a la prolongación de la falla Dubitas. No obstante, la actividad sísmica de esta zona es muy probablemente está relacionada con la zona de fallas submarinas cuya actividad reciente está comprobada por otros métodos.

ZONA DE FALLAS LA TROCHA (Fig. [illegible])

Es una fractura transversal regional con desplazamiento lateral que se manifiesta en la etapa neotectónica ([illegible]) y considerada como una falla transcortical que sirve de frontera a dos megabloques. Su prolongación en el territorio de la provincia Sancti Spíritus recibe el nombre de falla Sancti Spíritus.

A la zona de fallas La Trocha se asocian los terremotos perceptibles de Jatibonico y Sancti Spíritus ([illegible]), así como los sismos perceptibles de la localidad de Manaca, pueden ser asociados a la intersección de esta falla con la falla Dubitas.

ZONA DE FALLAS CAMAGUEY (Fig. [illegible])

Es una fractura transversal regional con desplazamiento lateral que afecta toda la corteza terrestre y constituye la fractura entre

100297

...engalenses (fig. ...). Tiene una longitud en tierra de 140 Km. aproximadamente. En las inmediaciones de las localidades de Alcaudete y Bernalo intersecta a la Falla Cubitas (...). Sonia P.C. 1980.

A la zona de Fallas Cenagüey se pueden asociar algunos terremotos registrados instrumentalmente, así como el reportado perceptible en la localidad de Portuchuelo. Los eventos perceptibles reportados en la ciudad de Cenagüey no pueden asociarse a la intersección de esta falla con la Falla Cubitas.

FALLA ESMERALDA (fig. ...)

Tiene poca manifestación en el relieve. Afecta las secuencias de la Cordillaterreforma y tiene una longitud en tierra de 50 Km. aproximadamente (...).

A la Falla Esmeralda se puede asociar el evento perceptible reportado en la ciudad de Ciego de Avila.

FALLA SANTA CRUZ DEL SUR (fig. ...)

Es una flexura transversal con desplazamiento lateral que afecta parte de la corteza terrestre (cortical) y sirve de límite entre dos bloques. Su longitud en tierra es superior a los 150 Km. (...).

A la Falla Santa Cruz del Sur se pueden asociar algunos terremotos registrados instrumentalmente, así como los eventos perceptibles reportados en las localidades de Santa Cruz del Sur y Jobabo.

ZONA DE FALLAS PROFUNDAS NO CUBIERTAS (fig. ...)

Es una zona de fallas profundas que se extiende a todo lo largo de la costa sur de Cuba. Está considerada como un sistema de fallas nuevas neotectónicas cuya longitud sobrepasa los 1000 Km. (...).

A la zona de fallas profundas no cubiertas se le pueden asociar algunos eventos registrados por las estaciones sismológicas de la Empresa "Geólit" (...).

CONCLUSIONES

A pesar del error que introduce la determinación de los epicentros, utilizando en la mayoría de los casos el registro de una sola

004199

en zonas relativamente alejadas, se observa correspondencia entre las estructuras sísmicas activas y la distribución espacial de los terremotos. Se observa además que los terremotos están agrupados en un segmento a lo largo de la falla marginal de Cubitas y en los sitios sísmicos originados en las intersecciones de las fallas transversales más jóvenes con esta estructura principal. Sin embargo, de acuerdo con los datos utilizados, se evidencia que los epicentros localizados en los alrededores de las fallas Cubitas y la Trocha tienen un mayor predominio respecto a los demás.

La estimación del grado de peligrosidad de las fallas consideradas activas de la región objeto de estudio es difícil, ya que hasta el momento no se han realizado las investigaciones geológico-geofísicas y geodésicas correspondientes. No obstante, de acuerdo con la actividad sísmica manifestada por estos accidentes se puede establecer un orden preliminar de peligrosidad sísmica entre ellas.

En primer lugar se sitúa a la zona de falla de Cubitas, destacándose dentro de ella, las zonas de conexión con las fallas La Trocha y Camagüey. Este último se corresponde con los criterios actuales de que son precisamente las intersecciones de fallas, las zonas donde con mayor probabilidad pueden generarse los terremotos fuertes (ver ahora 7.4.3).

En segundo lugar se sitúan las zonas de fallas La Trocha y Santa Cruz del Sur, y en tercer lugar las fallas Camagüey, zona de fallas submarinas y Sur Cubanas. En cuarto lugar se ubicaría falla Remedios.

Para precisar la potencialidad de los focos generadores dentro de la región de estudio es imprescindible la realización de investigaciones adicionales relativas a la actividad reciente de las fallas y al carácter y la intensidad de los movimientos de las estructuras delimitadas por las mismas /.../. También es necesario precisar los parámetros geométricos de las zonas de falla, tales como longitud, ancho y profundidad, que se utilizarán en las estimaciones de la magnitud máxima posible asociadas a estas estructuras /.../. Para estimaciones de este tipo se requiere además la elaboración de una mayor cantidad de registros instrumentales con un mayor número de estaciones.

006159

[illegible]

[illegible] de la región central [illegible] bajo [illegible] de [illegible] [illegible] [illegible] que [illegible] en la región suroccidental de Cuba (Cuba de Rafael Rubio).

En la región de estudio, la única extensión significativa se encuentra en la localidad de Sierra, y data a partir de 1970 [illegible] de un paisaje de pinares poco se [illegible] permanente, aunque existen algunas [illegible].

[illegible] de [illegible] [illegible] [illegible]

Cuadro T-19

[illegible]

Mes	Hora (HT)	t_{s-r}	M	k	Δt_{s-r}	Δt_{s-r}^{2}
1978 Abr 16	11:17 (*)	[illegible]	[illegible]	-	9,1	82,8
1978 Abr 17	10:34	1,0	-	7,5	-	-
1978 Abr 20	22:07	6,5	-	7,7	-	-
1978 Abr 27	21:56	6,9	-	7,6	-	-
1978 May 31	16:02	10,6	-	9,6	(73,5)	(81,8)
1978 Jun 10	22:58	7,0	-	8,2	-	-
1978 Jun 13	14:15	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 19	14:34	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 28	18:31	1,5	-	-	-	-
1978 Jun 29	18:44	2,0	-	-	-	-
1978 Jun 29	19:59	1,0	-	-	-	-
1978 Jul 19	20:51	2,5	-	-	-	-
1978 Ago 01	05:04	1,0	-	5,9	-	-
1978 Ago 29	09:10	2,0	-	7,4	-	-
1978 Oct 04	10:20	10,0	-	5,7	-	-
1978 Oct 06	01:27	4,5	-	8,7	-	-
1978 Ago 25	07:49	11,0	-	-	-	-
1979 Nov 03	14:34	7,0	-	-	-	-
1980 Mar 02	19:19	6,0	-	-	-	-
1981 Feb 25	22:01	25,0	-	-	-	-
1981 Jun 09	22:36 (*)	-	-	-	-	-
1982 Jun 11	16:16 (*)	-	-	-	-	-
1987 Mar 16	10:10 (*)	22,0	5,0	11,6	2°37'	8°14'
1987 Mar 16	21:12 (*)	24,0	-	-	-	-
1988 Mar 16	21:06 (*)	25,0	-	10,5	-	-
1992 Dic 15	11:31	20,0	-	8,1	2°28'	22°20'

(*) Dato reportado questionable

100501

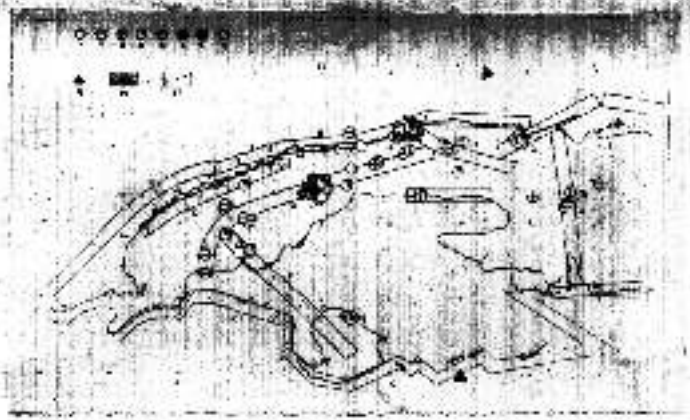


Fig. 7.17

Fallas principales y epicentros de la región central de Chile. Escala de intensidades MSK.

1. Zona perceptible sin especificaciones, 2. Grado de Intensidad VII, 3. Zona de Intensidad IX, 4. Grado de Intensidad X, 5. Grado de Intensidad VI, 6. Grado de Intensidad VII, 7. Grado de Intensidad VIII, 8. Edificio con daños del 40,5 grado en adelante del derrumbe, 9. Epicentro determinado por datos instrumentales sin apoyo macrosísmico, 10. Estructuras almacenadoras, 11. Relleno no antes visto.
A. Zona de falla Pichilemu, B. Sistema de fallas Lonquimay, - C. Sistema de fallas San Ramón, D. Falla Cordillera del Norte, E. Falla Río Claro, F. Fallas Retamas, G. Falla Putaendo, H. Falla Chile de Cordillera, I. Falla Infiernillo.

000502

[illegible]

ICIONES QUE LA CONDICIONAN

La situación territorial de la región occidental de Chile se caracteriza por la presencia de zonas estructuro-ficiales con características diferentes, sobre fronteras geográficamente definidas con faltas profundas (

([illegible] et al., 1973). En ella se destaca la provincia Llanquihue del Río, por su mayor complejidad territorial y una mayor actividad física.

A continuación se describen los principales elementos diferenciadores de la región:

Zona de Valle Río y

La zona de Valle Río (fig. 4.2) constituye un sistema bajo plano todo al sur, sumergiéndose bajo una espesa capa de volcanismo del Volcán Osternorte. El espesor de estos depósitos en el eje de la Depresión Intermedia, es de aproximadamente [illegible] (Hubbard)

Se considera a esta zona la más importante de la región de estudio. Su longitud es de 200 Km. aproximadamente y se extiende a todo lo largo de la provincia Llanquihue del Río.

Esta planicie está constituida por fallas geológicas, fluviales, costinales que se entrecruzan alternando en el relieve, constituciones particularmente en todos los materiales pleistocenos sobre este recién, por lo que gran en alto grado de confiabilidad. En el resto de materiales geológicos de Llanquihue se identifica como una zona de gradiente del tanque [illegible]

1. Sin embargo, en el resto de tanque regional [illegible], existido con una débil zona de gradiente en [illegible]

central [illegible]). En el bloque yukatanio-
del [illegible], correspondiente a la cordillera de Guadalupe,
lo constituyen las calizas pertenecientes. Esto se observa
al Sur de la localidad [illegible], donde el cerro en más cercano
[illegible] al cruzar de manera de los sedimentos jóvenes, en los
que predominantemente están presentes las calizas con propiedades
[illegible].

La zona de falla Pinar se observa en las fotos aéreas
muy claramente ( )
y posee un desplazamiento vertical en el Neógeno-Cuaternario
se estudios de 200 m. (Gallina,). Según los datos
geológicos es posible que haya ocurrido un desarrollo de la
etapa Precuaternario y que en el Neógeno-Cuaternario se haya
reformado ( ).

Algunos autores consideran que existe un eje de fracturas
transversales prolongado de norte a sur (Nivel), que abarca
la sierra del Rosario, la de San Cristóbal, y que se extiende
hasta el Sur, [illegible] sedimentos de la Depresión [illegible]
(SMITH et al., 1967). En algunos perfiles aéreos y cortes
profundos se observa el desplazamiento del eje de la Depresión
hacia el NW (5-5 km) producto de la presencia de estas fallas -
(LOBECK, 1939).

La zona de falla Pinar fue la causante del terremoto del
22 de enero de 1880, que produjo aproximadamente de VIII grados
(MSK) en San Cristóbal y Guaniguanico; así como otros sismos
superiores en estas localidades. Los sismos registrados en Consolación del Sur, Gua Gua y Martinas, Punta de Cartas, Viñales,
[illegible] José Mora, Encrucijadas, Mogote, Pinalón, Valle del Agua,

Cuarto y Cerro [illegible] estructuras (ver Fig. [illegible]).

Sector de Valle Ancho - Cerro [illegible]

Este sector se halla en el extremo [illegible] sur del [illegible] (Alto Cerro de [illegible]), por lo que se prolonga en forma de arco a lo largo del [illegible] sector de la falla ( ). En el sector comienza en una serie de fallas, al perder [illegible], que se continúan unas a otras formando un tren de fallas (Fig. 7.27).

La segunda de las fallas de este sector, se ramifica: en el [illegible] de Cerro Negro en forma de [illegible], donde los primeros afectan [illegible] y [illegible] [illegible], mientras la parte correspondiente al tramo noroccidental de [illegible] (hasta los [illegible] de las [illegible] de [illegible] hacia el [illegible] ( ). Estas estructuras [illegible] claramente en las partes [illegible] que [illegible] el [illegible] al Norte de la Isla (LEVENSEIG,), en algunos casos han producido que los [illegible] depositados [illegible] los estratos [illegible] del Mioceno, lo que muestra su actividad en el [illegible] reciente ( ). Este último es de [illegible] y constituye el límite del Pequeño Cerro (Green,).

En el [illegible] del Cerro Negro [illegible] se presenta otro [illegible] de [illegible] negativas [illegible] ( ), en el extremo de [illegible] de los cerros graníticos del Mar Cerro y el de Viejo [illegible] et al.,) se presenta como una [illegible] de pendientes de 30° orientadas [illegible] este plantón ([illegible]). Estas [illegible] se encuentran [illegible] [illegible] como [illegible] en la

cortical (1983), se sugieren que la profundidad de la fuente que provoca la sismicidad registrada en el sector norte de la península de Samaipata/Valle Grande es de 25 Km., coincidiendo aproximadamente con la base de la capa sedimentaria, es decir con el corte discontinuidad obtenido por la interpretación de los sismogramas de la estación "Tierras" ( ). Por esto razón existe no existe unidad de criterio con relación a la profundidad, aunque esta promedia en la región de estudio es menor a los 30 Km.

A este respecto, se ha podido ver sismos de mayor profundidad (tabla 7.19), así como los registrados en Valle Hondo y Mendez (tabla 7.18), llegando incluso a la profundidad de los sismos ocurridos en Ciudad Tolosa, cuyo foco se origina en la subducción y se relaciona con la falla Tolosa que se describe más adelante.

Sistema de fallas Río Tolosa

Este sistema de fallas principales (fig. 7.27) consta de dos ramas. Una se alinea se prolonga a lo largo de la costa sur de la isla y tiene la configuración de una línea quebrada, que indica en forma definitiva en la formación del volcán - de la costa de esa región. La otra rama se sitúa más al sur y se prolonga casi hasta el límite occidental de la Sierra Lucolau, o bien hasta el archipiélago Cardenas de la Unión, hasta las cercanías de la Isla de la Juventud, y particularmente en la dirección Sureste hasta Cayo Coco, donde ubica parte de esta rama del sector sobre la parte alta del Registro Tolosa y la del Sur, mejora en parte también de la Isla Verdugo ( ).

[illegible] (tabla 7.11), [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

A este sistema se le asocian algunos rasgos estructurales en Juncos, Gómez, Enrique S. Pujato (h) (Fig. 3.10). Se describió, como se citó anteriormente, algunos de los rasgos reportados en Ciudad Bolívar para tratarlos luego en conjunto en esta falla.

Falla Río Negro

La falla Río Negro (Fig. 7.2) es una estructura cortical que afecta la parte superior de la cuenca neocretácica y está considerada como una falla normal de rumbo submeridional (

). Tiene aproximadamente 100 Km. de longitud y de extiende desde la Zona de la Agrupación hasta la parte central del Sur de la provincia Río Negro, con rumbo NW-SE.

A este sistema se le asocian los rasgos reportados en Estancia Garzón, Cerro Pelado, Cerro Colorado y Arroyo de Lajas, así como los señalados en la isla de la Carpeta (Fig. 3.12).

Falla Bahía de Cardales

La falla Bahía de Cardales se manifiesta en las cartas gravimétricas como una zona de fuertes anomalías (

) y se destaca perfectamente en las fotos satelitarias como (

). Esta falla atraviesa la provincia de Entre Ríos y tiene una extensión aproximada de 150 Km (Fig. 7-27).

A este sistema se le asocian los rasgos reportados en Aguapeche, Pelay, Tres de Febrero, La Isabel, Arrecifes y Arroyo Grande (Fig. 3.16).

Falla Concepción del Uruguay

La falla Concepción del Uruguay (Fig. 7.27) se trata también de un rasgo regional y presenta características de actividad tectó-

[illegible]

[illegible] una extensión de 115 ha.

A [illegible] se [illegible] las [illegible] en Baja de Lima y los Jesús (Cuad. 1,19).

c) [illegible] DE LAS [illegible]

La unidad Los Vilos (1/50), la segunda [illegible] de los terrenos pudo ser estudiada a partir de la [illegible] de una estructura diagnostica, bajo la suposición de que la [illegible] total se [illegible] con la [illegible] de ruptura de [illegible], que es una [illegible] de erosión eólica. En nuestro caso, por tratarse de una región [illegible] de cultivo bajo [illegible], esta zona de erosión eólica puede ocurrir [illegible] una vez en 10000 años [illegible] y el valor de la intensidad correspondiente sería [illegible] a la de terrenos rocosos de cárcavas (ANGEATTN, 1963).

Las longitudes calculadas para cada una de los fundos estudiados, corresponden en todo caso a las longitudes críticas de estructuras diagnósticas, determinadas con criterio climatológico y orientaciones, y no las longitudes totales, las que en ocasiones podrían contribuir a incrementar los valores de longitud crítica (LETUNIA, 1972). De esta misma forma, las pendientes de estas estructuras, que alcanzan de hasta una [illegible] en algunos sectores, fueron calculadas sobre la base de los perfiles transversales, de terreno con levantamientos geológicos y geomorfológicos realizados en la región. Esta consideración debería ser objeto de revisión en trabajos posteriores, ya que los criterios utilizados para la [illegible] de las longitudes críticas utilizadas

[illegible] correspondiente a la [illegible] (Fuentes, 1978) y [illegible] Estos procedimientos, en la medida posible determinan la población correspondiente a la segunda de las fases registradas en la región, al considerar el registro de todas las de baja energía.

De acuerdo con los elementos analizados y considerando que serán válidos, siempre que [illegible], en correspondencia con los criterios planteados por WOOD (1956) y ALBARÈDE et al. (1977); se utilizarán las relaciones propuestas por ZOBACK (1976) para la determinación de las magnitudes máximas, en dependencia de los parámetros geométricos de las fallas

$$1{,}8 \log Le - 1{,}4 \leq Mmax \leq 2 \log Le + 6$$

$$Mmax \leq \tfrac{4}{3} \log Ro + 1{,}3$$

donde Le es la longitud de la falla cinematográficamente y Ro es el espesor de la litosfera calculado por la fórmula anteriormente dada (nivel astenosférico activo). Este criterio ya ha sido utilizado en - otras regiones de baja sismicidad de nuestro país (MARTÍNEZ et al., 1983). Los resultados de aquellas evaluaciones, al relacionar los elementos señalados en el epígrafe anterior, se presentan en la tabla 7.2c.

[illegible]	L (Km)	H (km)	[illegible]
Zona de Fallas Pirar	190	25	6,5
Sistema de Fallas Norte-Oriente	-	25	-
Sistema de Fallas Sur Oriente	-	25	-
Falla Bucaramanga	90	25	6,3
Falla Bucaramanga	50	10	6,2
Falla Suaban	90	25	6,4
Falla El Salado	190	10	6,8
Falla Zanja de Corrinos	110	10	6,5
Falla Cumbalarita del Norte	135	25	6,6

4). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

[redacted] ción, entre las que el [redacted] los diferentes estructuras geológicas localizadas en la región occidental. La zona de [redacted] los factores mencionados anteriormente, en los factores mencionados anteriormente, con el criterio adicional - de contar con epicentros de estos sismos o los correspondientes - sismos más cercanos. Este último criterio es el más utilizado - cuando no es posible un mayor procesamiento de los datos instrumentales y con mayor seguridad en esta región, donde casi prácticamente no existen otros datos de los otros mencionados.

De esta forma, de acuerdo con los valores de aceleración máxima estimada Emax, el mapa de peligrosidad de los epicentros discutidos sería el siguiente:

- En primer lugar la zona de Bahía Blanca con Emax = 6,5.

- En segundo lugar las fallas Río Negro, Bahía de Caracoles y Cordillera del Norte, con Emax = 6,0 - 6,5.

- En tercer lugar las fallas Lanalao, Naciamiento y Chicoana, con Emax = 5,5 - 6,0.

- En cuarto lugar los sistemas de fallas Norte-Calchaquí y Sub-Calchaquí, cuyo valor de Emax dependerá de la sección de fallas que se tome en consideración.

Si bien existen otros factores para la estimación de los valores de Emax, en nuestro trabajo fueron escogidos para éste - los mencionados propuestos por Gutenberg, pero existen numerosos, debido a que éstos fueron obtenidos para zonas de características muy diversas, lo cual está en correspondencia con la actividad sísmica local de la región de estudio. Mientras, el conocimiento de los valores de aceleración máxima esperada en los epicentros que han producido los dos sismos más fuertes: 6,0 en la zona de fallas Lanalao y 6,5 en la falla Bahía de Caracoles, y -

[illegible] que los minerales [illegible] [illegible] [illegible]

Los estimados de peligrosidad sísmica asociada a fallas inactivas en los epígrafes anteriores constituyen resultados de interés para la solución de este complejo problema.

En el primero de los casos, el correspondiente a las provincias Cienfuegos y Ciego de Avila, los trabajos son de tipo cualitativo, mientras que en el otro caso, la región occidental, se lograron estimados cuantitativos.

Este tipo de estimado cuantitativo, el cálculo de peligrosidades sísmicas en base a longitudes de fallas, un método nuevo dentro de nuestra tradición de enfrentar el riesgo, sobre todo cuando se realizado sobre la base de datos publicados por otros autores, y no es el resultado de investigaciones específicas.

Por otra parte, la actualización de parámetros sísmicos fuera de la región suroccidental no es todavía suficiente para realizar estimados de peligrosidad en cada una de estas estructuras, condición imprescindible para realizar estimados de peligrosidad sísmica en todo el territorio nacional.

Teniendo en consideración estos factores se decidió no realizar todos resultados en el marco del trabajo.

7.4.) Peligrosidad sísmica referida a los grados de intensidad y aceleraciones máximas.

7.4.1.) [illegible]

En el informe 5.4 [illegible] principales fuentes de información del territorio nacional y clasificarlo de acuerdo a sus actividades sísmicas y características. Además, con todos los terremotos de los que se dispone de información razonablemente confiable se trató de obtener la relación entre la intensidad máxima sentida en cada localidad y la magnitud del terremoto correspondiente. Esta relación se encontró mediante el procedimiento de Gutenberg y Richter en el caso de sismos superficiales en la región de Acapulco y mediante el de Esteva para sismos profundos en la región de Guerrero.

Para la República Mexicana se dividió el país en 4 zonas de igual actividad sísmica, según se muestra en la figura 7.4.1. Las zonas más activas (zona A) son las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, mientras que en la zona D, que comprende la península de Yucatán, no se han registrado sismos de importancia.

Los periodos de recurrencia elegidos para cada zona fueron 25, 50, 100, 200, 500, 1,000, 5,000 y 10,000 años. El primero corresponde al límite inferior de proyecto, y las estimaciones en que basan sobre todo las [illegible] para periodos de recurrencia mayores de 200 años. [illegible] de la República Mexicana, [illegible] de los diferentes periodos de recurrencia [illegible] en la figura 7.4.2. [illegible] de intensidad máxima para cada localidad [illegible] para el periodo de recurrencia [illegible] se muestra en la figura 7.4.3.

El procedimiento para [illegible] en el caso [illegible] de la República Mexicana [illegible] y el valor de aceleración [illegible] para cada región.

7.4.2.) Gráficas de [illegible] para los espectros de respuesta en [illegible] del terreno [illegible].

En la fig. (7.4.4) se muestra el valor de aceleración máxima en roca [illegible] en cada una de las regiones [illegible] en que se dividió el país, [illegible] en el apéndice 5.4 se describe cómo [illegible] para

Para la confección de los gráficos intensidad-frecuencia se consideraron todos los datos de terremotos sentidos en el país. El método de trabajo fue el siguiente:

1. Se recopiló la información del número de terremotos sentidos por localidad. Cada terremoto sólo se tomó una vez, en la localidad en que se reportó la mayor intensidad.

2. Cada localidad se asoció a un punto de alineamiento, en cuya vecindad estuviera ubicada la localidad en cuestión. De todas las localidades podrían ser asociadas a todos, quienes algunas que se denominaron "independientes".

3. Se confeccionó una tabla que reflejaba: zona de sismicidad de alineamiento, punto, localidad, estadística de intensidades sentidas por localidad, el total por punto y por zona y el año del primer reporte. La estadística comprendía los valores de intensidad 3, 3-4, 4, 4-5, 5, 5-6, 6, 7, 8 y carecía de especificaciones.

4. Se realizó una normalización espacial por zona de sismicidad de alineamiento, considerando como tiempo de observación el transcurrido desde el año del primer reporte hasta la fecha. Los datos para la realización de esta normalización fueron agrupados de la forma I=3(3,3-4, omitido sin especificaciones) I=4(4,4-5), I=5(5,5-6), I=6, I=7 y I=8. Se eliminaron las zonas 1a (Isla Wafer), 13, 14, 15, 16 y 17 porque la estadística de intensidades sentidas no permite medidas precisas a raíz de los alineamientos, sino a las zonas asociadas a la depresión Bartlett-Caimán. El terremoto de Bayano de 1956 es un caso polémico, pues por asociarlo la zona a alguna estructura en tierra pasa a la zona Bartlett-Caimán. En la tabla 1.1 se prefirió esta última criterio.

5. Se prepararon las tablas de frecuencias acumulativas experimentales por zona de sismicidad de alineamiento y se confeccionaron los gráficos correspondientes. Los períodos de recurrencia determinados directamente de estos gráficos, son en general muy bajos, motivado en unos casos por la escasez de datos y en otros

Tejo	Mezcla	h	Tmax	Peso en compresión de		
				24	72	96
Nido nivel I	6	25	8	1	1	1
Nido nivel II	5,5	29	7	1	1	0
Nido nivel III	5	28	6	1	0	0

[illegible]

Parámetros para la determinación de la resistencia por nudo. [illegible]

[illegible] Para [illegible] se [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] para periodos de observación.

7. Se decidió agrupar a poblaciones por razones de grupos de zonas, quedando reducido finalmente el gráfico intensidad-frecuencia a 4: zonas 1, 2 y 3; zonas 4, 5, 6, 7 y 8; y zonas 9, 10, 11 y otro grupo de zonas 12. El criterio para agrupar - las zonas fué fundamentalmente por similitud en la orientación y distribución de los alineamientos.

8. Para construcción de cada gráfico intensidad-frecuencia con la estadística de cada zona (desde la 1 hasta la última parte de la 12).

a) Se calcularon los períodos de recurrencia usando valores de 2 a 5, los cuales nos servirán para obtener los valores $T_{2,5}$, esto para ser usado en la estadística para - períodos cuya edad no conocemos. Los períodos de recurrencia para cada zona son mayores en el caso del gráfico para todas las zonas que en el caso de los gráficos por grupos de zonas. Se decidió utilizar los valores obtenidos de los gráficos por grupos de zonas.

b) Para obtener los valores de la recurrencia por todos los grupos se procedió a fijar los valores de probabilidad - y la [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible]

Como [illegible] Tabla Periódica, en cuyo lugar la correlación cobran [illegible] de Mendeleiev, por lo que se [illegible] (anotados con [illegible]) como interpolaciones [illegible] en los valores de la determinación [illegible] en cuanto [illegible] en [illegible] [illegible] [illegible]

Tabla 7.12 Resumiendo la información por medio de frecuencias

Clase	f	—	fr	Densidad de frecuencia	Recuperación de cobre x_i	f_i
1	4,2	-	41	1	81-85	4
2	3,40	4,7*	-	1	77-78	2
3	0	0	-	-	69-73	0
4	2	7,9,10,13	11	1	65-69	2
5	13,15,16	-	-	3	57-61	3
6	-	17	-	1	53-57	1
7	-	14,18	-	-	49-53	2
8	22	20,21,22	23	-	41-45	3
9	-	-	25	1	37-41	1
10	28	26	-	-	33-37	2
11	-	-	-	1	29-33	1
Tot	29	30	31,32,33	1	25-29	1

* Nota que aparece en 4 y 5 simultáneamente

...

...

...

NUDO	A/S	NUDO	A/S
I	1.6	XXII	2.0
II	1.6	XXIII	2.0
III	1.5	XXIV	2.0
IV	1	XXV	1.6
V	1	XXVI	1.4
VI	1.6	XXVII	1.4
VII	1	XXVIII	1.4
VIII	1.8	XXIX	1.6
IX	1.6	XXX	1.6
X	1.6	XXXI	1.4
XI	1.6	XXXII	1.6
XII	1.6	XXXIII	1.6
XIII	1.5	XXXIV	1.6
XIV	1.6	XXXV	1.6
XV	1.5	XXXVI	1.6
XVI	1.6	XXXVII	1.4
XVII	1.5	XXXVIII	1.4
XVIII	1.5	XXXIX	1.6
XIX	1.6	XL	1.6
XX	1.8	XLI	1.6
XXI	1.6		

CUADRO 7.C2 Valores de la relación A/S utilizados en los nudos de discretización.

100522

muy 4 zonas que en la tabla 12 aparecen con un periodo de recurrencia mayor de 300 años para los que no fueron considerados en este caso.

El primero de ellos corresponde a la zona 3, con un periodo de 194±130 años en 8 casos, en 5 y en 6. Se descartó en los cálculos porque la ciudad de La Habana, fundada en la primera mitad del siglo XVI, ningún terremoto sucedido en esa localidad, y los cuales existentes de intensidades antiguas en esta zona corresponden precisamente a dicha ciudad. Nos inclinamos a considerar que buena parte de los sucedidos antiguos en la Ciudad de La Habana han sido provocados por eventos ocurridos en la costa norteña que no fue considerada con mucha intensidad por cuanto la data antigua si han sido localizados instrumentalmente algunos eventos en las proximidades al norte de la región occidental. Esta situación se observa principalmente en los terremotos y que en este trabajo se asociaron a focos de localizaciones en tierra en otras 6 zonas, la zona 5 (sur) en donde se encuentra la región Remedios-Caibarién, en cuyo epicentro se produjo el terremoto del 16/VIII/1939, y la zona 12 (norte) donde se encuentra la región de Gibara en cuyo epicentro se produjo el terremoto del 28/II/1914.

En todo caso, la consideración de que la peligrosidad se halla asociada a los sismos no provoca grandes incertidumbres, ya que los mismos se hallan muy cercanos a la costa. Donde sí sería tener una influencia grande este fenómeno es en la valoración de la peligrosidad sísmica para 1000 años ya que la práctica no se han podido caracterizar las zonas de origen de terremotos en la misma magnitud.

~~Otro punto que no se cuestionó en este caso fue el de la zona 4, en que los epicentros ocurridos en 1870 y siguientes no están relacionados al riesgo.~~

000533

En segundo lugar, la zona 8, con un solo sismo de III categoría (el 17) tiene una recurrencia de 257-1101 años para I=6, y no fue considerada por su proximidad al límite superior del rango de períodos usuales para este tipo de sismo.

El tercer caso es el de la zona 9, con un solo sismo de III categoría (el 75) que tiene una recurrencia de 238-1,02 años. En esta zona el primer reporte corresponde a Santa Cruz en 1686, pero la mayor intensidad reportada (1962 I=VI) corresponde a Arauco (punto 75), la cual es a la vez el primer reporte de esa intensidad. Se decidió no considerar este caso dado la posibilidad de sobreestimar excesivamente el riesgo.

Finalmente, tenemos un caso similar en la zona 11, ya que los reportes corresponden a 1976, y lugarmente carecen de pretensión de una sobreestimación del riesgo.

En la Fig. 7.29 se muestra el espectro obtenido a escala de diseño 0.40.

[illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] [illegible] [illegible]

7.4.3.6 Discusión

Se debe señalar que estas conclusiones (fig 7.34-7.36), debido al hecho de que en su construcción han sido utilizados numerosos hipótesis, no pueden ser consideradas con el mismo grado de confiabilidad que los mapas obtenidos en el epígrafe 7.3 para la región estudiada. No obstante, considerando sus al mismo obtenido para un período de recurrencia de 100 años (fig 7.29) coinciden aceptablemente al presentado en el epígrafe 7.4.2 (fig 7.31-7.33) al tratar de falsar más rigurosa el modelo de la recurrencia de los sismos.

Consideramos que el procedimiento debe perfeccionarse mediante el completamiento de la información macrosísmica e instrumental para aumentar la confiabilidad de los estimados de recurrencia, así como en el procesamiento de esta información con vistas a aplicar técnicas de estimación de peligrosidad sísmica más novedosas a las empleadas en el epígrafe 7.3.

7.3 Mapa de regionalización climática de Cuba.

7.3.1 Comparación de los resultados obtenidos en los epígrafes 7.2 y 7.3

Los resultados presentados en el epígrafe 7.2 son menos limitados que los obtenidos en el 7.3, y en la práctica resulta difícil su generalización.

En el epígrafe 7.2 se analizaron ligeros obtenidos los pares de R_1, dado el carácter aplicado de ese parámetro, se hubiera realizado una superposición simple de los resultados de cada epígrafe. La situación real, claro y siempre útil con los mapas de isolíneas dadas a separar en 100 y 10000 mm.

En el epígrafe 7.3 el período de recurrencia de 100 años - corresponde un intervalo de períodos de 50 a 400 años, mientras que en el epígrafe 7.3 no. Debiera utilizarse el valor 5-200, lo que estaría dentro por el hecho de que se da puesta a punto del programa SACUDIR utilizando datos de Cuba y Kamchatka en vía de los ejemplos del capítulo regionalización sísmica de la URSS (Bune, 1977) Efectivamente, los valores obtenidos para este valor del período de recurrencia fueron ligeramente superiores a los obtenidos para un valor del período de recurrencia de 100 años. Sin embargo, teniendo en consideración la incertidumbre de los datos iniciales, poniendo en los cálculos de la correlación de la región oriental, tanto en lo que respecta a la determinación de los valores extraparamétricos y la estimación de los parámetros, así como en la estadística de las intensidades máximas en la región de Santiago de Cuba, se decidió utilizar para los fines del mapa de regionalización sísmica para el período de 100 años el mapa obtenido en el 7.3 para ese período de recurrencia, ya que se usa el 5-200 extrapolación, a nuestro juicio, sobreestimando el riesgo.

7.3.2 Características de los mapas de regionalización sísmica.

El mapa de regionalización sísmica de Cuba, a diferencia de los de otros países, no contiene toda la información sísmica

[illegible] un solo caso, salvo la [illegible] por ejemplo, el caso de [illegible] 1978) indicia las intensidades por [illegible] los números 7) valor de la intensidad y zona epicentral en cifras redondeadas de grados de recurrencia (por ejemplo I_{50}, I_{100}, I_{500}), donde los subíndices 50, 100 y 500 corresponden a los períodos de recurrencia 50,100 y 500 años respectivamente. En nuestro caso, dado que no es posible realizar estos estudios para todo el territorio de Brasil solicitamos un caso, para T=100 años, que es para el territorio de proyecto, y otro para T=10,000 años, es decir, para el territorio de máxima calificación.

El mapa de isosísmicas de datos cubre todo el epígrafe

-para el territorio de [illegible] en el epígrafe 7.2, las mismas consideraciones e [illegible] en epígrafe 7.6.

-para el territorio estudiado en el epígrafe 7.3, las mismas se refieren [illegible] por la superposición de los obtenidos en los epígrafes [illegible] usando el criterio [illegible] de que en cada punto se considera la mayor de las intensidades [illegible] de los [illegible] se plantean las reglas de [illegible] siguientes:

7.5.1 Restricciones de las reglas obtenidas. Reglas aplicadas

Las reglas obtenidas fueron todas las limitaciones que han sido impuestas en detalle en los epígrafes anteriores. Se [illegible] estas son:

-validez limitada de los datos [illegible]

-escritura formal de las estructuras de negativa nítida.

-Empleo de datos estadísticos para la identificación de los modos de [illegible]

Hay otro aspecto que no mencionó en el epígrafe 7.4 y que en una [illegible] de este trabajo, hay dos especificaciones diferentes

Fig. 7.28 Mapa de isolíneas de [illegible] en Cuba.

Fig. 7.29 Mapa de isolíneas de [illegible] en [illegible] a partir de [illegible]

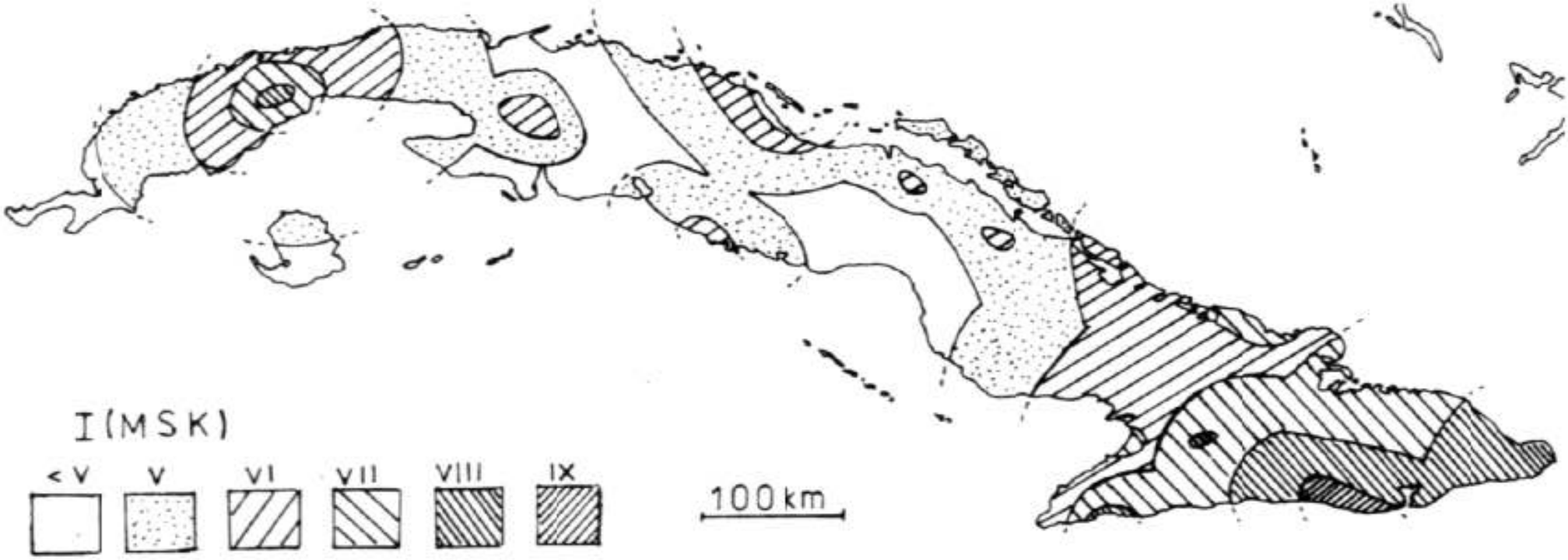
Fig. 7.30 Mapa de isolíneas de [illegible] en [illegible] a partir de [illegible]

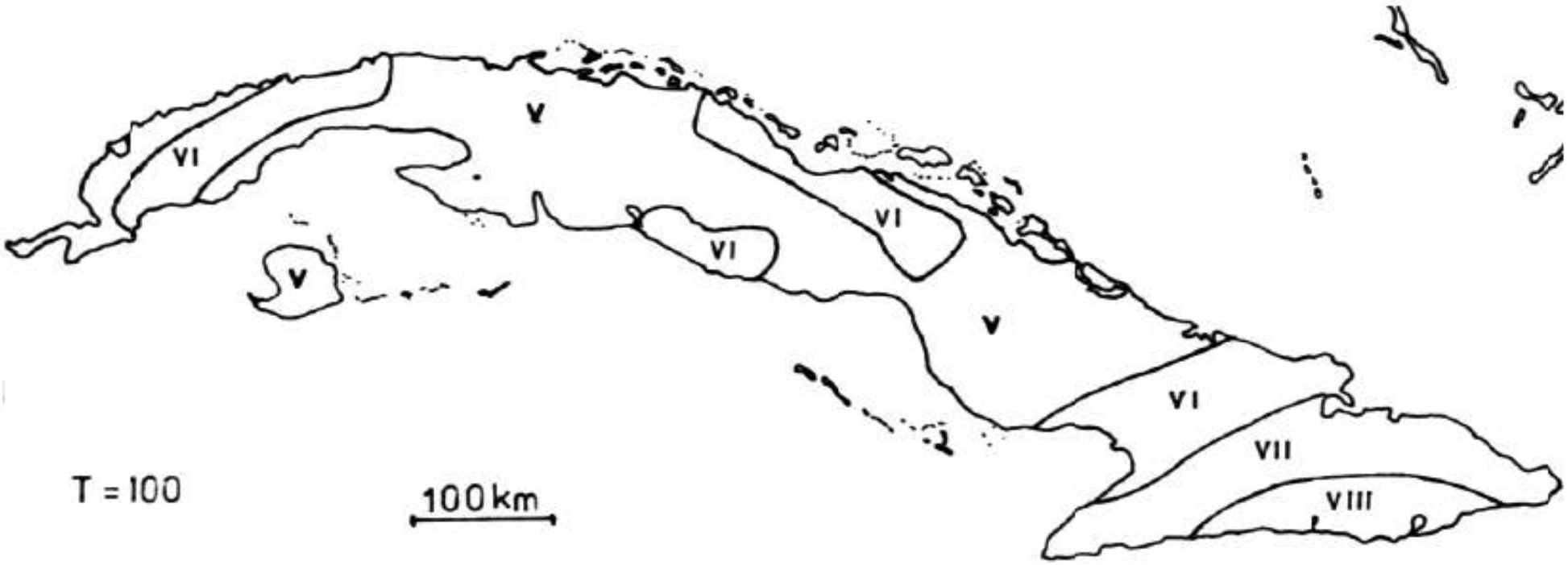
Fig. 7.31 Mapa de [illegible] [illegible]

Fig. 7.32 Mapa de [illegible] [illegible]

100529

Zonas de intensidad máxima reportada (I ≥ V) de terremotos sentidos en Cuba y regiones aledañas.





Zonación con tratamiento desigual de la información en la región suroriental (sismicidad de entre-placas) con respecto al resto (sismicidad de interior de placa) del territorio nacional

[illegible] el [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
la situación se constituye una formación con epicentro en el mar, esta situación nos permite plantear que el margen continental está fracturado en bloques, y que estos bloques reactivan actualmente.

Este planteamiento, más que resolver el problema lo que plantea es la necesidad de investigarlo a profundidad, ya que no pudo evaluar ningún estudio de las posibles zonas de [illegible] presentan en este trabajo, limitando su alcance a las dos zonas conocidas: los terremotos de Olaya y Herradura.

En tal forma, el final de este trabajo no podía hacer las recomendaciones siguientes sobre los líneas de trabajo que serán continuadas en el futuro con vigor a las luces los resultados obtenidos en este trabajo.

-Aumentar la estadística de terremotos en la región suroccidental de Cuba mediante el registro de terremotos débiles. Esto requeriría un estudio detallado del régimen sísmico de la región con posibilidades de obtener elementos para el pronóstico de terremotos, a la vez que una mejor delimitación de las zonas sismogeneradoras con el correspondiente planteamiento de sus parámetros fundamentales.

-Continuar la recopilación y el procesamiento de la información macrosísmica existente con el objetivo de aumentar la información sobre la historia sísmica de Cuba y las regiones vecinas.

-Ampliar la red de observaciones sismológicas a todo el territorio nacional con el fin de obtener información sobre la actividad sísmica de terremotos no perceptibles.

-Evaluar el tiempo recurrencia de terremotos perceptibles y fundamentar el diseño de proyectos de las zonas de localización para diferentes regiones.

300530

criterios sobre la utilidad física para diferentes períodos

Asimismo se contempla la recopilación de información sobre batimetría, cuencas petrolíferas, hidrología, etc., de los territorios aledaños a nuestro país con el fin de facilitar sobre determinadas regiones desde el punto de vista físico, lo que permitirá precisar el grosor de zonas sedimentarias que afectan el territorio de Cuba.

100531

[illegible]

[illegible]

000532

Los resultados obtenidos en el estudio de la viabilidad de la medida del índice neutro isoelectrónico de diferentes fases. Los ejemplos obtenidos en el epígrafe III.2 (Capítulo 2) son resultados novedosos y extienden la idea inicial propuesta por Scott [Scott 1968] a sistemas más complejos.

En cuanto, en el epígrafe 1.2, en el análisis de los resultados de propiedades físicas obtenidas con diferentes autores se dice una conclusión lo cual interesa: en esta región en muy pocos casos se han obtenido resultados concordantes. Para la mayoría de los sistemas hay diferencias grandes de unos autores a otros y lo mismo a veces, por lo que puede hacer escribir sobre los posibles errores sistemáticos cometidos por los unos o los otros.

Los resultados obtenidos en el epígrafe 3.3 tienen una importancia doble, desde el punto de vista metodológico el empleo de técnicas estadísticas tiene una gran utilidad e incluso es preciso en ocasiones, como en el presente problema de la zona de transición, para interpretar los datos. Hemos de hacer notar que los métodos estadísticos empleados son sencillos, aunque de los cuales hasta el momento no existía ningún tipo de conocimiento sobre ellos. El estudio de la zona de transición tiene una gran importancia y puede ser muy útil para, por ejemplo, una determinada interpretación de los estudios de conductividad eléctrica y los estudios de solubilidad sólida, en particular en regiones con valores de distribución.

Los resultados obtenidos en el epígrafe 4.3 en cuanto a la representación de las distintas variables, sólo que la función [illegible] para el cálculo de las funciones auxiliares

[illegible] [illegible] [illegible] [

Creemos que se deben realizar estudios similares en el futuro, para precisar los criterios técnicos sobre peligrosidad sísmica. No obstante, los estudios hechos son coincidentes en la hipótesis utilizada de que en las zonas de baja actividad los terremotos fuertes deben ocurrir con mayor probabilidad en los límites de hipocentros.

Los resultados obtenidos en la barra A son de gran importancia. Si pudiera hacer el programa computacional para calcular las curvas de peligrosidad sísmica, es uno de los pocos que existen en el mundo, con la ventaja adicional de que con el modelo de fuentes desarrollado en el mismo. La presencia de zona de reptamiento asísmico es el resultado fundamental del trabajo y creemos que a la hora de cuantificar un documento normativo de esa índole, deben pesar los criterios en él expuestos.

No obstante, por la complejidad del problema y la escasez de datos que en general existe para Chile y en particular para las zonas de baja actividad, no se puede considerar como una versión definitiva. En él se observan algunas deficiencias, la más evidente de las cuales podría denominarse la "paradoja de Iquique". Dicha ciudad en los catálogos analizados refleja un nivel de peligrosidad sísmica similar al de Santiago de Chile, y en la práctica, los datos macrosísmicos reflejan un nivel de peligrosidad mucho menor. Esta paradoja se debe a particularidades del campo macrosísmico, a ingeniería-terremoto de la actividad sísmica o a características específicas de ocurrencia focales de los terremotos en las regiones. Lamentablemente la información disponible es insuficiente para formarse un juicio definitivo y la pregunta queda abierta para el futuro.

300586

El análisis de los resultados expuestos en el capítulo 6 permite concluir que fueron cumplidos los objetivos planteados. No obstante, resulta muy difícil enumerar la forma y magnitud en que los diversos factores contribuyeron.

En el archivo del curso se encuentran las encuestas CU-1 y CU-2 confeccionadas en 1971, y la encuesta de opinión de alumnos del año 1980. El diseño de estos documentos es rígido, especialmente para el primero de ellos, lo que debió ser advertido durante el desarrollo del trabajo, dando así origen a la encuesta que se presenta como anexo. Este objetivo fue cumplido a cabalidad, pues la información obtenida con dicha encuesta permitió, por un lado, [illegible] y por la otra, la construcción de [illegible] tierra con [illegible].

Resultado importante, la propia [illegible] ha permitido diagnosticar claramente el rol [illegible] como documento operativo para la actividad [illegible], el cual es uno de los resultados principales obtenidos en este trabajo. Se observó, además, que para cualquier otro propósito de documento normativo se debían tomar en consideración los [illegible] del método [illegible] que conduce al diseño, y los resultados del estudio [illegible] de la región [illegible] tal conclusión en este año se [illegible] y [illegible] [illegible] que la región [illegible].

La divulgación de los resultados de este curso se [illegible] de dos formas: [illegible] y [illegible] [illegible] durante el [illegible] (lo cual [illegible]) y [illegible] [illegible] trabajo del [illegible] a través de la [illegible] [illegible] para [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] en el período [illegible].

Los resultados de este tema han sido en gran medida divulgados. En el transcurso de los 7 años de ejecución fueron presentados en eventos nacionales e internacionales numerosos trabajos, así como fueron publicados gran número de artículos. En los momentos en que se confeccionan estas líneas hay 5 artículos entregados para publicación en el extranjero.

Es resultado que en su momento fue introducido en la práctica la construcción de zonas de intensidades por duración sísmicas con períodos de recurrencia de 100 años, confeccionado en 1977. Una versión de esas cartas fue incluida en el proyecto de normas para construcciones en zonas sísmicas preparado por el Comité de Normas y Unificación del Sector de la Construcción. La versión revisada de 1980 ha sido empleada por el Dpto. Sismología del IDA para materializar el TEMA 2.3.3 "Investigaciones aplicadas de Sismología".

Como parte del proceso de introducción de logros, durante 1986 este continuará la publicación de resultados.

Los resultados más significativos en este tema, los mapas de peligrosidad sísmica, deben ser objeto de un perfeccionamiento adicional para preparar un mapa de regionalización sísmica. En este procesamiento serán tenidos en consideración - los resultados del TEMA 2 y los diferentes estudios sismotectónicos realizados en el país.

Una vez confeccionado este mapa, la Presidencia de la AIS debe dirigirse al MICONS con la solicitud de aprobación del mapa de regionalización sísmica a escala 1:2000 000 -

000539

como documento normativo de obligatorio consulto en la actividad constructiva, hasta 1975 los actividades de este índole los controlaba el Comité de Normas y Tipificación del Sector de la Construcción adscrito al entonces extinguido Consejo Estatal de la Construcción.

El mapa de regiones sísmicas debe ser publicado dentro de el Nuevo Atlas Nacional de Cuba, actualmente en preparación.

100340

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al personal técnico que participó en la realización de este trabajo: L.A. Hernández, O. Pino, H. Alvarez, M.A. Pérez, M. Guerra, A. Fernández Soler, M. Blanco, J. Pilot, A. Savín, M.C. González, y de Laboratorios Q.B. Pérez, S. Murillo y M. de Nora.

000541

BIBLIOGRAFIA

- Academia de Ciencias de Cuba (1981)
  Levantamiento Geológico de La Habana, Cuba. Escala 1:250000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Bulgaria (1981)
  Levantamiento Geológico de las Villas, Cuba. Escala 1:250000. 1,6,5.
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Hungría (1981)
  Levantamiento Geológico de las provincias orientales de Cuba.
  Escala 1:250.000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Polonia (1979)
  Levantamiento Geológico Minar del Río, Cuba. Escala 1:250000
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Academia de Ciencias de Cuba y Polonia (1981)
  Levantamiento Geológico de Matanzas, Cuba. Escala 1:250.000, 1,6,5
  Archivo del Instituto de Geología y Paleontología

- Acharya, H.K. (1974)
  Regional variations in the eastern Caribbean seismicity
  and their dynamic significance.
  Bull. Seism. Soc. Amer, vol. 64, No.6, p. 1963-1974

- Albear, J.F.; Iturralde, J.M.; Martínez, O.; Lavaut, J.A.; Palacios, J.L.; Chemov, A.M. (1985)
  Mapa Hidrogeológico de Cuba. Escala 1:250000. Ministerio de Industrias. I.C.R.H.

- ---------- Pilkov, V.I.; Martínez, M.A.; Tringlin, E.T. (1985)
  Experiencia de utilización de los focos sísmicos y ayuda cultivadas
  en investigaciones geológicas en Cuba (en ruso)
  Izvestiya Akad. Nauk SSSR, 1982, No. 2, p. 27-40

- Algermissen, S.T.; Perry, J.A.; Lynch, Gary; Dollinger, W.D. (1974)
  The Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972:
  location, focal mechanism and isoseismal studies. Bull. Seism. Soc.
  Amer. Vol. 64, No. 4, p. 993-1004

- ---------- Perkins, D.M. (1976)
  A catalog of the Caribbean seismic interval considerations and parameters
  in Harding, E.E. et.
  Contributions to Seismic Engineering
  Mich. Technical Rep. 4-76, 267-281 pp
  Berkeley, Calif., May 1976, pp. 1-19

- Alvarez, L. (1970)
  Intensidad sísmica de Cuba
  en: Atlas Nacional de Cuba, pag. 30
  La Habana, 1970

100543

Bibliography (continuación)

- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., [illegible], M.; Gordon, C.; Hanson, G.; Hoegerl, G. (1976)
Seismic risk evaluation of the Antigua region
(Spanish) Survey of the seismicity of the Caribbean region
The Proceedings of the seminar on seismic zoning maps (Spanish, 9) Caracas- 4 november 1975, vol. II, p. 171-240
(Spanish), Unesco 1976

- Alvarez, L. (1974)
Some aspects of the earthquake occurrence in the west part of Cuba
Pure, Earth. and Planet. Int., vol. 9, No. 3, p. 181-190

- ---------- Chtchetkine, V.N., Rizniak, I. y otros (1973)
Particulares sísmicas de Santiago de Cuba (en ruso)
Física Zemli, 1973, No. 5, p. 81-86

- Alvarez, L.; (1981) Alteración geodinámica general de Cuba (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 20-35

- ---------- Rosa, V., (1977)
Estimación de la peligrosidad sísmica para la región sur oriental de Cuba (en ruso)
Física Zemli, 1977, No. 10, p. 54-67

- ----------, Chtchetkine, V.N.; Martín, T.S. (1981)
Sismicidad y neotectónica de Cuba y las estructuras adyacentes (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 57-69

- ----------, Martín, T.S.; Cruz, J. (1981)
Particularidades del campo macrosísmico y determinación de los efectos macrosísmicos orientados en el emplazamiento (en ruso)
en: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
M. Nauka, 1981, p. 86-95

- ----------, Guevara, M.; Rubio, M.; Cruz, J.; González, E.R. (1984)
El terremoto del 11 de febrero de 1978, Bayamo, región oriental de Cuba.
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 3, 1984, p. 3-69

- Alvarez, L.; Kalinova, T.L. (1983)
Resultados preliminares de la interpretación del levantamiento magnético de los mares que circundan a Cuba.
Ciencias de la Tierra y el Espacio, No. 6, p. 3-5

000543

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Ananin, I.V.; Ivanov, V.A. (1975)
Model of Seismicity and Seismic Risk (in print)
en: Vichislitel'naya Seismologiya, No. 8, p. 32-51

- Aptekman, Zh., Ya.; Shnirman, G.M.; Zaytsev-Gorak, N.I. y Otros (1973)
Determinación rasgos de organismos sísmicos de terremotos de tipo cercano (en ruso)
en: Vichislitel'naya Seismologiya, No. 12, p. 65-80

- Archivo General de Indias (1685): Expediente sobre la fortificación del puerto de la ciudad de Santiago y su invasión. Sevilla.

- Avakyan, I.F.; Tsybuk, G.; Kalashnik, G.N. (1980)
Regiones Seismotectónicas de Cuba. Revista Ingeniería. 2, 1-9.

- Ayala, R.F.; Castillo, L.E.D.; González, O.M.; Paz Martín, R.; Prieto, M.M. (1984)
Utilización de imágenes aerocósmicas en la prospección de yacimientos minerales en la provincia Pinar del Río.
Memorias, IV Jornada Científica Inst. ISMM, p. 106

- Atlas Nacional. Redactor A.M. Davidov, M., Dirección Central Geodesia y Cartografía, MVD URSS, 1964

- Avilov, A.L.; Tatalov, S.A. (1977)
Mapa de las anomalías gravimétricas, batimétricas-topográficas del mar Caribe 1:4000000 (en ruso)
AC MSSTz., Inst. Hidrofísica Marina, Universidad Estatal de Moscú, Sebastopol, 1977

- Avsyuk, Yu.N. (1968)
Focal process of the Kamchatka and Caucasus earthquakes of July, 1967
Izv. Akad. Nauk. Inst. Fiz. Zemli, Fiz. Solid Earth, vol 10, 182, p. 21-122

- Bacon, W.E. (1971)
Crustal model parameters from surface gravity data. Geophys. Res. Lett., vol. 21, No. 4, p. 511-515

- Bath, M. (1966)
Mathematical aspects of seismology
Elsevier (252).

- ---------- (1973)
Short-period Rayleigh waves, from near surface events
Phys. Earth Planet. Int., 10,169.

- ---------- Bullinsk, G.; Van Eck, T.; Wahlstrom, E. (1974)
Engineering analysis of ground motion in Sweden. Peridot and response spectra, attenuation, regional magnitude, energy, acceleration
Seismological Inst., Uppsala Univ., Report 3-74, 169.

700544

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Kárník, V. (1974)
Spectral analysis of seismograms
Academia, 1974

- Kolesnikov, Yu.V., Lukyanchikov, V.Ya.; Shatalina, K.V. (1965)
Sobre el cálculo de ciertas características en Cuba Central y estimación de su magnitud máxima (en ruso)
En: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central)
Nauka, Moscú, 1965, pp. 61-65

- Kolmogorov, A.N.; Smirnov, N.V. (1965)
Tablas de estadística matemática (en ruso)
Nauka, Moscú, 1965, 465 p.

- Kovach, W.L., Scheidegger, A.E. (1962)
Relations between structure patterns, seismicity and plate tectonics in the Lesser Antilles
J. Trinid. Geol., vol. 3, No. 4, pp. 353-369

- Lamb, H. (1950)
The motion of the ground during an earthquake. I. The case of a strike-slip fault
J. Geophys. Res., vol. 55, No. 01, p. 115-141

- Matley, D.L.; Vogt, P.R. (1970)
Plate tectonics in the Hispaniola area
Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 81, No. 9, pp. 2865-2880
_____ (1971)
Plate tectonics in the Hispaniola area. Reply
Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 82, No. 4, pp. 1187-1190

- National Association for the Advancement of Science, Forty ninth Meeting, 1911
Thirteenth Report on Seismological Investigations III. Seismic Activity, 1893-1911, Including p. 96-96, Index, 1911

- Nersesov, I.L., (1971)
Un método de localización entre terremotos [S - P] para los catálogos de los puntos fijos de registración en las regiones de baja sismicidad en relación a la URSS (en ruso)
En: Vopross Inzhenernoi Seismologii, No. 14, p. 79-83

- _____; Rotwain, N.V. (1972)
Correlation of amplitudes M_{PV}, IPEE and I_{PV} ISS for earthquakes of Kamchatka, Kuril Islands and Japan
Pure and Appl. Geophys. Vol. 101, No. 11, p. 170-180

- _____; Rotwain, I.M. (1970)
Note on probability of earthquakes in the map of seismic zoning.
In: Proceedings of the Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk (Liblice, 17-23 October 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 259-264

008545

- [illegible] (continuación)

- [illegible], V.[illegible]; Savarensky, E.[illegible] Kirnosova, Yu.V. (1960)
Seismic effects (en ruso)
en: Atlas del estado geológico de la plataforma
Mosc. Inst. Geology, Ac. Sci. USSR, p. 1934-246

- [illegible], Vvedensky, V.N., Gitis, V.G.; Khromov, S.A. (1962)
Utilización del método de las aproximaciones de los criterios de apoyo para la construcción del mapa de los terremotos de Kyrgyzstán (en ruso)
Geología y Geofísica, vols. 10, No. 2, pp. 69-72

- Gallegos, J.A. (1975): Mapa del Puerto de Cabo Blanco en la costa occidental de la Isla de Vera Cruz, escala 1:25000, Municipio de Cruz.

- Gregori, M. y Rey de Bonis, V.I.; Centroni, E.L. y Mayo (1971)
Mapeo sísmico en el Archipiélago de Italia Central (en ruso)
en: Mineral y Roca Geología, Vol. 6, pp. 84-126

- Harro, A.; Kleiber, M.D. (1977)
Geological effects of large destructive earthquakes in Central America
Seism. Soc. America Bull. Vol. 68, No. 2, pp. 151-157

- Lara, J.L.; Hernández, J.L. (1980)
Geological effects of the Cochabamba region
U.S. Geol. Survey Misc. Inv. Ser., Map I-1100

- Lorenz, M., et.al. (1977)
Structure of the Earth's crust in north-western Europe from spectral ratios of long period P waves (preliminary results).
Geof. Geophys 197, No. 100, p. 111-129

- Compañía Cubana de Electricidad (1967): Mapa de la ciudad de Santiago de Cuba, escala 1:1000, Santiago de Cuba.

- Cornell, C.A. (1968)
Engineering seismic risk analysis
Bull. Seism. Soc. Amer. Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606

- Esteva Ang, L. (1970)
Seismic risk: point estimates and confidence intervals
Ann. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-9 (136), pp. 7-14

- [illegible], Esteva, L.; Rosenblueth, E. (1977)
Magnitude-occurrence frequency — applicable relationship in earthquake prediction Seism. Soc. Vol. 67, No. 6, p. 1615-1623

- [illegible], Ando, B. (1977)
The relative statistical parameters in the world-wide seismic regions in the hypothesis of a maximum possible magnitude
Pub. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-5(116), 1977, p. 211-220

.009586

3. BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Cotilla, M.O.; González, M.; Sr Morfi, J. (1984)
  Empleo de una foto aérea en la identificación de lineamientos en la parte de la zona estructuro-facial Cubana
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Cotilla, M.O.; Betancourt, A.A.; Cuevas, M.; Leal, G.; Pote, B.; González, J. (1985)
  Caracterización sismológica de un sector del Norte de la provincia Holguín.
  Archivo Dpto. Sismología ISM

- Cotilla, M., Betancourt, A. (1986)
  Desarrollo de lineamientos a partir de un fotograma del sensor de la provincia Holguín.
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Iturria, D.J.; Nagy, Z.; Rivero, A. (1986)
  La Paleosismicidad en el estudio de la estructura tectónica del sur de Holguín (zona oriental de Cuba). Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 2 p. 47-51

- Nagy, Z., (1982)
  Actividad sísmica de la provincia Holguín
  Inv. Sismológicas en Cuba, No. 2, 1982, p. 30-45

- Nagy, Z., (1984)
  Datos macrosísmicos de la República de Nicaragua
  Inv. Sism. en Cuba, No. 5, p. 93-142

- Nagy, Z., (1986)
  Datos macrosísmicos de los sismos mayores
  y Santiago-Palma sobre terrenos Mesozoico
  (1880 y el resto, 1984, sismógrafo)
  La Habana, 1984, p. 50-51, 4 graf.

- Nagy, Z. (1985): Influencia de las condiciones geológicas en la intensidad sísmica en la ciudad de Santiago de Cuba.
  en: Informe de Tema 31002 "Estudio del riesgo sísmico y de la variación de la intensidad de los terremotos en el territorio de la ciudad de Stgo. de Cuba.
  Archivo Dpto. Sismología, ISM-ACC

- Nagy, Z. y Alvarez, L. (1984): Catálogo de terremotos fuertes (I - VII) de las Antillas Mayores. Memorias de la IV Jornada Científica ISM, 77

000547

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Cruz, J.; González, R.M. y Alvarez, L. (1983)
Sobre [illegible] del volcán [illegible]
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 4, p. 57-62

- Cruz, J.; González, R.M.; Alvarez, L. (1984)
Mapa sismotectónico de los terremotos de la zona de la Hidroeléctrica
Lecheneros XV Jornada Científica, ICA
Acad. Ciencias de Cuba, 1983, p. 57

- Cruz, J.; González, R.M. y González, G. (1988)
Información macrosísmica de las provincias
de Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus
Inv. Sism. en Cuba, No. 7, p. 33-57

- Cruz, J.; González, R.M. y Polo, D. (1985). Estimación preliminar de la peligrosidad sísmica de la región occidental de Cuba. Ponencia de la IV Jornada Científica del ISA, p. 79-80

- Cruz, J.; González, R.M. y Vorobieva, I. (1984). Sismicidad del territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila, Cuba. Inv. Sism. Cuba, No. 5, p. 61-94

- Cruz, J.; Rigo, O. (1982)
Datos macrosísmicos de los terremotos en la provincia Santiago de Cuba
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 2, 1982, p. 47-136

- Cruz, J.; Rodríguez, R. (1980)
La actividad sísmica de Cuba por datos históricos
Inv. Sismológicas en Cuba, No. 1, p. 5-17

- Cruz, J.; Vorobieva, I.; González, R.M.; Alvarez, L.; Nieva, R.M.; Serrano, M.; Padilla, M. y Fernández, O. (1983): El sismo del 16 de diciembre de 1982. Fractura-Fagley Grande, Investigaciones sismológicas en Cuba. No. 3.

- Dean L.E., Drake, Ch.L. (1971)
Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle-America arc
J. Geology, 1970, vol. 78, No. 1, p. 121-132

- Dewey, J.W. (1972)
Seismicity and tectonics of Western Venezuela
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 62, No. 6, p. 1711-1751

- Espinosa, A.F.; Stephenson, W.K. (1972)
Influencia de un sismo en las propiedades [illegible]
[illegible] de la estabilidad (en ruso)
Minist Petrol, 1972, No. 3, p. 50-54

- Edwards, Bryan (1974): A map of the Island of Jamaica, divided into counties and parishes, for the History of the British West Indies. Escala 1:400000. London.

000549

BIBLIOGRAPHIE (continuation)

- Bronarko, V.I.; Nersesov, G.M. (1970)
Utilización de las ondas sísmicas en el estudio de los sistemas regionales y generales de investigación de la Tierra.
Bull. Dinámica, Sismología y Geofísica, No. 22, p. 21-27

- Espinoza, A.F.; Algermissen, S.T. (1970)
A study on soil amplification factor in earthquake damage areas, Caracas, Venezuela
USAID Technical Report AFL - 201 33

- Espinoza, A.F.; Shield, R.; Swanson, A. (1976)
Intensity distribution and source parameters from field observations on Espinoza, A.F. (editor)
The Guatemala earthquake of February 4, 1976, A preliminary report

- ESSO (1966); Mapa de la República Dominicana
Scale: 1:400,000. New York.

- ESSO (1966); Carta de la República d'Haití
Scale: 1:400,000

- Gutenberg, B. (1970)
Seismicity
In: Seismic Risk and Engineering Decisions
Lomnitz, C. Rosenblueth, E., editors
Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, 1976, pp. 179-232

- Hedge, E.L.; Johnson, R.H. (1967)
Seismological investigations in the southeastern Caribbean, Trinidad Shelf, Barbados Ridge, Atlantic ocean
Seismol. Soc. Amer. Bull., Vol. 57, No. 1, p. 1511-1526

- ----------, et.al.
Seismological observations in the western Caribbean and in the Gulf of Mexico
J. Geophys. Res., vol. 15, No. 12, p. 4081-4128

- Heinz, H.; Trexo, F.; Jordansky, L. (1967)
Elastic Waves in Layered Media
New York, Mc-Graw Hill, 1977

- Isaiev, E.A. (1968)
Sobre el riesgo sísmico, la posibilidad de una regionalización sísmica constructiva y el procedimiento sísmico a largo plazo.
Minsk, Yakka, 1968, p. 123-150

- ----------; Soliyev, E.A. (1969)
Frequency dependence of the progressive absorption in the crust and the upper-mantle of the Kuril Island Wave
Izvestiya Akad. Nauk SSSR Fizika Zemli, 1969, No. 9, p. 17-33

000549

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Fiedler, G.R., Hamilton, L.D. (1977)
Contribución Sísmica de Cachachata (en prep)
Física Tecn., 10 : Nº. 9, p. 3-15

- Fernández, L.A. (1987)
Master correction for the analysis of digitized systems to compositional velocity waves Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 77, No. 3, p. 913-943

- Fiedler, G.R. (1969)
La liberación de energía en Venezuela y relaciones sísmicas y mejor de sectores.
IV Congreso Geológico Venezolano
Caracas, 16 al 23 de noviembre de 1969
Caracas, 1969, p. 2441-2452

- Fielding, E. y Baker, A. (1990) - An Appalachian Earthquake of Intraplate Origin, 1990. Bulletin Seismological Society America, Vol. 9, no. 4, p. 91-107

- Figueroa, J. (1963)
Acelerógrafos de corporaciones venezolanas
Revista Ingeniería, Vol. XXXII, No. 1, pp. 45-67

- _____, (1974)
Sismicidad en Tráfila, Macrosismo del 29 de Agosto de 1973.
Publ. Inst. Ingeniería, Nº. 315, octubre 1974, 162 p.

- Flynn, L.A.; Hopkins, R.M.; Hill, A.A. (1974)
Seismic and geographical relationships
Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 64, No. 3, part. II, 1974, p. 1149-1162

- Fondo de datos macrosísmicos del Dpto. Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía

- Francisco d'Alba E.A. (1978)
The recent progress on the assessment and mitigation of earthquake risk
In: Proceedings of the Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk
Liblice, 7-12 october 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 15-21

- Frankel, A. (1982)
Precursory to a magnitude 4.8 earthquake in the Virgin Islands: spatial clustering of small earthquakes, anomalous focal mechanisms and earthquake doublets
Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 72, No. 4, p. 1277-1294

700550

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- Fernández-Rodríguez, A.; Hubley, G.M.; Mijailovskaya, N.S.; Mijailovskiy, N.S.; Jorquera, L.F.; Jiménez, M.A. y Colmenares, C.E. (1972)
Geología de Cuba.
La Habana, Pueblo y Educación, 240 p.

- Garcés, R. (1983): El problema eléctrico en la Empresa Nacional de Electricidad y proyección futura.
Folleto, 1 pag. Presentado en: Primera reunión científica del Caribe, 1983, República Dominicana.

- Seeber, J.K.; Knopoff, L. (1974)
On the sequence of earthquakes in southern California with aftershocks removed Poissonian?
Bull. Seism. Soc. Amer., vols 64, No. 5, pp. 1363-1367

- Solfiel, M.W.; Schramm, Ch.A.; Reylinchenok, V.I. y otros (1976)
Condiciones de sismicidad de las regiones fuertes (California y otras regiones) (en ruso)
en: Vichislitelnaya Seismologia, No. 9, pp. 3-93

- Sortimario Nacional (1982): Plan of the City and Harbour of Havana. A map of the Island of Jamaica. London.

- Gonzáles, D.A.; Chuy, T.; Zapata, G.; Alvarez, M.; Mercer, E.M.; Rojas, Ma.; Lynner, L.M.; Sobolevskaya, V.L.; Mijailova, N.N.; Belousovskaia, M.; Shevkov, A. (1984)
Catálogo Final del Sismo 210812: "Estudio del riesgo sísmico y de la variación de la intensidad de las Aceleraciones en el territorio de la ciudad de Santiago de Cuba".
Archivo Dpto. Sismología, ISA-ACC

- González, C.A. (1980)
Mapa geomorfológico de Cuba
Escala: 1:250000, 483pp

- Grez, Enrique M. de Vega (1906): Mapa de la Isla de Santo Domingo y Haití. Escala: 1:400000
Chicago.

- Grandori, R.; Solonenko, V. (1960)
A discussion of seismic risk including precursors
BSSA Vol 70, No. 6, p. 2245-2251

- Gualfant, I.A.; Gabrusev, M.A.; Leylis-Suzuk, V.L.; Knopoff, L.; Brune, J.; Ambraseys, N.N.; Antonin, L.A.; Dadovskii, A.B. (1976)
Predicciones de sismicidad de terremotos fuertes (California y otras regiones) (en ruso)
Vichislitelnaya Seismologiya, No. 9, p. 3-93

- Gupta, I.N.; Wu, R.W. (1976)
Spatial Attenuation of Intensities for Central U.S. Earthquakes
Bull. Seism. Soc. Amer. Vol. 66, No. 1, pp. 143-157

000551

BIBLIOGRAPHY (continued)

- Gutenberg, B. (1956)
Great earthquakes 1896-1903
Transactions American Geophysical Union, 1956,
vol. 37, No. 5, p. [illegible]

- _____, (1958)
Attenuation of seismic waves in the earth's mantle
Bull. Seismo. Soc. Amer., vol. 48, No. [illegible] p. 269-282

- _____; Richter, C.F. (1954)
Seismicity of the Earth and associated phenomena
Princeton, New Jersey, 1954, 310 p.

- Gutierrez Lanza, M. 1914
Las oscilaciones de microsismos provocadas en la Península de Guanahacabibes
Habana, [illegible]-Feb., 1914, 139 pag.

- Hagiwara, T. (1957)
A short note on the effect of earthquake aftershocks on the accompanying horizontal local deformation
Geophysical Mag., vol. 28, No. 1-2, p. 9-204

- Hasegawa, H.S. (1972)
Analysis of amplitude spectra of P wave from earthquakes and underground explosions
J. Geophys. Res., vol. 77, No. 10 p. 1801-1814

- Hays, W.W. (1980)
Procedures for estimating earthquake ground motions
Geological Survey Professional Paper 1114
U.S. Government Printing Office, Washington, 1980, 77 pp.

- Hirasawa, _____ ; Stauder, _____ (1965)

- Takeuchi, H.; Yagi, Y.; Nakano, A.; Murakami, M. (1973)
Evidence for anomalous spreading at the Japan Trough
Earth Planet. Sci. Lett., vol. 20, No. 3, pp. 307-313

- Udwadia, F.E.; Trifunac, M.D. (1974)
Characteristics of ductile single-degree-of-freedom structures with yielding and degrading stiffness
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 64, No. 3, pp. 425-435

- Wentzel, K.R.; Mitronovas, W. (1960)
Determination of seismic parameters of mid-plate earthquakes from the near fields of their waves
Bull. Seism. Soc. of America, vol. 50, No. 4, p. 1549-1558

BIBLIOGRAFIA (continuación)

- A provisional seismological summary, 1918-1917
Hindenburg, Ontario: Star Observatory, 1918-1920

- A provisional seismological survey. Regional.
"A" grade of earthquakes (1914-1922)
Brooklyn, N.Y., 1914-1922

- Anon. "Mapa de la Tierra (ETS-20 de la URSS). Inst. Geología y Geofísica (IGG-20 de Cuba) (1970)
Investigación aérea de la región de Guantánamo-Baracoa, República de Cuba
Archivo Dpto. Sismología, 100

- Inst. Geología y Paleontología, Acad. Cs. Geología Ac. Soviética (1981)
Geología del territorio de Mapa de Cuba-Haití. Escala 1:250,000
Textos del Levantamiento geológico a escala 1:250,000, Memoria explicativa del Mapa Geológico, vol. I

- Iturralde, M.A., Acosta, A. y Vivanco, L.A. (1976): Relación de minas en República Dominicana, 1914-1975, Inst. Geográfico Universitario, Cuba. Antes. Min. Geología, Rep. Dominicana, 50 p.

- Quintero, R. (1962)
Breve reseña histórica de la Isla de Cuba y los cayos adyacentes. Anomalías de la Tierra de acuerdo con la Corrección Bouguer.
Informe, Fondos del Ministerio de Minería y Geología

- ——— (1972)
Empleo de la exploración gravimétrica para estudiar la estructura de los cayos terciarios de la Isla de Cuba y los territorios adyacentes.
Rev. Petrología, vol. 9, No. 2, p. 61-6

- Iturralde-Vinent, A.A. (1981)
Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba
Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 3, p. 31-37

- IRVINGTON-VINENT, M. y DOOGE, T.D. (1981): La falla Oriente: su edad y complejidades. Ciencias de la Tierra y del Espacio, No. 4.

- Jefferys, T. (1762): Plan of the City and Harbour of St. Iago de Cuba. A description of the spanish islands and settlements on the coast of the north Indies. Londres.

- John, E. (1968)
Source parameters of the north-east coast Venezuelan event of September 29, 1967
Seism. Opt., Uppsala, Sweden, Report No. 9-68

- Jordan, C.F. (1975)
The Nutrient Dry matters of the Amazonian climax
J. Geophys. Res., 80, No. 37, p. 5439-5443

100353

Bibliografía (continuación)

- Cover, J. (1917): Sismología de la región occidental de la República de Cuba. El mecanismo del foco de terremotos de 1914. Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural, Felipe Poey, vol. 13, (1916-1917).

- Gutenberg, B.G.; Richter, C.F. (1949)
Seismic magnitude scales and travel times. Trans. Geophysical Union, vol. 25, No. 5, p. 783-798.

- Gutenberg, B.G.; Richter, C.F. (1954)
Seismicity of the earth and associated phenomena. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 310 pp.

- Hodgson, J.H.; Cumming, G.L. (1952)
Seismological determination of the velocity of P waves in the crust of the earth. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 15, No. 6, p. 251-276.

- Hodgson, J.H.; Milne, W.G. (1951)
Direction and velocity of seismic waves. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 41, No. 1, p. 1-20.

- Hodgson, J.H.; Stevens, A.E. (1959)
Seismological evidence relevant to the validity of the theory of continental drift. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 49, No. 1, p. 1-21.

- Hodgson, J.H.; Storey, R.S. (1953)
A preliminary study of the Canadian earthquakes of 1946. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 16, No. 3, p. 139-200.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1958)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

- Hodgson, J.H.; Weichert, D.H. (1959)
Travel-time tables for earthquakes recorded in Canada. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, vol. 19, No. 1, p. 1-92.

000554

BIBLIOGRAPHIA

- Mallowney, J.; Mokus, L. (1971)
Possible criteria for predicting earthquakes and their application to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean.
J. Geophys. Res., vols. 76, No. 14, pp. 2547-2565

- Mayllis-Smith, V.L.; Brocard, H.L.; Kolchan, L.M. (1972)
Algoritmo para la estimación del riesgo sísmico (en ruso)
en: Vichislitchelnaya Seismologiya, Vol. 6, p. 21-47

- Mackenzie, D.P.; Sclater, J.G. (1971)
The spatial content of small local Mach intermediate depth earthquakes; evidence for a high-Q zone on the upper mantle
J. Geophys. Res., vols. 82, No. 20

- Mirzadjanzade, A.K.; Ismail, I.; Ohaly, H.I. (1971)
Geiranic Hazard Analysis of Earthquake
Technical Report No. 10
The John A. Blume Earthquake Engineering Center
Stanford U.S., 1979

- Klima, K., Kopecktova, I. (1971)
Reliability of focal mechanism determination
Studia geoph. et geod., vol. 23, No. 3, pp. 224-234

- Koss, M.L.; Khavtasov, L.M. (1970)
Acerca de los alineamientos determinados por medio de las fotos espaciales en la parte oriental del cinturón alpino.
Mitt. Observation, Geologie y prospección
USSR, No. 11, pp. 13-33

- Lahr, J.W. (1976)
Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics
Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 87, pag 919-930

- Lamarre, C.; Dominguez, Jos. (1978)
Recherche [illegible] sur [illegible] of a radiogenic strike-slip
[illegible] of [illegible] of the [illegible] earthquake
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 68, No. 5, p. 1371-1396

- Lamarre, M.; Montalvo, G.; Soto, R. (1971)
Informe final sobre los requisitos de los lugares de propuestas alternativas NUCP en la parte oriental de la Región de los Valles
Archivo, Consejo Nacional de Zonas Sísmicas

- Lee, W.H.K.; Lahr, J.C. (1975)
HYPO 71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes
U.S. Geol. Survey, Open-file Report 75-311, pag 1975

100555

- [illegible], L.R. (1979)
Application of [illegible] data points to [illegible] records
Rep. Earth Planet. [illegible], pp. 351-361.

- [illegible], L.R. (1974)
Crustal structure of the Baltic Shield beneath [illegible], Sweden, from the spectral behaviour of long-period P waves
Phil. Trans. Roy. Astr., vol. 85, No. 1, p. 163- 86

- ---------- (1977)
Crustal structure between Kopparberg, Sweden, from spectral ratio [illegible] and synthetic seismograms
Diss. Instr., Uppsala, Sweden, Report 1-77

- [illegible], G.A.; Blakujit, A.M. (1971)
Sobre la estructura de bloques de [illegible] septentrional, en base [illegible]
Izvestiya Akad., No. 7

- Khegenbart, F.M. [illegible]
Cinéphos de [illegible] sismiques
(Publish)
Opter. Impression [illegible], 1971, 305 p.

- [illegible], A.G.; Mangelsdorf, E.; [illegible], F.; [illegible], F.; Bruckner, W.; Bordiguez, E.; Richter, F.; [illegible], G.D. (1984)
Informe geológico preliminar (preliminar) de la región de Sierra de [illegible]
Boletín del Centro de Investigación Geológica [illegible]

- [illegible], E. (1981)
An analysis of phase propagation in Sweden
Seism. Inst., Uppsala, Sweden, Report No. 6:71, p. 6-

- [illegible], F.J. y Bodin, F.M. [illegible] Las Bentonitas [illegible] de Argentina, 19th. Bull. Soles. Geol. America, Vol. 38, No. 1, p. 1-17

- [illegible], G.V. (1978)
Algo preliminar de los [illegible] del territorio de la [illegible]
Geol. Exploración, Geología y Prospección
Geol., No. 10, p. 33-34

- ---------- (1981)
[illegible] problemas y procedimientos de la [illegible] de sus ayuda en medios y métodos matemáticos. Investigación en la Sierra [illegible] de Aconcagua, 1981, No. 7, p. 109-114

- Kabarov, A.V.; Mendía, J.M. (1977)
Valoración de la actividad de [illegible] sísmica, Tectónica, 1980, No. 1, p. 56-135

- Mc Lean, F.J., Hoag, J.M., Smith, R.J., Harding, E.V. (1980)
Always normal-type earthquakes in the overriding wedge of the Lesser Antilles subduction zone: the earthquake of 8 October, 1974
Bull Seism. Soc. Amer., vol. 72, No. 5, pp. [illegible]

000550

BIBLIOGRAFIA

- Mc Cann, W.; Whitaker, J.; Lynch, J.; Graves, ... (1975)
Seismic gaps and plate tectonics: seismic potential for major plate boundaries
PAGEOPH, vol. 117, No. 5, page 1082-114

- Mc Donald, K. C., Holcombe, T.L. (1978)
Inversion of magnetic anomalies and sea floor spreading in the Cayman Trough
Earth Planet. Scient. vol. 40, No. 3, p. 407-414

- Mc Guire, R. (1977)
Methods of incorporating in seismicity an estimate of seismic hazard for the East coast of the United States
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 67, No. 3, pp. 827-848

- Mattei, R...P. (1976)
El empleo de la fotografía aérea en el levantamiento geológico.
Tomo I Archivo del Instituto de Geología y Paleontología, 201 (no microfilm)

- Nettleton, L.L. (1961)
Fluid mechanics and pressure data in petroleum exploration and development in the Gulf Coast and North America
Bull. Inst. Petr. Petrol. and Earthq. Eng., vol. 3, p. 1-29

- Pitcairn, R. (1971): International magnetic anomaly maps for North America not listed in the Magnetic Publication of Geological Survey
Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 12.

- Rabinovich, S.M.; Dodgatskaya, V.M. (1978)
Parameters de la sismicidad global (en ruso)
en: Vichislitelnaya Seismologia, No. 5, p. 46-66

- Rikitake, T., Aykan, I.L. (1968)
Tectonics of the Caribbean and Middle America from focal mechanism and Seismicity
Geol. Soc. Amer. Bull, Vol. 80, No. 2, pp. 1883-1884

- ---------- (1971)
Plate tectonics in the Mediterranean area. Proceedings Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 59, No. 4, pp. 1123-1126

- Rossi, A.R., Freyberg, B.v. (1962)
Introducción a la teoría de la estadística (edición en español)
Aguilar, Madrid, 2172, 536 pp.

- Savage, W.Z., Hsu, H.H. (1979)
A Bayesian model for seismic hazard mapping
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 69, No. 6, pp. 1969-1983

000557

BIBLIOGRAFIA

- ADS (1976)
Boletín Sismológico Operativo. Observatorio Sismológico de la Universidad de Chile.
A.I. de la UNAM

- Aleksandrovsky, A.A.; Altman, E.A. (1972)
Instructions de détalonnage et de lecture des sismogrammes et fiche d'enquête sur les effets des tremblements de terre sur les bâtiments.
Sciences de la Terre y del Espacio, No. 1, pp. 2-11

- ASK-70 (1971)
Report of the Second Special Meeting of Experts to Updating of the ASK-64 Seismic Intensity Scale, Jena, 16-19 March, 1970
Freiberg, Berlin, Prognosis, vol. 19, No. 2, pag 201-210

- Barnes, J.A.; O'Brien, Luis (1975)
Analysis of a worldwide seismic station data capable to develop an improved correlation between peak acceleration, magnitude intensity and other ground parameters
Inst. Sci. Corp. Rep: NSERC-5102, 16 pp.

- Bátev, V.A.; Arnirev, A.; Dogatsenov, A.I.; Nikolaitsky, I.A.; Ostrov, V.A. (1965)
Mapa Sismico de Cuba, Escala 1:1000000
Ministerio de Industrias. U.S.S.R.

- Ortuza, L. (1980): Informe sobre las actividades sismotectónicas en las provincias orientales para la ubicación de la C.N. sobre el Cauto.
Ministerio de la Industria Básica, ROCK, Depto. Estudio de Cuenca, 37 p.

- ---------- (1981)
Estudio sismotectónico de la región noroeste.
Informe, Fondo de la Empresa Integral de Exploración para la Industria Minera, EIMINAM, 61 p.

- Organización Internacional de Energía Atómica (1961)
Terremotos y sismicidad causada por explosión de armamentos y otras detonaciones nucleares. Guía de Seguridad
OIEA, Viena, 1961, 61 p.
Colección de Seguridad, No. 50-SG-G2

- Pichler, E. (1943): El servicio de sismología del Dr. Jover.
Anuario de la Sociedad Cubana de Historia Natural Felipe Poey,
Vol. 15: (1940-1943)

- Ramachandran, A.R. Mukherji, A.K.; Tucker, L. (1970)
A real-time radio for shared mining operations at great northern
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 70, No. 1, pp. 121-147

- Terrington, N.R. (1951)
Distortion of the eastern Bahama Basin and some notes on earthquakes in north-eastern North-America
J. Geology, Bost., vol. 59, No. 6, pp. 507-516

004558

BIBLIOGRAFIA

- Ferreira, J. (1976)
The Jamaican earthquake of February 26, 1976
Journal of the Seismic Society of Jamaica, Vol. 3, No. 1, p. 9-21

- Ferreira, J.A.; Sep, L. (1976)
An engineering study on type A for dwellings in Kingston
First Caribb. Confer. Soil. Engr., Trinidad, 1976, 12 p.

- Gálvez, J. (1975)
Geología de Cuba para ingenieros geólogos
Univ. Moscú, 230 p.

- Hamilton, W.B.; Berry, E.W. (1976)
The geology and evolution of the Caymán Trench
Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 69, pag. 1197-1214

- Jenkins, D.N. (1975)
Seismotectonic Hazard map sensitivity to input parameters
Bulletin of Engineering Geology and the Environment, vol. 12, No. 75, p. 189-196.

- Jenkins, D.N. (1976)
Structure of the Earth's crust from the spectral behaviour of long-period body waves
J. Geophys. Res., vol. 69, No. 14, p. 2957-2967

- Piotrowska, K.; Procopiowska, A.; Piotrowski, J.; Wyszyński, A.; Bilińska, A.; Kowalski, M.; Jachimek, L.; Pierzia, G.; Wójcik, K.; Zimny, J. (1960)
Texto explicativo para el mapa geológico en escala 1:250000 de la provincia de Matanzas. Informe de la Misión Geológica Polaca.
Fondos del Inst. de Geología y Paleontología.

- Pfeiffer, G. (1977)
Technical significance of seismic hazard evaluations: A February 1976 Guatemala Earthquake
en: Memoria Internacional sobre el Terremoto de Guatemala del 4 de Febrero de 1976 y el Proceso de Reconstrucción. Guatemala, 12 p.

- Pray, L. (1953)
Tables Correlation des tremblements de terre Haïtiens a Cuba de 1551 a 1852
Paris, A. Bertrand, 1852, 26 p.

- [illegible] (1955b)
Supplément tables chronologique des tremblements de terre Haïtiens a Cuba de 1551 a 1855
Paris, A. Bertrand, 1855, 12 p.

100559

BIBLIOGRAFIA

- Frey, A. (1967)
Observaciones bioestratigráficas del Terciario de Perú Central y sus correlaciones de 1950 a 1957, acompañadas de una nueva bibliografía que incluye todas las nuevas publicaciones sobre el Terciario de Perú.
Congreso de la Sociedad Paleontológica de Francia, 7-8, parte 2, 459-511 (París 1967).

- Portela, A.; Blanco, F.; [illegible]; Vegas, A. (1971)
Alineaciones y metamorfismo dinámico en la imagen tectónica del borde oeste de la parte occidental de la provincia de Pinar del Río.
Archivo del Instituto de Geografía, ASG.

- Portuondo, O. (1965)
Estudio general de ftas aguas.
Archivo Ejto. Paleontología, PGA-A07

- ----------; Carilla, M.A. (1969)
Interpretación de las provincias [illegible] a partir de ftas [illegible].
Archivo Ejto. Micrología, PGA-A07

- ----------, Carilla, M.A. (1969)
Descifrabilidad de los Nivel-Inferior y [illegible] en la zona Viñales-Dimas a partir de una [illegible]
Archivo Ejto. Micrología, PGA-A07

- Preliminary Determination of volcanic, ore [illegible] during 1967-1971
U.S. Depart. of Interior, National Geological
Information Service, 1967-1968

- Przenioslowski, A.; Piotrowska, E.; Matyszkiewicz, J.; Pozaryski, W.; Skibinski, A.; Gorzinski, A.; Dadlez, R.; Kowalczewski, Z. (1975)
Nueva explicativa al mapa geológico a escala 1:250000 de la provincia de Pinar del Río. Informe de la Brigada Polaco-Cubana, Fondos del Inst. de Geol. y Paleont. ASG

- Przenioslowski, Ya. A. (1970)
Mapa geológica, escala 1:2500000
Atlas Nacional de Cuba

- ----------. (1970)
Problemas de la geología y la geotectónica de la región del Caribe en relación y tectónicas en la región del Caribe (en ruso).
Moscú, Ciencia, 1970, p. 7-16

- Radi, J.; Apipal, I. (1977)
Macrorelief: field of the Mesozoic sedimentation
In: Proceeding of the Symposium on the Evolution of Seismicity and of seismic Risk
Tolice, 17-22 October, 1977
Prague, Academia, 1978, pp. 193-204

000500

BIBLIOGRAFIA

- Montero, V.G. (1964)
Sobre la determinación de la energía en los terremotos para distancias de hasta 2000 km (en ruso)
Trud. Institute Fizika Zemli, No. 31 (198), p. 64-87

- ---------- (1970)
Observaciones instrumentales con la estación SKD y metodología de su interpretación.
Archivo Ofic. Sismología, IGV

- ---------- (1960)
Sobre la clasificación de los terremotos para una estación y sobre la influencia de las estaciones de registro (en ruso)
Los Investigación de la sismicidad en zonas de baja actividad sísmica (Sobr. Ensayos)
Moscú, Nauka, 1960, p. 85-92

- ----------; Rodríguez, A.E.; Alvarez, L.; Grey, A. (1970)
Catálogo de terremotos de Cuba y de la parte norte de [illegible] del Caribe.
Archivo Ofic. Sismología, IGV

- ----------; Shaliukin, V.G.; Montero, V.G.; Molnar, P. (1974)
Preliminary analysis of the epicentral extent of 7 and 8 magnitude historical earthquakes in the Cuba, Jamaica-Haiti Region
Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 64, No. 4, p. 949-971

- Regionalización sísmica de la URSS (en ruso)
Red. V.V. Sokolóvov
Moscú, Nauka, 1968, 772 p.

- Regionalización sísmica del territorio de la URSS. Descripciones metodológicas y descripción regional del mapa de 1973 (en ruso)
Red. V.I. Bune y S.V. Medvédev
Moscú, Nauka, 1980, 308 p.

- Solovev, S.L. (1959)
Mapas geológicos de estimación de la peligrosidad sísmica (en ruso)
Moscú, Nauka, 1961, 173 p.

- Reyes, L. (1971)
Sismicidad y Mapas sísmicos de la República Dominicana y Puerto Rico
Boletín IPGH, Año XV, No. 31-40, 1971

- Rios, J.A. (1970)
The Caracas, Venezuela, Earthquake of July 1967: a multiple-source event.
J. Geophys. Res., Vol. 01, No. 1311, p. 5406-5419

- Shebalin, N.V. (1963)
Particularidades de la estructura profunda de la región del Caribe (en ruso)
Bull. Soc. Nauc. Exp. Naturales, Sect. Geol., T 38, No. 4, p. 83-96

000561

BIBLIOGRAFIA

- Alekseiev, A.S.; Gabrielov, A.A.; Zorokhovich, L.I.; Lavrov, V.N. (1980) Evaluation of the risk of seismic shocks (intensity of oscillations greater than a given magnitude) (en ruso) Geotectonika, 1980, No. 6, pp. 77-90

- Aleshin, V.V. (1958) Seismic regionalization Vestn. Leningr. Gos. Un-ta, ser. 4, vyp. 4, No. 2, pp. 123-132

- Algermissen, S.T. (1969) On quantitative determination and mapping of seismic activity Bull. seism. Soc. Am., 59, No. 2 pp. 775-797

- _____ (1964) Método de suma de terremotos para el estudio de la actividad sísmica (en ruso) Izv. Akademii Nauk, Ser. Geofizicheskaya, 1964, No. 7, p. 969-977

- _____ (1965) De la actividad de los focos de terremotos a la sismicidad de la superficie terrestre (en ruso) Fizika Zemli, 1965, No. 10, p. 1-12

- _____ (1966) Cálculo de la sismicidad de los puntos de la superficie terrestre de los terremotos de la región adyacente (en ruso) Fizika Zemli, 1966, No. 2, p. 10-21

- _____ (1975) Sismicidad sudamericana (en ruso) Fizika Zemli, 1975, No. 10, p. 21-30

- _____; Lajarova, A.A.; Antipova, E.G. (1969) Verificación de la precisión del cálculo de la sismicidad sobre el (en ruso) Fizika Zemli, 1969, No. 6, p. 10-19

- Amin, B.S.; Chetaev, D. (1975) Una metodología sencilla para el cálculo de terremotos geológicos [illegible], Ser. Fisicheskaya Geografiya i Geofizika, No. 2, p. 15-21

- Antipovitch, E.G. (1977) Sobre la clasificación de terremotos (en ruso) Fizika Zemli, 1977, No. 10

- Davis, S.N.; Ortiz, M. (1974) Empirical models for seismicity Eng.-Geophysical Seismic Proc. Deep-Focus earthquakes in South America Geophys. J. Roy. Astron. Soc., vol. 37, No. 1, p. 139-159

004582

- [illegible] (1971)
Bol. Inst. Hidrología
Brasil, Outubro, 1971, 198 p.

- Gorshkova, L.; Ivanova, N. (1970)
The tidal & gravity distributions of largest magnitudes in the Pacific ocean
Pure and Appl. Geophys., vols. 116, No. 6, pp 1214-1225

- Schrift, J. (1966): Orbs: Earthquakes in the Island of Cuba. Bull. Seism. Soc. America, Vol. 2, No. 1, pp 181-190

- Schwarzer, Peter, E. (1958): Mapa de la Isla de Santo Domingo. Escala 1:1.000.000. Paris.

- Herrera, M. (inédito)
Características de frecuencia de las estaciones sismológicas instaladas en Cuba.
Archivo Dpto. Sismología, ICH

- ----------, Alvarez, L. (1965)
Informe de la misión sismológica internacional en Cuba
Rev. Sismológica en Cuba, No. 2, pag. 7-20

- ---------- y otros (1970).
Chile: Terremoto del 29 de Febrero de 1970
Archivo Dpto. Sismología, ICH

- Khalkin, V.K. (1964)
Método de utilización de los datos [illegible] en la regionalización sísmica.
en: Regionalización sísmica en el USSR
Nauka, Moskv, 1964, p. [illegible]

- ---------- (1971)
Sobre la relación existente y la distribución zonal de los terremotos (en ruso)
Moskv Doklz, 1971, No. 6, p. 12-20

- ---------- (1971a)
Sobre los procesos predominantes, el espectro y el foco de los terremotos (en ruso)
en: Investigaciones sísmicas para la construcción
Consejo de Sismología Ingeniería, No. 14, p. 13-76
Moscu, Nauka, 1971

- ---------- (1971b)
Movimiento de las dislocaciones y posición del foco del terremoto de Tashkent, por datos sismométricos e instrumentales (en ruso)
en: El terremoto de Tashkent del 26 de abril de 1966
Tashkent, IAF, 1971 p. 62-75

BIBLIOGRAFIA

- Chebalin, J.N. (1960)
El problema de la estimación de la peligrosidad sísmica en zonas de baja actividad sísmica en el territorio de la U.R.S.S.
En: Investigación de la Sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica.
Moscú, Nauka, 1960, pp. 7-13

- Chuba, F.Z.; Grigoriy, E.; Zankovski, Ts.; Islam, T. et al. (1965)
Condiciones geológicas de la República de Cuba y su influencia en la minería con sus perspectivas geológicas futuras.
Archivo, Instituto Nacional del Fondo Geológico

- ----------; Iparraguirre, V.L.; Jacobs, J.; López, J.M.; Rodríguez, E.; López, R.O. (1983)
Mapa Geológico de Cuba, escala 1:250000
Archivo del Centro de Investigaciones Geológicas de MINBAS

- ----------; Quintas, V.M.; Pérez, R.M. y Iturbe, I. (1975): Esquema de Tectónica de Cuba y su Plataforma Marina. Escala 1:1000 000.

- Shepherd, J.B.; Aspinall, W.; (1980)
Seismicity and earthquake hazard in Trinidad, West Indies, a problem in risk assessment
Earthq. Eng. Struct. Dyn., Vol. 8, No. 4, p. 315-335

- ---------- (1983)
Seismicity and earthquake hazard in Trinidad and Tobago
Earthq. Eng. and Struct. Dynamics, vol. 11, No. 2, p. 229-250

- Shcherbakova, E.E.; Korotko, V.G.; Lebedeva, E.M.; Mirzoevichenko, I.P. (1971)
Informe sobre los resultados de las observaciones por los sismos "Sevilla" en el territorio de Cuba Occidental llevados a cabo en 1972-1974.
Archivo, Instituto Nacional del Fondo Geológico

- ---------- y otros (1973): Informe sobre los resultados de las observaciones sísmicas aparatos "Sevilla" en el territorio de Cuba Occidental llevada a cabo en 1972-1973. Vol. 1, Moscú.

- Singh, S.K.; Havskov, J.; Shapiro, I. (1980)
Expected earthquake magnitude from a fault
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 70, No. 3, pp. 903-914

- Snell, N.S. (1948): A reconnaissance study of the general geology of the Dominican Republic in relation to the earthquake of August 4, 1946.
Bull. Seism. Soc. America, vol. 38, No. 1, p. 19-32

100564

* 8110680712

- Seismikron (1971): Instruction de usage de los seismógrafos proporcionados de disco rígidos en estructuras. Datos técnicos (1100-1200). Asoc. de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones. Rep. Descriptiva, 84 pp.

- Sykes, L.R.; Ewing, M. (1910)
Instrumental observations of earth waves beneath the United States.
Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 60, No. 3, p. 814-838

- Salvador, G.M. (1911)
Mapa sismológico de Cuba, escala 1:1000000

- Spence, W.; Gallinger, G.W. (1914)
The Kanaan project for local seismic studies.
Earthquakes of 1912.
Bull. Seism. Soc. Amer. vol. 24, No. 6, pp. 2159-2188

- Stein, S.; Engels, J.F.; Klein, J.A. (1900)
Subduction seismicity and tectonics in the Lesser Antilles area.
J. Geophys. Res., vol. 87, No. B10, pp. 8642-8664

- Swinburne, J.L., Kazenbey, G.A. [ ]
Estudio de la regionalización de los riesgos de granizadas en la región sur con Cuba y el Golfo de México escala 1:2000000

- Sykes, L.R.; Ewing, M. (1965)
The seismicity of the Caribbean region
J. Geophys. Resp. vol. 70, No. 20, p. 5065-5074

- ———; Le Cann, M.A.; Kafka, A.L. (1988)
Motion of Caribbean region seismic networks and implications for regional tectonic evolution.
J. Geophys. Res., vol. 97, No. B11, pp. 11995-12013

- Sykes, L.R.; Shah, Hsin (1974)
Plate motions, seismicity of the eastern earthquakes and stress in the earth crust.
In: Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area
L. Kristjansson (ed)
D. Reidel, Dingham, Mass., 1974, p. 207-224

- Tomer, L. (1910): Jamaica the Caribbean and the Caribbean Trough. Bull. Seism. Soc. Am., vol. 4, No. 2, p. 57-69

- ———— (1922a): The Soufrière Salt in the Greater Antilles. Bull. Seism. Soc. Am., vol. XII, No. 4, p. 199-219

- ———— (1978b): The Great Puerto Trough of the Antilles. Journal of Geology, vol. 30, No. 1, p. 83-114

BIBLIOGRAFIA

- [illegible], J., Watson, G.S. (1973)
  [illegible] for [illegible] with preferences in other [illegible]
  [illegible], 122-137.
  [illegible] Ser. A, [illegible], Appl. prob., No. 2, 1977, 249 pgs

- [illegible], W.A. (1975)
  [illegible] Use of a Fast Test of Intensity Data in California
  and Nevada Mexico.
  Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 65, no. 5, pp. 1277-1283

- Brigham, V.A.; Formell, J.L. Cruz, J.L.; Pérez, M.A. (1981a)
  Mapa de los elementos estructurales de la provincia Pinar del Río
  Inst. de Geología y Paleontología
  Academia de Ciencias de Cuba

- ---------- (1981b)
  Mapa de los elementos estructurales de la provincia Pinar del Río
  Inst. de Geología y Paleontología
  Academia de Ciencias de Cuba

- Gutenberg, B.F., Richter, C.F. (1975)
  On the relationship of seismic intensity scales with the peaks of
  ground motion recorded
  Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 63, No. 2, pag. 139-162

- Brigham, V.A.; Formell, J.L. Cruz, J.L.; Pérez, T. (inédito)
  Interpretación de datos magnetométricos en la parte oriental de Cuba
  (1979)
  Academia de Ciencias, Inst. de Geología y Paleontología, ACC

- Brune, J.N., Allen, C.R. (1970)
  Development [illegible] in Free amplitude spectra of
  surface waves
  J. Geophys. Res., vol. 75, No. 26, pag. 5129-5143

- Engelhard, W. (1961)
  Historical Notes on [illegible]
  Bull. Seism. Soc. Amer., vol. 51, No. 4, pp 615-617

- United Nations CMI (1980); Publ. Bureau [illegible] New York

- U.S. Air Force (1967); Geographic Tabulation [illegible] World Aeronautical
  Chart 600, 2da. edición, Mon. [illegible] Washington D.C.

- Dobrokova, G.M.; Avdeev, A.V.; Zakharkin, Yu. ... [illegible], E.M. (1979)
  Determinación de la Magnitud de la Intensidad de la región del Caribe
  y algunas particularidades de su naturaleza (en ruso
  en Geofísica y geodinámica de la región del Caribe
  Nauka, Moscú, 1979, p. 61-77

000356

BIBLIOGRAFIA

- Bibl., D. (1956)
Variations in the amplitude of seven periods at Christian Afrik
Heidelberger Ring Contrib., 8
Contributions from the Christian Observatory, vol. V, No. 8, 29 p.

- ——— (1957)
Afterthoughts and corrections (III); Add Note to the distribution of earthquakes in Australia, time and depth with special consideration to the characteristics of earthquakes occurrence (I)
Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series (VII), vol. 7, No. 2, p. 371-44

- Bihan, O., Universite, F.
Estudios a propósito de la vida y legado histórico con ocasión de los cuartos centenario de la gran conquista azteca desde el 22 de abril de 1520.
In Tabasco, 1950, 65 pags.

- Bonacker, A.O.; Jahnel, J.S. (1967)
Computer re-evaluation of earthquake mechanism solutions 1961-1962
Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, Canada, vol. XXXIII, No. 1, 310 p.

- Bury, R. (1976)
Charging calculating time the Mid Antrim Fourth
Geological (international), vol. 11, Pag. 3, 1977.

- Bury, F. (1975)
Indices de rendimiento absoluto mensuales de microorganismos from fault diversidad
Zoology, vol. V, pag. 336-342

- Chakraborty, T.R.; Gajdis-Horvat, M.G., Chaparro, M.F.; Diatovski, Shapiro, M.; (1977):
Interpretation of geomagnetic field by computation (in press)
Ed. Universidad Nacional Tecnológica, Mex. 5, p. 3-35

- Dobikov, S.T.; Antonio, Luis, y Tadeyeski, Adam (1977): Periódicos de lugar de posibles controversia de instrumentos Diarios. IV. Interrelaciones múltiples de cierta utilidad de la materia Arqueológica, las Balcanes y la cuenca del río Loira (en otro). Victimitivitores, Meteorología, No. 9, p. 71-79.

100567