

# Análisis de la fracturación de la región de Santiago de Cuba

GABRIEL BARCELÓ, BERTHA E. GONZALEZ,  
MARIO COTILLA, y TOMÁS CHUY

## RESUMEN

Con el objetivo de completar la información geológica de base para los trabajos de microrregionalización sísmica del territorio de la Ciudad de Santiago de Cuba, fue confeccionado el esquema fotogeológico de la fracturación y sedimentos no consolidados, a escala 1:37 000.

Fue realizado el estudio del agrietamiento del terreno, confeccionándose esquemas de densidad de grietas y rosas-diagramas para evidenciar las principales direcciones presentes en el área. Fueron descritos, además, por tipos genéticos, los sedimentos no consolidados correspondientes al territorio objeto de estudio.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el objeto de precisar la sismicidad de una zona se realizan las investigaciones de microrregionalización sísmica. Para ello se utiliza como base el mapa de analogías ingeniero-geológicas, en el cual se presenta la zona bajo estudio dividida en áreas cuasihomogéneas, por la forma de respuesta de los suelos desde el punto de vista de los estremecimientos a esperar, de acuerdo con las condiciones geólogo-tectónicas locales. Entre estas condiciones, presentan singular importancia las características geológicas, condiciones hidrológicas y geomorfológicas, potencia y distribución de los sedimentos no consolidados, la tectónica, etc., con la ayuda de los cuales trazamos las fronteras entre las diferentes áreas planteadas (MEDVIEDEV, 1973).

En nuestro caso, por ser la cuenca de Santiago de Cuba un territorio poco investigado, se hizo necesaria la realización de trabajos especiales para incrementar el grado de conocimiento de estos factores locales. Fue analizado, en primer lugar, el fracturamiento, debido a que en los secto-

Manuscrito aprobado el 26 de junio de 1983.

B. E. González, T. Chuy y M. Cotilla pertenecen al Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba y Gabriel Barceló al Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

res en que éste es significativo se presentan condiciones sísmicas desfavorables para la construcción. Además, muchas veces se encuentra asociado a estructuras disyuntivas, que se manifiestan como áreas con sus propiedades de resistencia disminuidas, en las que se incrementa el nivel de las amplitudes de las oscilaciones sísmicas (CHUY *et al.*, 1982).

En segundo lugar, se determinó la distribución de los sedimentos no consolidados. Estos sedimentos generalmente no son estudiados detalladamente cuando se realizan levantamientos geológicos a escalas regionales y semirregionales, apareciendo en mapas sólo si alcanzan una extensión y potencia considerables. En la realización de trabajos de microrregionalización sísmica se hace necesario ponerlos en evidencia, debido a que estructuras superficiales de dimensiones pequeñas y escasa potencia inciden en las características locales de perceptibilidad de los estremecimientos producidos por un sismo (VAKTANOVA, 1973).

## 2. INTERPRETACIÓN DE LOS MATERIALES AEROFOTOGRAFICOS

Para la realización del presente estudio se utilizaron 50 aerofotos correspondientes al territorio investigado, a escala 1:37 000, con un área terrestre de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>. La interpretación fotogeológica se realizó mediante las técnicas tradicionales, empleando estereoscopios de reflexión. El trazado de los elementos geológicos interpretados se realizó sobre láminas de acetato translúcido, para facilitar su procesamiento posterior y la elaboración de los mapas correspondientes.

En el descifrado de las fotos fueron de gran utilidad los índices directos e indirectos de la interpretación. Entre los primeros, contamos el fototono, la textura, las formas y dimensiones, así como la distribución espacial; entre los segundos, se destacan las formas del relieve, la red hidrográfica, la vegetación y los suelos (V. P. Teleguín y M. K. Baguianián, inédito).<sup>1</sup>

Durante la interpretación de los materiales aerofotográficos, los índices directos e indirectos fueron evaluados en su conjunto para esclarecer las dos características de la geología de la zona planteada: la fracturación de las rocas y la extensión de los sedimentos poco consolidados. Para ello se establecieron los índices de desciframiento que las caracterizan.

Para la identificación de las fallas y fracturas se consideraron el dibujo lineal característico, la discontinuidad en las estructuras, los escarpes de fallas, la linealidad y angularidad de la red fluvial, el alineamiento de las formas negativas del relieve, las anomalías lineales en la vegetación, y el fototono oscuro.

<sup>1</sup> "Utilización de los materiales de la aerointerpretación durante las investigaciones metalogénicas y confección de mapas metalogénicos y pronóstico." Conferencia, Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría", La Habana, 1980.

Para el desciframiento de los sedimentos no consolidados se consideraron las cotas reducidas, el relieve llano, los tonos grises homogéneos, la textura lisa, la vegetación de cultivos, la ausencia de estratificación visible, la asociación a cursos y a depósitos de agua y la baja densidad de la fracturación.

### 3. ANALISIS DEL FRACTURAMIENTO

Como resultado de la interpretación de los materiales aerofotográficos, se confeccionó el esquema fotogeológico de la fracturación y sedimentos no consolidados para el territorio de la Ciudad de Santiago de Cuba, a escala 1:37 000 (Fig. 1). A esta misma escala y utilizando como base este mismo esquema dividido en cuadrículas de 1 km<sup>2</sup>, en las que se midieron las longitudes de las fracturas, se confeccionaron los esquemas de longitud (Fig. 2) y densidad de fracturamiento (Fig. 3).

En el esquema de longitud de fracturamiento, se empleó el método de representación cartográfica de fondo cualitativo para los diferentes intervalos de longitudes a escala original. Para la confección del esquema de densidad de fracturamiento se tomó el valor obtenido de la suma de las longitudes medidas en mm, y se le asignó al punto medio de la cuadrícula correspondiente, empleándose la representación cartográfica de isolíneas con intervalos de espaciamiento de 10 mm.

De los esquemas anteriores se pudo apreciar la baja densidad de fracturamiento en las zonas costeras y en las áreas de distribución de los sedimentos no consolidados, así como un aumento de este parámetro hacia el N de la zona estudiada. En la Fig. 1 se destaca también la presencia de grandes fallas. En primer lugar, aparecen las fallas sublatitudinales que se encuentran al N de la Ciudad de Santiago de Cuba, exactamente al S de las sierras de Puerto Pelado y Boniato, las cuales se expresan claramente en la topografía, red fluvial y distribución de los sedimentos no consolidados, y presentan características que indican actividad. En segundo lugar, se destaca otra estructura con rumbo NE, que parte de la costa, pasa al N de la Ensenada de Cabañas, continuando hasta encontrarse con la falla de Puerto Pelado, en las cercanías del Barrio de Cuabitas. De esta misma zona parte otra falla que con dirección S atraviesa la ciudad y llega hasta la costa.

En la zona de Cuabitas y Boniato, el embalse Chalons, y las sierras de Puerto Pelado y Boniato, se produce un nudo de fallas y un sistema de bloques bien manifiesto, que coincide con una zona de máximos en el mapa de densidad de epicentros de terremotos a la región (DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, 1982), aunque, en general, los sismos registrados instrumentalmente en la misma son de baja energía (CHUY, 1980).

Para señalar las direcciones predominantes del agrietamiento en el territorio investigado se utilizaron las rosas-diagramas de 0-180°. Las direcciones del fracturamiento fueron determinadas para cuadrículas de 25 km<sup>2</sup>, representándose en intervalos de 20°, por ser éste el que mejor muestra las direcciones principales (Fig. 4). En éstas se destaca en todos los casos la dirección Caimán, además de las direcciones 70°, 110°, y 30°. Se comprobó la tendencia de las direcciones del fracturamiento, confeccionándose rosas-diagramas para el conjunto suma de las cuadrículas

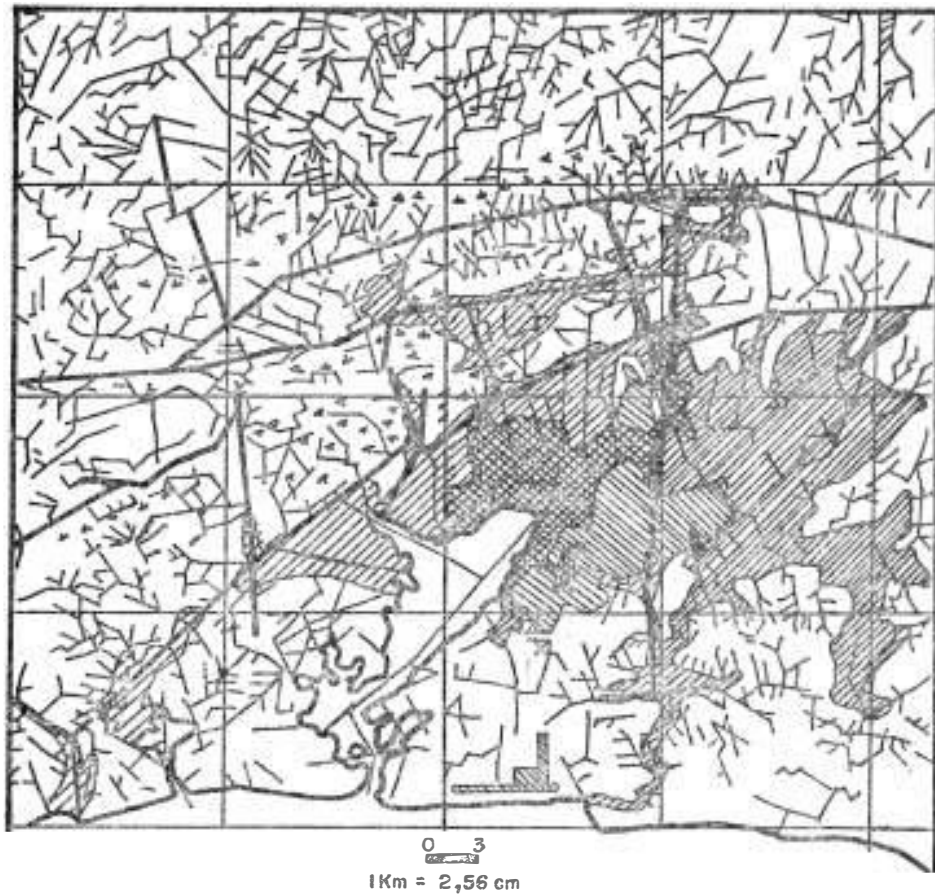


FIG. 1. Esquema fotogeológico de la fracturación y sedimentos no consolidados del área de Santiago de Cuba (escala original, 1:37 000). 1, fallas; 2, rumbo y buzamiento; 3, sedimentos no consolidados; 4, zona densamente urbanizada

Tabla 1. Cantidad de fracturas por direcciones, para cuadrantes de 25 km<sup>2</sup>, para el territorio de la Ciudad de Santiago de Cuba (intervalos en grados). El orden consecutivo de los cuadrantes es de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba en el esquema del fracturamiento.

		Fracturamiento por direcciones															Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
11	6	12	13	9	7	3	8	13	20	14	6	9	17	8	172			
									Intervalo de 0-20									
13	6	9	13	27	8	2	15	13	16	10	9	13	12	15	12	193		
									Intervalo de 20-40									
11	6	11	11	12	8	1	14	14	12	10	12	13	15	17	11	178		
									Intervalo de 40-60									
7	5	7	15	10	5	6	15	12	10	17	18	12	15	19	24	197		
									Intervalo de 60-80									
9	5	10	21	11	10	7	8	14	15	11	9	12	16	21	7	186		
									Intervalo de 80-100									
11	9	10	21	13	10	9	12	10	19	29	18	7	11	11	13	213		
									Intervalo de 100-120									
3	2	3	4	12	13	1	14	6	7	14	5	5	10	10	8	117		
									Intervalo de 120-140									
15	2	1	10	10	1	3	9	11	9	12	5	10	10	7	3	118		
									Intervalo de 140-160									
13	9	14	11	12	6	3	8	17	7	8	5	14	26	10	7	170		
									Intervalo de 160-180									
93	50	77	119	116	68	35	103	110	115	125	87	95	131	127	93	1544		
									Total									

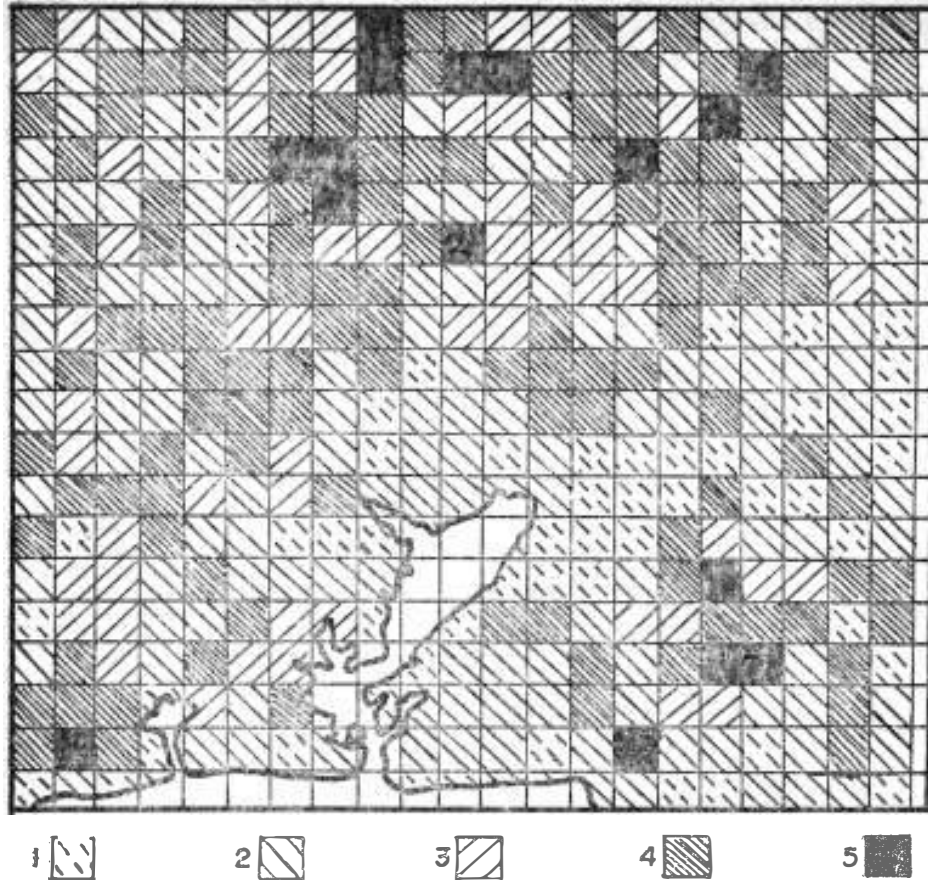


FIG. 2. Esquema de longitudes de fracturamiento (km) del área de Santiago de Cuba (escala original, 1:37 000). 1, 0 a 1; 2, 1 a 2; 3, 2 a 3; 4, 3 a 4; 5, más de 4.

por filas y columnas. En estos gráficos se observó que se mantenían también las mismas direcciones predominantes. El resumen de los datos correspondientes a este análisis se presenta en la Tabla 1.

Se determinaron también, utilizando la metodología de las rosas-diagramas en la forma antes planteada, las direcciones principales del fracturamiento en el territorio investigado, pero en este caso tomando en cuenta la longitud de los mismos. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 2 y en la Fig. 5.

Podemos señalar que existe correspondencia entre el número de grietas en una dirección y la longitud de las mismas en la propia dirección, para el territorio de Santiago de Cuba, debido a que las direcciones predominantes obtenidas por ambos métodos coinciden.

TABLA 2. Longitudes de fracturas por direcciones, para cuadrantes de 25 km<sup>2</sup>, para el territorio de la Ciudad de Santiago de Cuba (intervalos en grados). El orden consecutivo de los cuadrantes es de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba en el esquema del fracturamiento.

		Fracturamiento por longitudes (mm)														Total
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
118	165	214	134	216	152	31	99	116	275	118	110	161	179	248	186	2 522
Intervalo de 0-20																
154	67	110	85	325	54	26	176	227	155	143	130	130	141	189	133	2 245
Intervalo de 20-40																
94	91	87	97	153	96	0	110	108	166	79	105	141	154	168	121	1 770
Intervalo de 40-60																
142	72	93	169	97	78	123	156	168	160	258	273	167	270	289	327	2 842
Intervalo de 60-80																
152	86	213	175	169	197	146	134	119	223	225	255	119	156	266	94	2 729
Intervalo de 80-100																
167	127	166	186	84	173	97	95	151	187	314	277	73	175	113	115	2 500
Intervalo de 100-120																
51	42	62	48	163	77	6	158	104	111	182	68	91	128	90	86	1 467
Intervalo de 120-140																
227	37	4	108	125	57	28	86	63	118	147	50	93	145	73	15	1 439
Intervalo de 140-160																
139	106	191	125	149	121	24	90	195	109	129	60	187	270	142	85	2 122
Intervalo de 160-180																
Total																
1 244	793	1 140	1 127	1 481	1 005	481	1 104	1 314	1 504	1 595	1 328	1 162	1 618	1 578	1 162	19 636

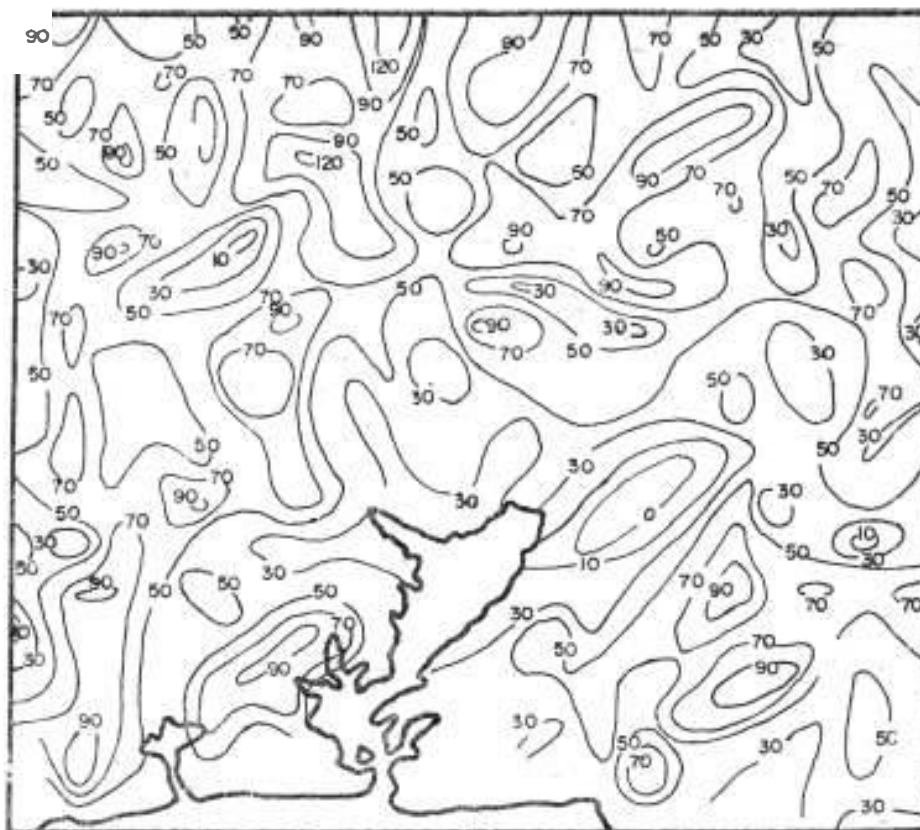


FIG. 3. Esquema de la densidad de fracturas de la cuenca de Santiago de Cuba (escala original, 1:37 000).

#### 4. SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS

La distribución de los sedimentos no consolidados en el territorio de Santiago de Cuba es muy amplia, cubriendo una superficie de 100 km<sup>2</sup> aproximadamente (Fig. 1).

Se destacan dos zonas importantes: la cuenca del Río San Juan, localizada en el NE de la Ciudad de Santiago de Cuba, la cual se continúa por su cauce hasta la desembocadura; y la zona N y NE de la bahía del mismo nombre.

En la Fig. 1 se señalan en el territorio otras áreas cubiertas por sedimentos no consolidados, tanto como la cuenca del Río Sardinero, al E de la Bahía de Santiago de Cuba, las zonas del NE y W de la Ensenada de Cabañas, y una zona irregular al W del embalse Chalons.

La mayoría de los sedimentos que aparecen en el territorio investigado se clasifican, por su génesis, de la forma siguiente:



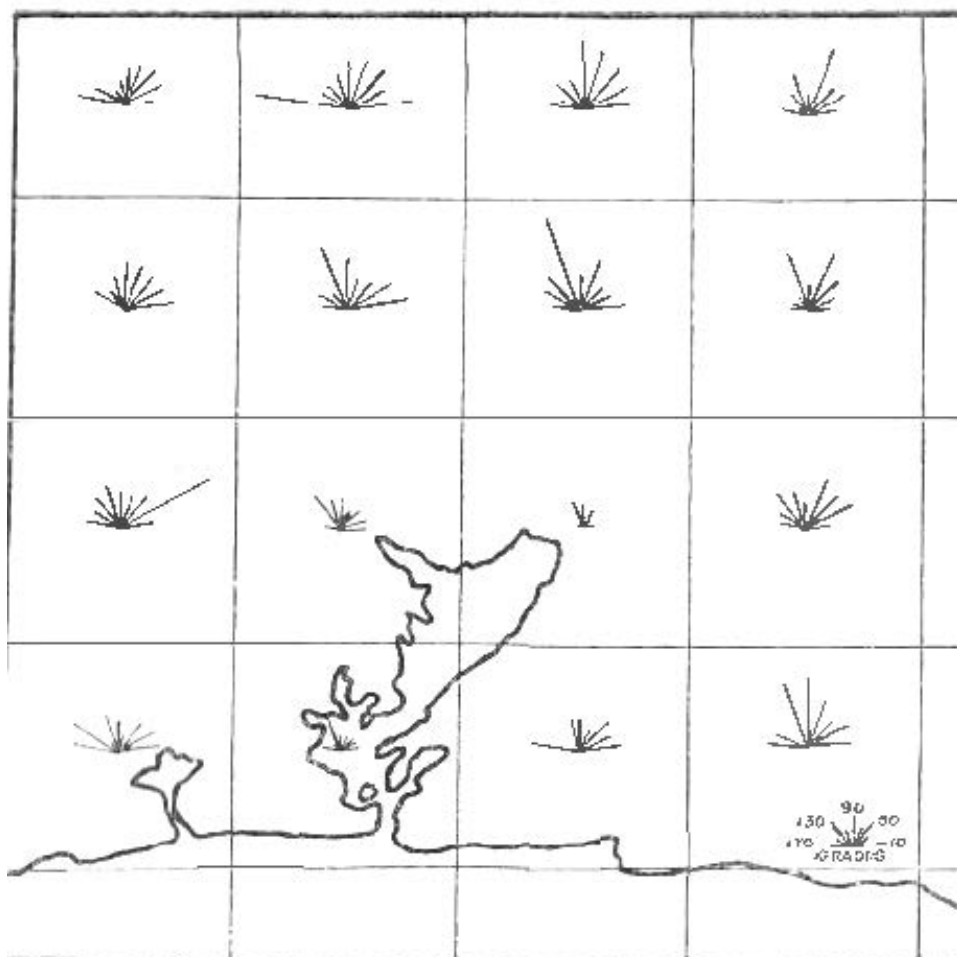


FIG. 4. Esquema de las principales direcciones de fracturamiento de la cuenca de Santiago de Cuba; intervalos de 20° (escala original, 1:37 000).

*Aluviales*, compuestos principalmente por suelos arcillosos, suelos arenosos y sus transiciones, los cuales son más abundantes en la cuenca del Río San Juan, en la parte *NE* de la Bahía de Santiago de Cuba, cerca de los ríos Cascón y Caimanes, y en la parte *NE*, en la cuenca del Río Paradas.

*Deluviales-proluviales*, compuesto fundamentalmente de arcillas, arenas de grano grueso, medio y fino, arcillas y arenas margosas, localizándose en las partes altas de la cuenca del Río San Juan y al *N* de la Bahía de Santiago de Cuba.

*Marino-palustres*, compuesto por fango arenoso y arcilloso fino con abundante contenido de material carbonatado y orgánico reciente. Se localiza en una zona del cauce del Río San Juan (entre El Sitio y Arroyo Canas), al *NW* de la Bahía de Santiago de Cuba, bordeando la Bahía de Miradero, y al *NW* de la Ensenada de Cabañas.

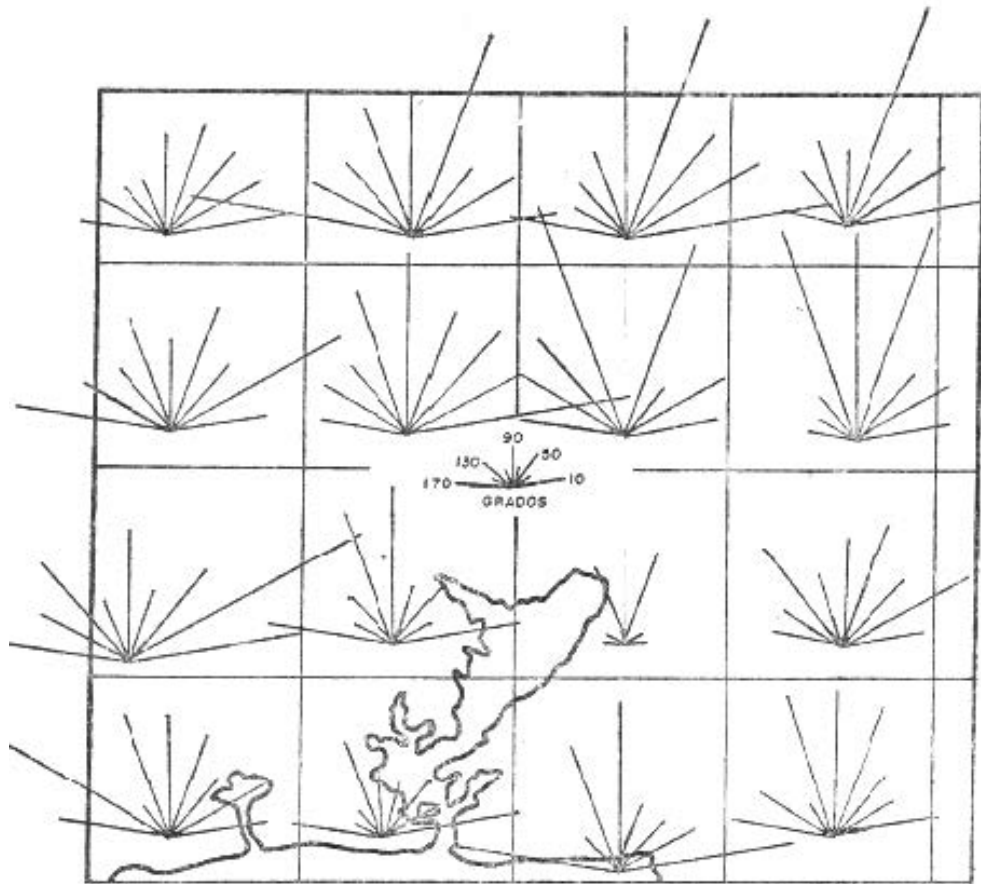


FIG. 5. Esquema de longitud de fracturamiento de la cuenca de Santiago de Cuba; intervalos de 20° (escala original, 1:37 000).

*Antropogénicos y mezclas heterogéneas de suelos*, los cuales se encuentran en la zona NE de la Bahía de Santiago de Cuba.

## 5. SUMARIO Y RECOMENDACIONES

Fue confeccionado el esquema fotogeológico del fracturamiento y sedimentos no consolidados, a escala 1:37 000, en el cual se evidencian las zonas con una mayor densidad del agrietamiento, que presentan peligrosidad desde el punto de vista constructivo.

Se obtuvieron las principales direcciones del fracturamiento a partir de rosas-diagramas. Estas son la dirección de Caimán y dos direcciones transversales correspondientes a los sistemas de fallas de dirección NE-SW y NW-SE, que son activas actualmente.

Se lograron resultados equivalentes con los dos métodos de análisis que fueron discutidos en el epígrafe 3, empleando rosas-diagramas, al

existir correspondencia entre el agrietamiento en dirección y en longitud. Puede recomendarse el empleo de la primera de ellas, que resulta mucho más sencilla.

Al N de la Ciudad de Santiago de Cuba se destaca un nudo de fallas y un sistema de bloques que coincide con valores máximos del mapa de densidad epicentral.

Para precisar aún más los resultados de este trabajo se recomienda realizar verificaciones de campo, y estudiar detalladamente los sedimentos no consolidados por tipos litológicos, verificando su distribución en el terreno.

Debe estudiarse la zona de bloques al N de la Ciudad de Santiago de Cuba, para evaluar el grado de peligrosidad sísmica que ofrece.

## REFERENCIAS

- CHUY, T. (1980): Régimen sísmico de la región suroriental de Cuba. *Invest. Seismol. Cuba*, 1:58-68.
- CHUY, T., ZAPATA, J., y GONZALEZ, B. E. (1982): Microrregionalización sísmica de la zona Levisa. *Invest. Seismol. Cuba*, 2:157-169.
- DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA (1981): Estudio del riesgo sísmico y microrregionalización sísmica en Cuba. Construcciones en zonas sísmicas. *Simp. Riesgo Sísmico Volcánico*, Inst. Italo-Latinoamericano, Roma, Italia.
- MÉDVIÉDEV, S. V. (1973): Recomendaciones para la microrregionalización sísmica RMS-73 [en ruso]. *Voprosi Inzhenernoi Seismol.*, vol. 15.
- VAKTANOVA, A. N. (1973): Acerca de la correlación entre las características ingeniero-geológicas y sísmicas de las rocas [en ruso]. En *Microrregionalización sísmica*, Donish, Dushanbe, vol. 1.

## ANALYSIS OF FRACTURES OF THE SANTIAGO DE CUBA REGION

### ABSTRACT

A photogeological map of the nonconsolidated deposits and ground fractures for the Santiago de Cuba basin (scale 1:37 000) is presented. On this basis, schemes of fracture density and of the main directions of fractures for the region under investigation were drawn. Descriptions of the nonconsolidated deposits, according to their genetical type, are also presented.