

**MINISTERIO DE LA CIENCIA,  
TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE.**

**CENAI-CITMA**

**TALLER SOBRE MANEJO DE RIESGO  
SISMICO**

**EVALUACION DEL PELIGRO,  
VULNERABILIDAD Y RIESGO SISMICO  
DEL PAIS, EN PARTICULAR DE LA  
REGION ORIENTAL.**

**AUTOR: Ing. Fernando Guasch Hechevarría.**

SANTIAGO DE CUBA

1995.



Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales

**CONTENIDO:**

I.- Introducción.

- Sísmicidad de Cuba y el Caribe.

II.- Peligrosidad o Amenaza.

III.- Vulnerabilidad.

IV. - Riesgo.

- Un análisis para Cuba Oriental.

V. - Conclusiones.

## I.- INTRODUCCION.

Los fenómenos naturales como manifestación de procesos dinámicos que ocurren en nuestro planeta, pueden transformarse en Desastres en la medida en que no conozcamos adecuadamente la amenaza que constituyen para nosotros esos fenómenos y de la susceptibilidad que presenta el entorno ante él.

Son muchos los autores que en las últimas décadas han profundizado en estos aspectos de Fenómeno Natural y Desastre Natural, concluyendo la mayoría de ellos en que cada día el hombre es más responsable de las situaciones que se presentan. En tal sentido se han establecido tres aspectos a tener en cuenta en el Manejo de Desastres:

- Amenaza Natural o Peligro
- Vulnerabilidad o Susceptibilidad
- Riesgo

En nuestra presentación analizaremos la Evaluación de estas categorías para los terremotos o temblores de tierra, que originados por la liberación súbita de energía acumulada durante procesos de deformación de la corteza terrestre en zonas de debilidad tectónica; han sido la causa de muerte de muchas personas y responsable de cuantiosas pérdidas en el mundo y muy particular en América Latina y el Caribe.

### - Sismicidad de Cuba y el Caribe.

Los estudios geodinámicos han corroborado que en sentido general los terremotos presentan cierta zonación, estando ubicados sus focos a lo largo de bandas o zonas sísmicas que constituyen los llamados límites de placas, o en el interior de las mismas.

En la zona de contacto entre placas se producen fenómenos complejos, que no sólo explican la sismicidad; sino también el vulcanismo, tales como:

- colisión entre placas
- subducción
- traslación

Los procesos geólogo-tectónicos ocurridos en el pasado, ubican a Cuba dentro de la placa de Norte América específicamente en una zona llamada Microplaca Cubana, que limita con la Placa del Caribe. Esta ubicación geográfica justifica las particularidades de la sismicidad de nuestro territorio, o sea, permite reconocer y explicar la existencia de:

- Sismicidad entre placas: asociada a la frontera de contacto entre la Placa de Norteamérica y el Caribe, que tiene su expresión geológica en el sistema de fallas, transformantes Bartlett-Caimán en Oriente.

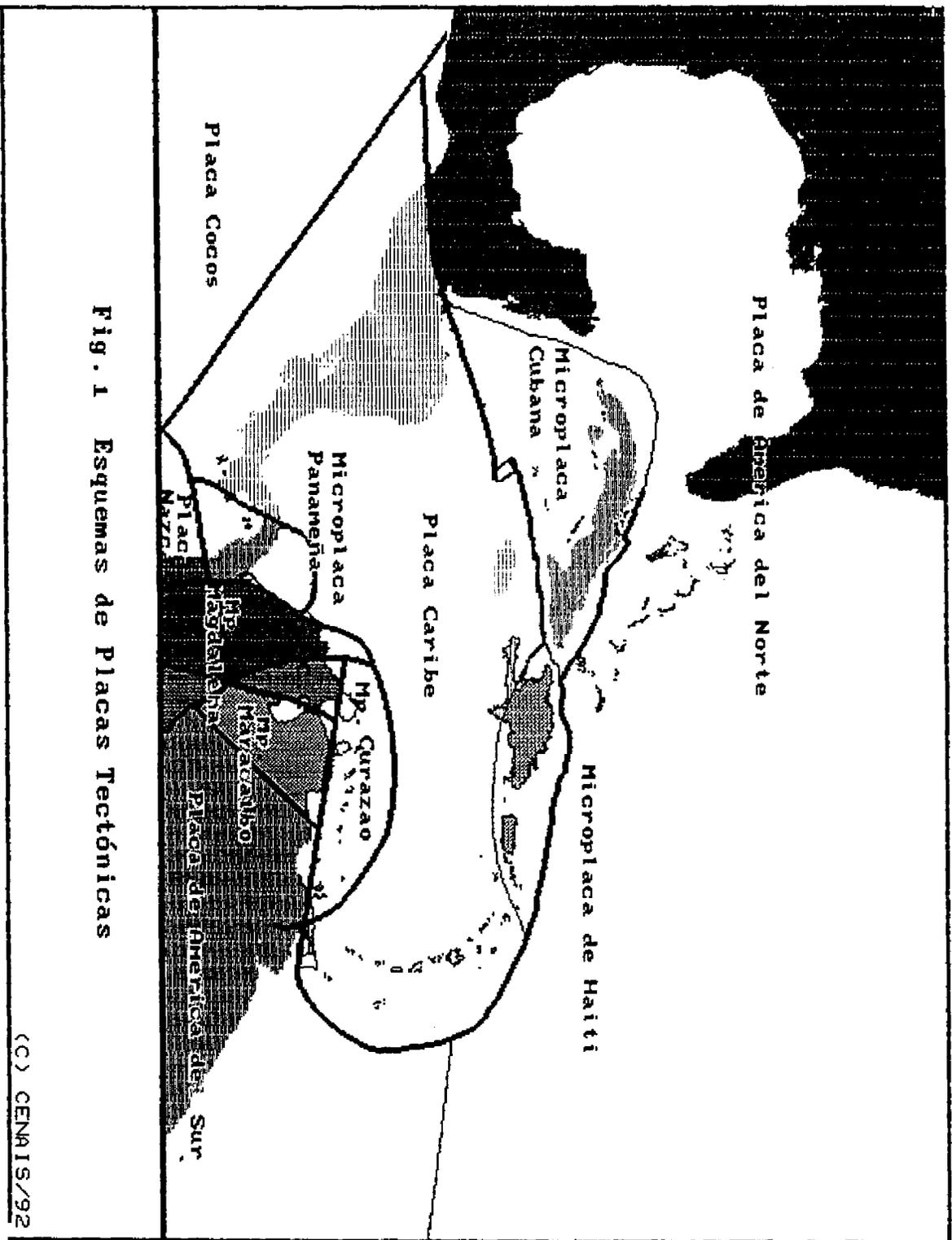


Fig. 1 Esquemas de Placas Tectónicas

- Sismicidad de interior de placa: asociada a estructuras tectónicas activas, como el cinturón Norte Cubano.

Esto significa que en nuestro territorio no existe el mismo nivel de potencialidad sísmica en todas sus partes, destacándose la región suroriental por la frecuencia con que ocurren en ella terremotos y los valores altos de magnitud e intensidad alcanzados históricamente. Por la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno natural, los sismos constituyen una **AMENAZA** o **PELIGRO** para esta región, considerada la mayor peligrosidad sísmica del país y en la cual se reportan hasta la fecha 22 sismos de gran intensidad ( $I \geq VII$ , escala MSK), de ellos 20 en el sector comprendido entre los 75-77 grados de longitud oeste (entre las localidades de Baconao a Chivirico) en zonas cercanas a la Ciudad de Santiago de Cuba.

**Es de especial interés significar:**

- Que de estos sismos fuertes, 2 de ellos produjeron intensidad,  $I=IX$  (MSK), en Santiago de Cuba en 1766 (magnitud  $M=7,6$ ) y 1852 ( $M=7,3$ ), reportándose en ambos considerables danos en toda la región oriental.
- El terremoto más intenso en el presente siglo, ocurrió el 3 de Febrero de 1932 en esta ciudad ( $M=6,75$ ,  $I=VIII$ ), provocando gran pánico y alarma en la población, una veintena de muertos, cientos de heridos y danos reportados en el 80 % de las edificaciones, muchas de estas con derrumbes parciales y colapso.
- Los dos últimos terremotos fuertes en Cuba Oriental se reportan al Oeste de los 77 grados, en Pilon, 1976 ( $M=5,7$ ,  $I=VIII$ ) y Cabo Cruz, 1992 ( $M=6,8$ ,  $I=VII$ ).
- La sismicidad de interior de placa se manifiesta a través de zonas de baja actividad distribuidas en el territorio nacional, aunque la frecuencia de ocurrencia es menor, la existencia de estructuras tectónicas activas de carácter local y regional, unido a focos de poca profundidad hacen que sismos de menor magnitud, reporten afectaciones significativas en las diferentes estructuras.

Es así que terremotos como el de 1880 (Magnitud  $M=6,0$ ), produjo VIII grados MSK en la zona de San Cristóbal-Candelaria provincia de Pinar del Río, el de 1982 ( $M=5,0$ ), produjo VI grados MSK en la zona de Torrientes-Jaguey Grande provincia de Matanzas, el de 1939 ( $M=5,6$ ), produjo VII grados MSK en la zona Remedios-Caibarién, el de 1943 ( $M=4,6$ ), produjo VI grados en la zona de Trinidad, el de 1953 ( $M=3,9$ ), produjo VI grados MSK en Morón, 1974 ( $M=4,0$ ), produjo VI grados MSK en Esmeralda, 1914 ( $M=6,15$ ), produjo VII grados MSK en Gibara, 1551 ( $M=5,8$ ), produjo VIII grados en la zona de Bayamo y 1992 ( $M=4,5$ ), produjo VI grados MSK en Moa, etc.

Esta estadística confirma que prácticamente no pueda considerarse exenta de **PELIGRO** potencial ninguna zona, aunque esta **AMENAZA** sea más probable e intensa en una Región específica del territorio Nacional.

## **II.- PELIGROSIDAD O AMENAZA.**

Dentro del análisis de las causas de un Desastre inducido por un terremoto o sismo de gran intensidad, la amenaza caracteriza el factor o componente natural.

Esta Amenaza Natural se define como el Peligro latente asociado a un fenómeno de origen natural, que puede manifestarse en un sitio específico y durante un período de tiempo determinado, produciendo efectos adversos sobre las personas, sus bienes y el medio ambiente.

"El impacto potencial de una amenaza natural está normalmente representado en términos de su posible magnitud o intensidad. En términos matemáticos la peligrosidad está expresada como la probabilidad de ocurrencia de un evento de ciertas características en un sitio determinado y durante un tiempo específico de exposición. La probabilidad de ocurrencia de eventos puede obtenerse para diferentes sitios si se tienen registros suficientes de información de eventos ocurridos en el pasado durante un período significativo".

Los estimados de Peligrosidad pueden ser realizados por métodos determinísticos o probabilísticos en términos de Intensidad, Velocidad, Desplazamiento y Aceleración.

Para la definición de estos estimados de Peligrosidad Sísmica, es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- el modelo estadístico de la ocurrencia de terremotos y sus efectos.
- la definición de las Zonas de Origen de Terremotos (ZOT) con sus correspondientes parámetros del régimen sísmico.
- la Ley de atenuación del parámetro estudiado.

Los estimados de Peligrosidad permiten la realización de trabajos de Regionalización Sísmica y son la base para los estudios de Efecto Sísmico y Microzonificación.

Los investigadores cubanos han alcanzado en este campo, contándose en la actualidad con estimados de peligrosidad para todo el territorio nacional, basados en datos de sismicidad histórica e instrumental.

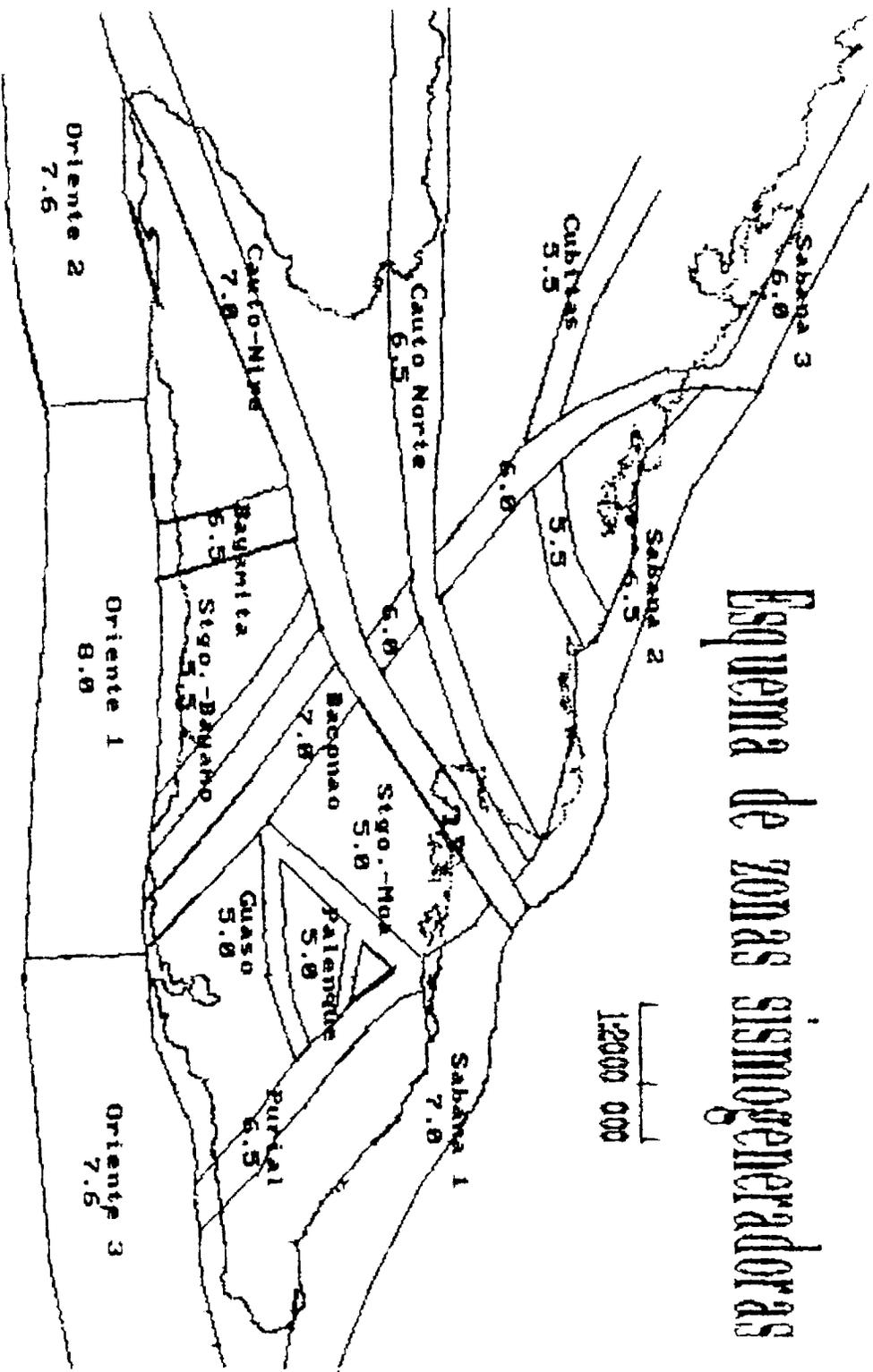
Para caracterizar la **AMENAZA**, es necesario el establecimiento de un sistema de observación que permita el monitoreo permanente de la actividad sísmica para conocer su tendencia, anomalías y

- 1.- Soroa
- 2.- Rio Carpintero
- 3.- Las Mercedes
- 4.- Pinares de Mayarí
- 5.- Maisí
- 6.- Cascorro
- 7.- Holguín
- 8.- Bazan
- 9.- Tumbadero
- 10.- Manatí



## Red Nacional de Estaciones Sismológicas Convencionales

# Esquema de zonas sismogeneradoras



régimen en general.

En tal sentido se ha desarrollado desde los años 60 hasta la fecha, un Servicio Sismológico Nacional con estaciones Regionales asistidas y Telemétricas; el cual aún no da cobertura a todas las zonas sismogeneradoras del país, presenta un funcionamiento irregular, no cuenta con equipamiento para el registro de terremotos fuertes y en sentido general, no satisface por la calidad del dato que suministra las necesidades para un estudio profundo y consecuente de Peligro.

Finalmente es bueno expresar que para caracterizar el peligro sísmico, se necesita el análisis de información geológica, tectónica, geofísica, geodésica y sismológica de forma integral, sobre todo en la delimitación de las Zonas Sismogeneradoras.

Un análisis de estas zonas y de los mapas de epicentros de la Región Oriental muestran que la estructura Bartlett-Caimán constituye el mayor peligro con una potencialidad máxima en su sector central.

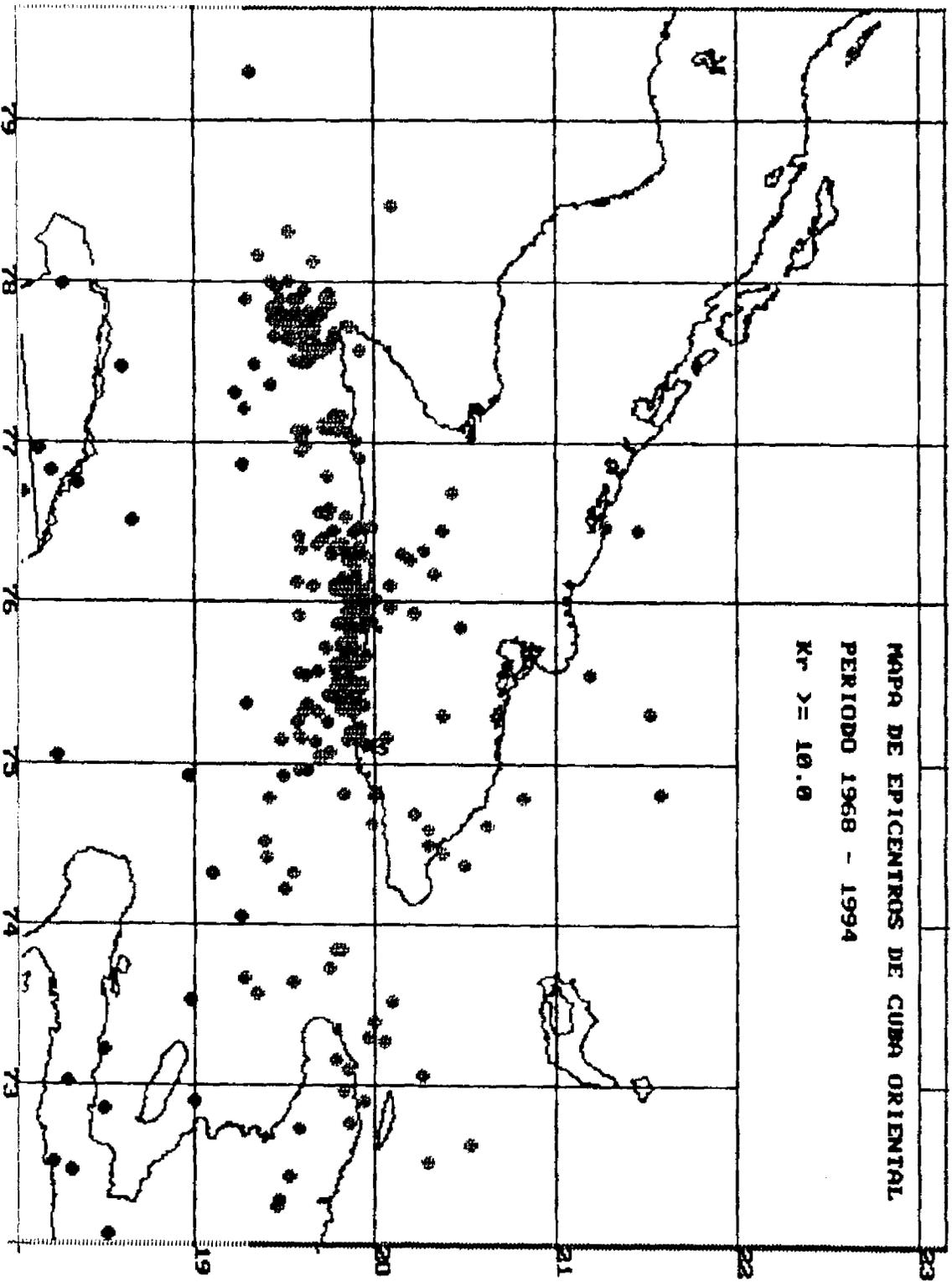
La distribución de epicentros a lo largo de la frontera entre placas no resulta ser homogénea, resaltando el sector Oriente 2 cercano a Cabo Cruz y Oriente 1, próximo a Santiago de Cuba y entre ellos zonas de menor densidad de epicentros que bien pudieran estar asociadas a zonas de tranquilidad o GAPS sísmicos. Lo cierto es que en estos sectores es donde se han reportado terremotos intensos a través de la historia y donde debemos esperar nuevos focos en preparación como AMENAZA potencial. En el sector Oriente 3 no se reportan sismos de gran intensidad aunque tiene una alta potencialidad y se caracteriza por reportarse en él los sismos más profundos catalogados asociados a la estructura Oriente.

En la actualidad se realizan estudios con vista a estimar precursores de terremotos fuertes en base a diferentes variables geofísicas y sismológicas donde se hace imprescindible el análisis retrospectivo del régimen sísmico observado.

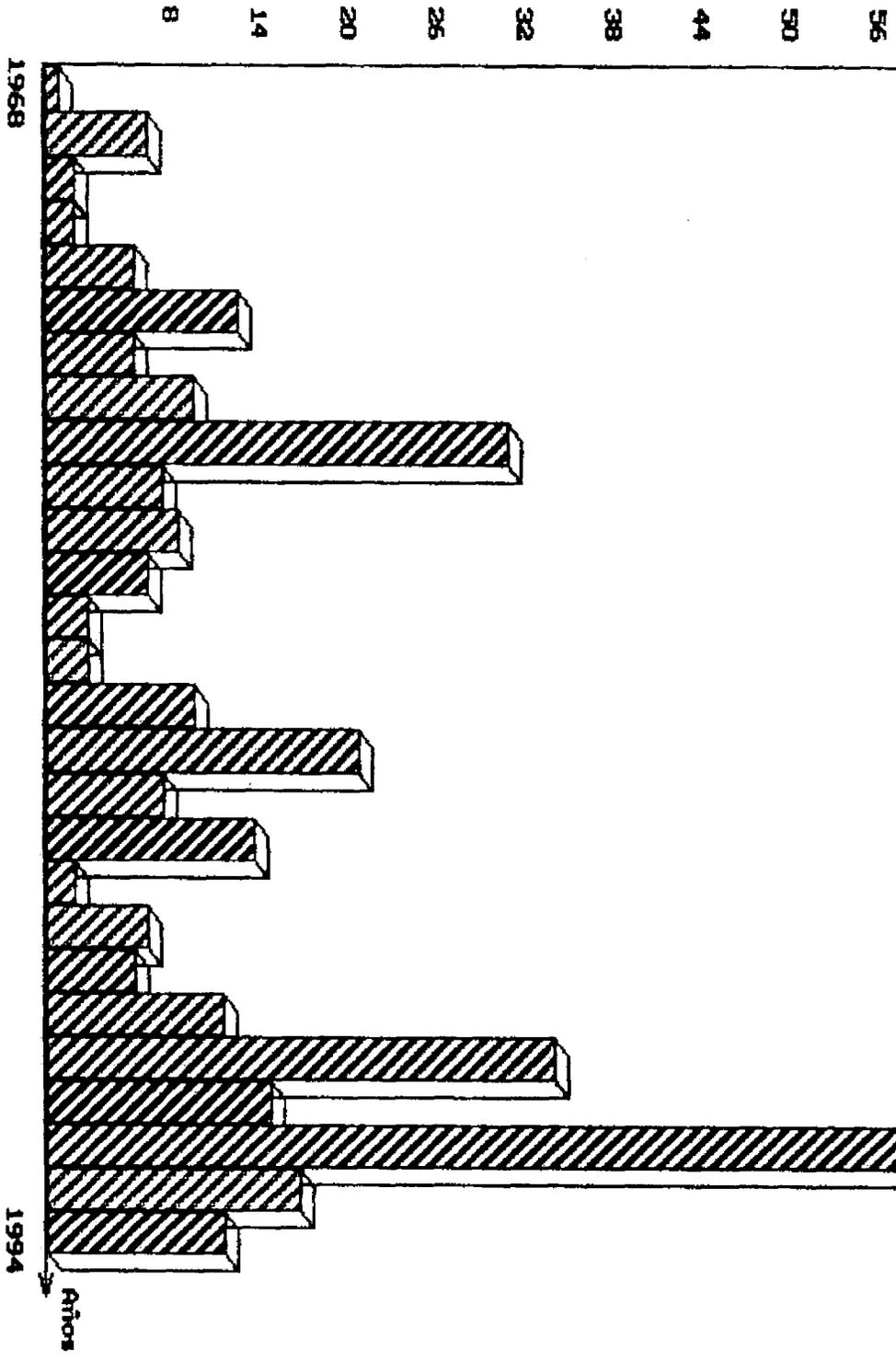
### **III. VULNERABILIDAD**

Es una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser las estructuras, los elementos no estructurales, las personas, las instituciones y sus actividades colectivas. La vulnerabilidad está generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual el elemento está expuesto.

La vulnerabilidad (V) es expresada en la escala comprendida entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida total) lo cual permite establecer una clasificación por categorías.



62 N. de Eventos  
con Kr >= 10.0



Como parámetro, la vulnerabilidad es expresión de inseguridad e inestabilidad y es una función del tiempo, sometida a los cambios que puedan sufrir los elementos que corran Peligro y que están en dependencia del nivel de desarrollo económico-social del territorio.

Profundizar en la vulnerabilidad es analizar que las causas que propician la manifestación de una AMENAZA se conviertan en una CATASTROFE. La vulnerabilidad se hace evidente cuando comparamos como terremotos con similares magnitudes (medida de la energía liberada) provocan diferentes consecuencias en diversas zonas del mundo.

Analizar en su justa medida la vulnerabilidad significa definir:

- A qué se es vulnerable?
- Por qué se es vulnerable?

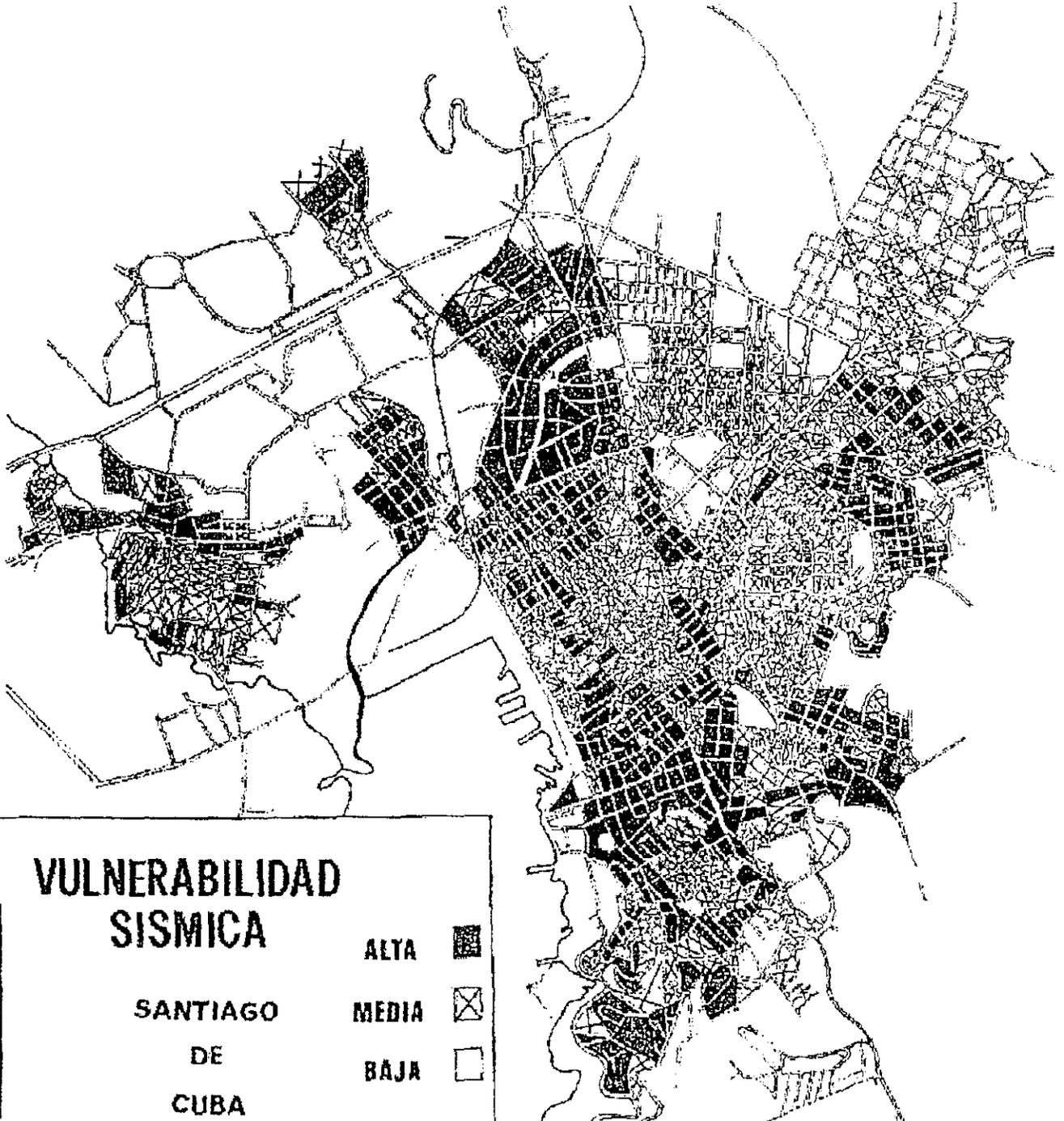
Estas interrogantes han puesto de manifiesto que la vulnerabilidad es el resultado de muchos puntos débiles del medio en el cual el hombre desarrolla su vida y de la organización y estructuras sociales existentes.

Se puede decir incluso que la vulnerabilidad sísmica es relativa y tiene una manifestación muy diferenciada en las sociedades, atendiendo a su desarrollo económico. Evaluemos a modo de ejemplo que los terremotos en los países industrializados producen pérdidas económicas y en los países en vías de desarrollo muchas víctimas (meditese en la relación de los terremotos en el III Mundo).

En nuestro país desde la década de los 80 se incrementó la atención a los estudios encaminados a la evaluación del impacto u efecto de los terremotos. En tal sentido en la región de mayor Peligrosidad Sísmica (Santiago de Cuba), se realizaron a partir de estudios de Regionalización Sísmica que definieron el grado base de intensidad, estudios de Microzonificación o Microrregionalización con el objetivo de conocer las modificaciones que se producirían en el grado asignado atendiendo a las condiciones ingeniero-geológicas, posición del nivel freático, tectónica, etc. Estos estudios culminaron con el Mapa de Microzonificación Sísmica (Esc: 1:25 000) de la Ciudad de Santiago de Cuba, documento rector para el uso del suelo, pues permite definir entre otros aspectos donde y como construir.

Este material fué un documento básico para el inicio de los estudios de Vulnerabilidad Constructiva. Estos trabajos iniciales permitieron obtener un Mapa de Vulnerabilidad Sísmica bastante integral que ha servido de base para la confección de los Planes de Contingencia en la región. Sin embargo adolecen de un análisis de la vulnerabilidad funcional, sobre todo de escuelas y hospitales, de la Vulnerabilidad social, económica, etc.

En esta dirección el CENAIIS como institución rectora de las Investigaciones Sismológicas en el país junto al EMNDC trabajan en el perfeccionamiento y desarrollo de estos estudios.



**VULNERABILIDAD  
SISMICA**

**SANTIAGO  
DE  
CUBA**

- ALTA** 
- MEDIA** 
- BAJA** 

#### IV. RIESGO

Es la probabilidad de que se presenten pérdidas o consecuencias económicas y sociales debido a la ocurrencia de un fenómeno PELIGROSO. Por lo tanto el Riesgo se obtiene de relacionar la AMENAZA o probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad, con la vulnerabilidad, o potencialidad que tienen los elementos expuestos al evento a ser afectados por la intensidad del mismo. Dicho en otras palabras, el Riesgo para que ocurra un desastre se define comunmente como el producto de la probabilidad entre una AMENAZA o (PELIGRO) y la VULNERABILIDAD de la población.

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

(natural)                      (inducida)

El manejo o la administración de los desastres implica entonces trabajar en las fases antes, durante y después de que ocurra un evento, en la reducción de la vulnerabilidad y en el monitoreo de los fenómenos naturales.

En términos actuales se reduce el Riesgo a un Desastre, caracterizando la Amenaza de forma acertada y objetiva y erradicando los elementos vulnerables al Peligro, con una consecuente política de Mitigación y obras de Prevención.

$$\text{DESASTRE} = \text{RIESGO} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

-----  
PREPARACION

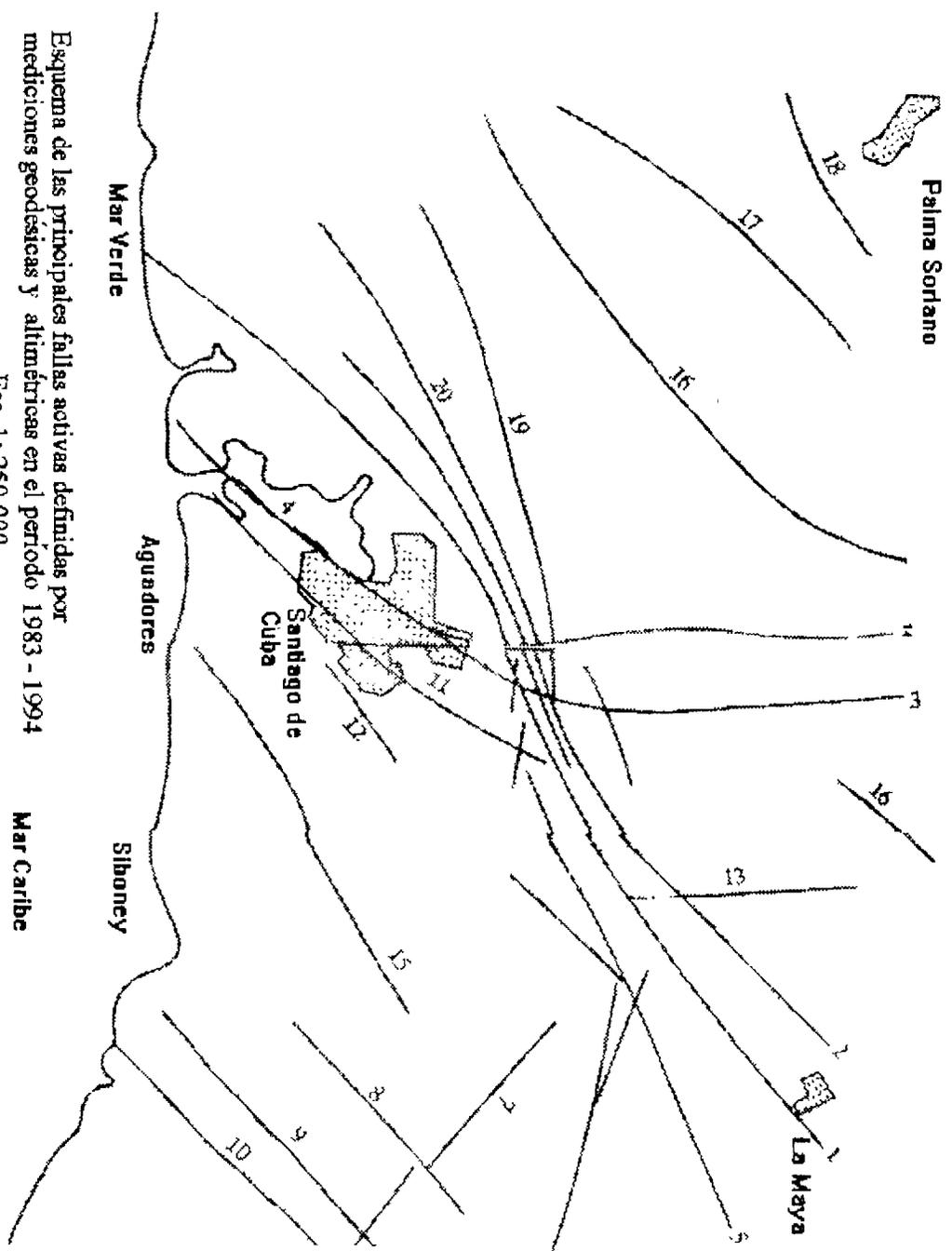
Con estos conceptos es comprensible entonces por qué Santiago de Cuba es la región del país con mayor riesgo sísmico; pues es la que está expuesta al mayor peligro y cuenta con una infraestructura vulnerable a los embates de la naturaleza. Por esta causa se trabaja duramente en:

- El estudio continuo del Peligro a través de una Red de monitoreo de la micro actividad sísmica originada cercana a la Cuenca de Santiago de Cuba.

- Se desarrolla desde 1982 en Cuba Suroriental un Polígono Geodinámico, donde se realizan mediciones geodésicas altimétricas de alta precisión que nos han servido de base para el establecimiento de un Esquema de Fallas activas para la Cuenca. Se trabaja por desarrollar mediciones horizontales y el establecimiento de un Modelo Geodinámico para la Zona, elemento básico para las investigaciones encaminadas al pronóstico.

- Se evalúan los fenómenos físico-geológicos posibles a manifestarse o catalizarse por sismos de gran intensidad (Esquemas de Riesgo Geológico).

- Se proyecta la confección de mapas de Riesgo Sísmico y Riesgo Sísmico Específico integrando todas las instituciones del territorio y desarrollando un efectivo plan comunitario.



Esquema de las principales fallas activas definidas por mediciones geodésicas y altimétricas en el período 1983 - 1994  
Ese. 1: 250 000

*Fase de reducción de riesgo  
previa al desastre*



*Fase de recuperación posterior al desastre*

## CONCLUSIONES.

Nuestro país consciente de la magnitud de las catástrofes sísmicas que durante el presente siglo han afectado a más de 70 países en los que 1120 terremotos han causado la muerte de más de millón y medio de personas, ha propiciado el desarrollo de las Investigaciones Sismológicas con el fin de elevar el conocimiento y la acción en el enfrentamiento a los Desastres más aún en el actual DIRDN. En tal sentido con la evaluación del Peligro, la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico del país y en especial de la región Oriental se dan pasos importantes para lograr un desarrollo sostenible en el año 2000.

Es de vital importancia incrementar la acción comunitaria en labores de Prevención y Manejo de Desastres. La comunidad científica nacional y en especial los trabajadores de las Geociencias se sienten comprometidos en trabajar por un Futuro sin Riesgo.