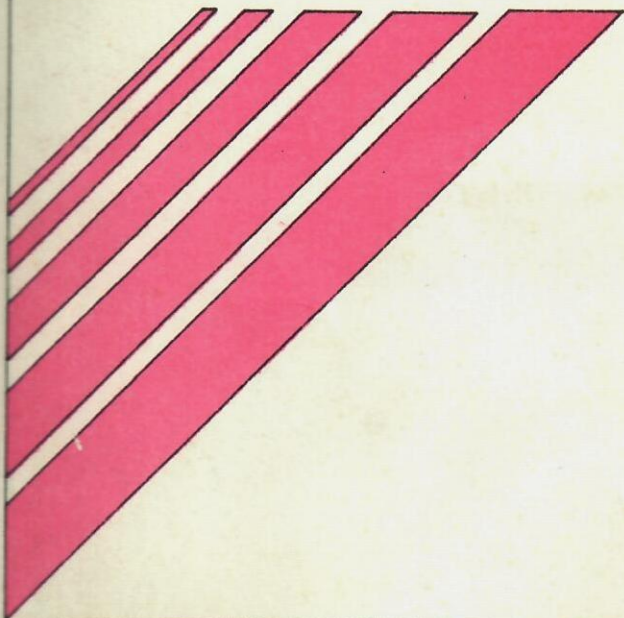


INFORME PRELIMINAR  
TERREMOTO 22 DE ABRIL 1991, Ms:7.4  
VALLE DE LA ESTRELLA, LIMON, COSTA RICA



INSTITUTO DE INVESTIGACION: OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y  
SISMOLOGICO DE COSTA RICA, UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR

INFORME PRELIMINAR

OBSERVACIONES INICIALES OBTENIDAS  
LUEGO DEL TERREMOTO DEL 22 DE ABRIL DE 1991, Ms=7.4,  
VALLE DE LA ESTRELLA, COSTA RICA

ELABORADO POR:

C. MONTERO, J. SEGURA, E. MALAVASSI, F. GÜENDEL, V. GONZALEZ  
E. FERNANDEZ, F. DE OBALDIA, D. ROJAS, H. RODRIGUEZ, A. MATA,  
R. VAN DER LAAT, V. BARBOZA, O. BARRANTES, T. MARINO

OVSICORI-UNA

K. McNALLY

UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA SANTA CRUZ

MAYO, 1991

## CONTENIDO

### INTRODUCCION

ACTIVIDAD SISMICA HISTORICA DE LA REGION.....	5
LA RED SISMOGRAFICA DEL OVSICORI-UNA.....	6
METODOLOGIA.....	8
SISMOTECTONICA: INTERPRETACION PRELIMINAR.....	10
SISMOGRAFOS DIGITALES DE BAJA GANANCIA.....	16
EVOLUCION DE LA SISMICIDAD POSTERIOR AL EVENTO PRINCIPAL.....	16
LEVANTAMIENTO DE LA COSTA DE LIMON.....	19
MAPA DE INTENSIDADES SISMICAS Y LOS EFECTOS DEL TERREMOTO.....	23
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS.....	27

### INDICE DE TABLAS

TABLA 1: PERDIDAS POR EL TERREMOTO	
TABLA 2: ESTACIONES DE LA RED SISMOGRAFICA.....	6
TABLA 3: MODELO CONVENCIONAL DE VELOCIDADES.....	8
TABLA 4: MODELO DE VELOCIDAD MAS LENTO.....	9
TABLA 5: RETARDOS USADOS EN LAS LOCALIZACIONES.....	10

### INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LA RED SISMOGRAFICA OVSICORI-UNA.....	7
FIGURA 2: MAPA CON RELOCALIZACIONES USADAS.....	11
FIGURA 3: SECCION TRANSVERSAL DE LAS RELOCALIZACIONES.....	12
FIGURA 4: MECANISMO FOCAL DEL EVENTO PRINCIPAL.....	13
FIGURA 5: MAPA RELOCALIZACIONES Y MECANISMOS FOCALES.....	14
FIGURA 6: MECANISMO FOCAL COMPUESTO EVENTO PRINCIPAL.....	15
FIGURA 7: MODELO ESQUEMATICO DE FALLAS.....	17
FIGURA 8: ACELEROGRAMA DEL EVENTO PRINCIPAL.....	18
FIGURA 9: MAPA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACTIVIDAD SISMICA.....	20
FIGURA 10: GRAFICO CON LAS MEDICIONES DEL LEVANTAMIENTO COSTERO.....	21
FIGURA 11: MAPA PRELIMINAR DE INTENSIDADES.....	24

---

FE DE ERRATAS

INTRODUCCION, segundo párrafo, después de "latitud....."  
leáse "latitud 9 grados, 37 minutos y una longitud de 83 grados, 7  
minutos".

INTRODUCCION, segundo párrafo, después de "17 Kms" leáse "17 Kms y  
una longitud de ruptura de aproximadamente 80 por 60 kms".

---

## INTRODUCCION

La actividad sísmica en la región del Caribe en Costa Rica, no es algo nuevo. Existen reportes de importantes sismos en los períodos Pre-Instrumental e Instrumental de nuestra historia sísmica (Catálogo de Temblores, 1984, OVSICORI-UNA). Además la Red Sismográfica del Instituto de Investigación: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica-Universidad Nacional; ha registrado eventos sísmicos que no produjeron daños apreciables en esa región, desde su instalación en 1984.

El sismo del 22 de abril de 1991, Ms=7.4, se ubicó con epicentro 39.5 kms al sur de puerto Limón, Costa Rica, una latitud de 80 km y una longitud de 60 km a una profundidad de 17 kms. Este sismo de magnitud elevada para eventos de intraplaca (ubicados cerca de la superficie), produjo daños de gran envergadura en la infraestructura de Puerto Limón y la región del Caribe de Costa Rica. Daños importantes también ocurrieron en el Valle Central de nuestro país (Tabla 1).

TABLA 1. REPORTE DE DANOS POR PROVINCIA

PROVINCIA	MUERTOS	HERIDOS	DANNIFIC. VIV.	DESTRUIDAS VIV.	DAÑADAS
SAN JOSE	0	1	15	28	21
ALAJUELA	0	0	0	7	0
CARTAGO	0	6	453	969	1000
HEREDIA	0	0	0	1	0
LIMON	48	554	6368	1856	3406
PUNTARENAS	0	0	0	33	0
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>561</b>	<b>6841</b>	<b>2894</b>	<b>4427</b>

FUENTE: Comisión Nacional de Emergencia.

La ocurrencia de actividad sísmica en las horas y días subsiguientes al Sismo del Valle de la Estrella, en otras fuentes al interior del Valle Central, indica una relación temporal con la ocurrencia de este terremoto. Algunas fuentes sísmicas activadas después del terremoto del Valle de la Estrella, eran ya conocidas (San Isidro del General, sur de Cartago, Volcán Irazú, sur-oeste de Puriscal), pero también otras fuentes eran desconocidas, siendo la más importante de ellas la de Moravia de Chirripó.

Con el fin de estudiar detalladamente la sismicidad asociada al Terremoto del Valle de la Estrella, se instaló una nueva estación telemétrica permanente. Además, se instaló una red de sismógrafos digitales en forma conjunta con el Charles F. Richter Laboratory de la Universidad de California en Santa Cruz, y científicos de otras universidades norteamericanas, que se sumaron a la misión científica de apoyo al OVSICORI-UNA, que fue organizada por el Laboratorio Richter, para estudiar la secuencia de réplicas del Terremoto.

El presente informe, sumaria en forma preliminar las observaciones sobre El Terremoto del Valle de la Estrella y la actividad sísmica asociada a este gran evento. Posteriormente, una vez analizada toda la información registrada por la Red Permanente del OVSICORI-UNA y los instrumentos digitales instalados cerca de la región epicentral, así como otras observaciones que se realizan en este momento; y de acuerdo al futuro desarrollo de esta actividad, se publicará un trabajo final.

Gestiones realizadas por científicos norteamericanos, presididos por la Dra. Karen MacNally, han resultado en que la reunión anual 1991 de la Unión Geofísica Americana, va a dedicar una sesión exclusiva para discutir el Terremoto del Valle de la Estrella, con participación de todos los científicos que a nivel mundial, investigan en la actualidad las características de este evento sísmico.

## ACTIVIDAD SISMICA HISTORICA DE LA REGION:

La recopilación del Lic. Cleto Gonzalez Víquez (1910), menciona tres grandes terremotos históricos para la región de Limón ocurridos en 1798, 1822 y 1916. Reproducimos a continuación algunas descripciones ilustrativas.

En nota 22 de febrero de 1798, el comandante de Matina decía al Gobernador Acosta: "Anoche entre las 7 y las 8 dió esta mar un bramido que ciertamente nos dejó a todos los habitantes de este paraje sorprendidos y con diferencia de 6 a 8 minutos comenzó a estremecerse la tierra, que sin la más leve ponderación duró un cuarto de hora; y lo que más nos acongoja es que hasta hoy día de la fecha, que serán las 8 de la mañana, se ha mantenido en continuo balanceo, esperando por minutos la muerte. A esto se agrega que desde que empezó á temblar se pico la mar en tanta manera que parece que ya se nos viene encima, por lo que participo á Ud. que siendo como es este lugar tan propenso á inundarse y consiguientemente el terreno tan deleznable, pienso yo y todos estos vecinos retirarnos, cuando no á esa ciudad, a buscar altura hasta tanto Dios mejore sus horas".

En 1822, el señor Raimundo Calvo, en declaración ante el Ayuntamiento de Cartago dice: "en Matina se sintieron tres sacudidas tan violentas como no recordaba ningún vecino haber sentido nunca; que quedó temblando casi sin interrupción por espacio de veinticuatro horas; que la tierra, en varios sitios, se rajó, dejando grietas profundas, de las cuales salía una agua salitrosa y arenillas negras; que los ríos y Bahía crecieron y ocasionaron inundaciones: que los vecinos resolvieron venirse á Cartago; que en el río Hondo, inmediato á Matina, encontraron al Padre Don Tomás Prieto, quién al saber estas noticias, se llevó la gente toda para el río Pacuare". Las descripciones del sismo de 1798, coinciden con las de los sismos de 1822, 1916; en la ocurrencia del fenómeno de licuefacción, el cual ocurre solo cuando se producen sismos de magnitudes grandes.

En tanto el periódico La Hora del 8 de enero de 1953, citado por Feldman, 1984 (en prensa), dice: "La ciudad de Limón fue azotada esta mañana fuertemente por un nuevo temblor, que se hizo sentir en casi todo el territorio nacional. Repórtanse numerosos daños en la estructura de la ciudad, así como principios de incendios. La ciudad quedó sin fuerza eléctrica y sin agua y el gobernador de la provincia, don Rubín Venegas estima que los daños ascienden a un millón de colones"

De los grandes sismos históricos solo se conoce la magnitud del sismo de 1916,  $M=7.4$ , que es igual a la del Terremoto del Valle de la Estrella.

El período de retorno de los grandes sismos de la región de Limón es de 24 a 94 años con base en el tiempo transcurrido entre los grandes sismos históricos conocidos. Las descripciones de daños no mencionan algunas de las características del sismo de 1991. Por ejemplo, no existen referencias a elevación del nivel de la costa para ninguno de los sismos anteriores, a pesar de que la zona costera estaba habitada al menos en 1916. Este hecho sugiere la posibilidad de que los sismos de la región de Limón tengan origen en fuentes sísmicas distintas. Esto podría explicar la aparente variabilidad de los períodos de retorno de los grandes terremotos.

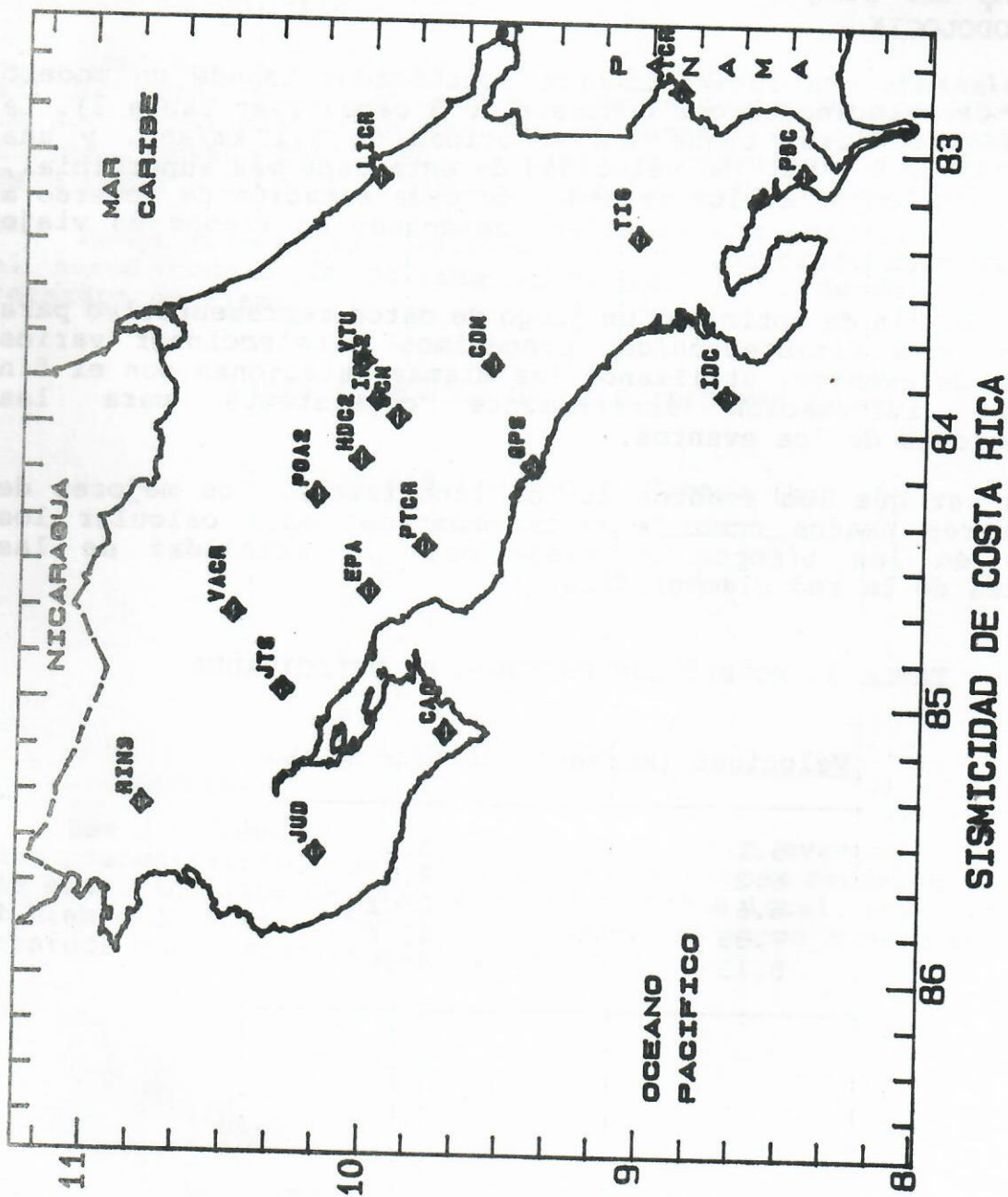
#### LA RED SISMOGRAFICA DEL OVSICORI-UNA

Antes del sismo del 22 de abril de 1991 en la zona de Limón, la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA contaba con un total de 17 estaciones en operación cubriendo el territorio nacional (ver figura 1 y tabla 2). Todas estas estaciones están configuradas con sismómetros de período corto ( $F_n: 1 \text{ Hz}$ ), componente vertical y respuesta Benniof. La respuesta de los filtros del amplificador sísmico esta confinada entre  $.2 \text{ Hz}$  y  $5 \text{ Hz}$  para un rango dinámico máximo de 84 dB.

TABLA 2. ESTACIONES DE LA RED SISMOGRAFICA DEL OVSICORI-UNA

Estación	Código	Lat. N.	Long. W.	Elev.	DLY
Volcán Irazú (*)	IRZ2	09:58.13	83:53.85	2950	.60
Volcán Poás (*)	POA2	10:10.63	84:15.05	2500	.51
Volcán Turrialba	VTU	10:01.26	83:45.50	3329	.66
Volcán Rincón de la Vieja (*)	RIN3	10:47.45	85:22.72	900	.17
Quepos	QPS	09:24.19	84:07.94	83	.02
Cerro de La Muerte	CDM	09:33.31	83:45.95	3470	.69
Esparza	EPA	09:59.26	84:35.79	310	.06
Potenciana	PTCR	09:47.37	84:25.77	1510	.30
Heredia	HDC2	10:01.42	84:07.00	1220	.24
Cóbano	CAO	09:42.07	85:06.20	263	.05
Juan Díaz	JUD	09:09.72	85:32.82	844	.17
Punta Burica	PBC	08:26.62	83:04.25	140	.22
Cotón	CTCR	08:53.77	82:45.56	1620	.32
Las Juntas de Abangares	JTS	10:17.45	84:57.15	340	.07
Cerro Tigre	TIG	09:02.20	83:17.76	690	.15
Ochomogo	OCM	09:53.59	83:57.65	1660	.33
Chilamate (**)	CHCR	10:02.65	84:16.45	930	.17
Limón (***)	LICR	09:58.15	83:05.30	105	.02

FIGURA 1  
RED SISMOGRAFICA OVSICORI-UNA



SISMICIDAD DE COSTA RICA

- (\*) Estación reubicada con respecto a arreglo original de 1984
- (\*\*) Estación Temporal
- (\*\*\*) Estación permanente instalada a partir del 26 de abril 1991

Después del sismo del 22 de abril de 1991, se instaló cerca de la ciudad de Limón otra estación sismográfica telemétrica, para obtener una mejor cobertura de la sismicidad, el código de esta estación, es LICR (ver Tabla 2).

### METODOLOGIA

Los sismos son rutinariamente localizados usando un modelo estandar de velocidades que consiste de 5 capas (ver Tabla 3). La capa más superficial tiene una velocidad de 5.1 km/seg. y una profundidad de 8.2 km. La velocidad de esta capa más superficial, es usada para computar los retardos de cada estación de acuerdo a la elevación de cada una de ellas, agregando un tiempo de viaje extra para cada estación.

Con el fin de optimizar un juego de datos representativo para hacer análisis sismotectónico, procedimos a seleccionar varios subgrupos de eventos, utilizando las mismas estaciones con el fin de tener información internamente consistente para las localizaciones de los eventos.

Una vez que los eventos fueron localizados, los mejores de estos fueron usados como "eventos maestros" para calcular los retardos en los tiempos de viaje para la totalidad de las estaciones de la red sismográfica.

TABLA 3. MODELO CONVENCIONAL DE VELOCIDADES

Velocidad (km/sec)	Grosor (km)
5.1	0.0
6.2	8.2
6.6	21.1
7.85	43.4
8.15	60.0

Para los 16 eventos maestros, observamos que los residuos para las ondas "S" eran generalmente negativos, indicando consistencia entre los mismos y la necesidad de utilizar un modelo de corteza más lento para las capas superiores.

Los residuos negativos concuerdan con la ubicación del epicentro del Terremoto del Valle de la Estrella en la cuenca sedimentaria del Caribe (Dengo, 1968), en donde es razonable la existencia de capas con una velocidad menor para las ondas "S" cerca de la superficie.

Información de RECOPE (comunicación personal), para la región sur de Limón indica que las velocidades dentro de los primeros 12 km son mucho más bajas que las propuestas en nuestro modelo de corteza convencional. Por lo tanto, construimos un nuevo modelo de corteza usando la información de las velocidades (RECOPE).

Hemos relocalizado el evento principal y sus réplicas usando el nuevo modelo de corteza (tabla 4) y el nuevo conjunto de retardos de tiempo.

TABLA 4. MODELO DE VELOCIDAD MAS LENTO

Velocidad (km/sec)	Grosor (km)
4.1	0.0
5.1	7.9
6.2	12.3
6.6	21.1
7.85	43.4
8.15	60.0

Las localizaciones obtenidas para estos eventos a través de este procedimiento, son más estables y producen mecanismos focales más significativos de acuerdo a la tectónica local. Los retardos en el tiempo de viaje obtenidos utilizando el nuevo modelo de corteza retardos son presentados en la Tabla 5.

TABLA 5. RETARDOS DE TIEMPO DE "P" PARA LAS ESTACIONES DE LA RED USADAS EN LAS LOCALIZACIONES DEL EVENTO PRINCIPAL Y LAS REPLICAS

Nombre de la estación	Retardo
CDM	0.17
IRZ2	0.23
POA2	0.52
HDC2	0.43
PTCR	-0.02
QPS	0.18
EPA	0.29
PBC	0.27
TIG	0.50
CTCR	0.05
OCM	0.02
LICR	0.33

Establecido el modelo de corteza y una relación de Poisson de 1.73 utilizada en la ubicación de los sismos registrados, se procedió a releer todas las trazas y localizar los eventos seleccionados tal como se aprecia en el mapa, figura 2 y en la sección transversal, figura 3.

#### SISMOTECTONICA: INTERPRETACION PRELIMINAR

El mecanismo focal realizado para el evento principal (figura 4), indica un fallamiento de tipo inverso con un plano de falla, interpretado como el plano de ruptura, buzando 40 grados hacia el suroeste (continente).

A partir de las relocalizaciones realizadas, para los eventos más importantes de la secuencia sísmica posterior al evento  $M_s=7.4$ , en la figura 5, se muestran los mecanismos focales compuestos, que corresponden a mecanismos de ruptura distintos. El primer mecanismo focal compuesto, elaborado con el evento principal y dos eventos cercanos, muestran gran homogeneidad en la distribución de las polaridades (figura 6).


MAGNITUD	CONT.
1.0- 1.9	0
2.0- 2.9	1
3.0- 3.9	72
4.0- 4.9	18
5.0- 8.0	2



GRAFICADOS CONT. 93

SIN GRAFICAR . 2

50 KM

  
 OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO  
 Y SISMOLÓGICO DE COSTA RICA  
 UNA - HEREDIA

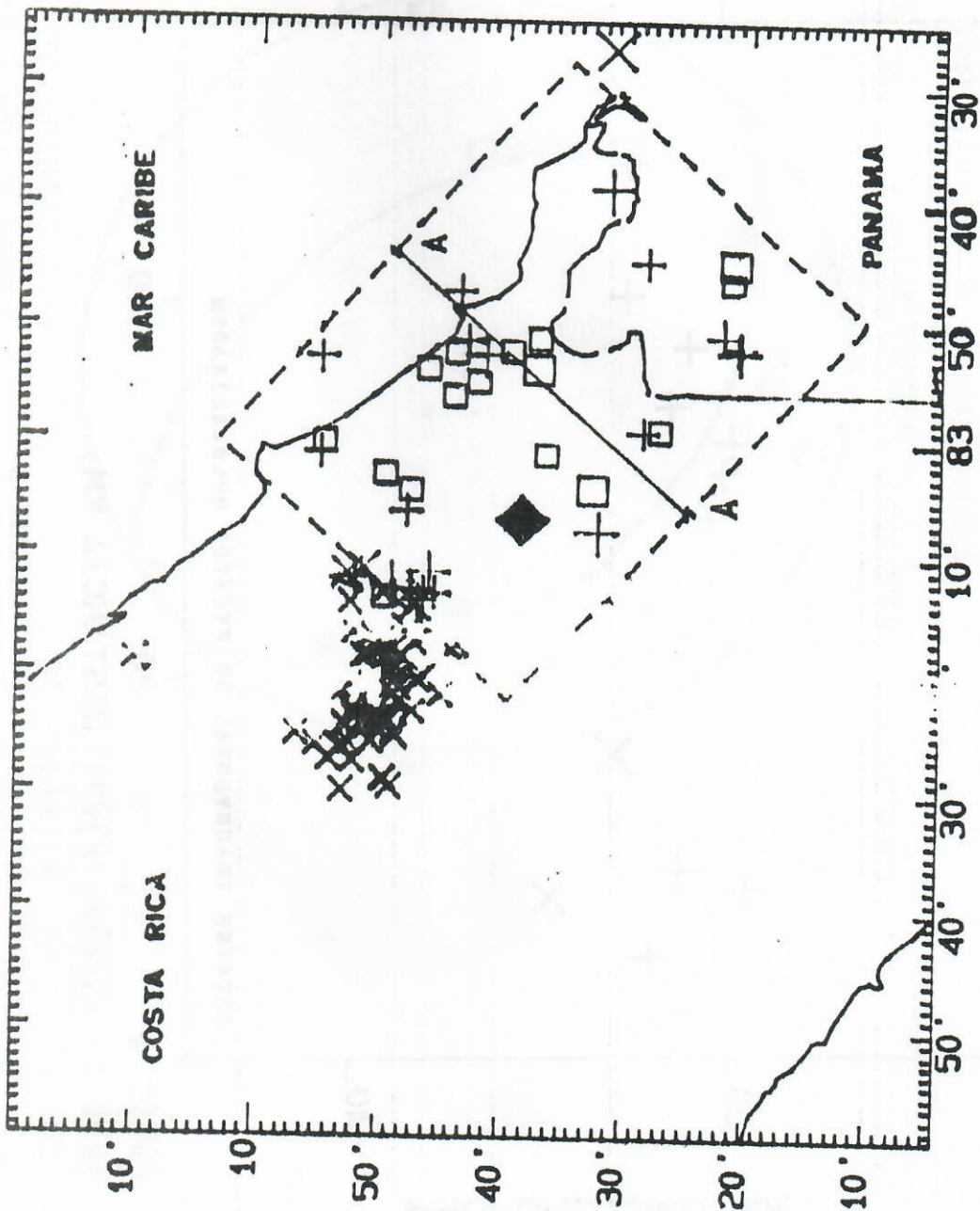


FIGURA 2

MAPA CON EVENTOS RELOCALIZADOS

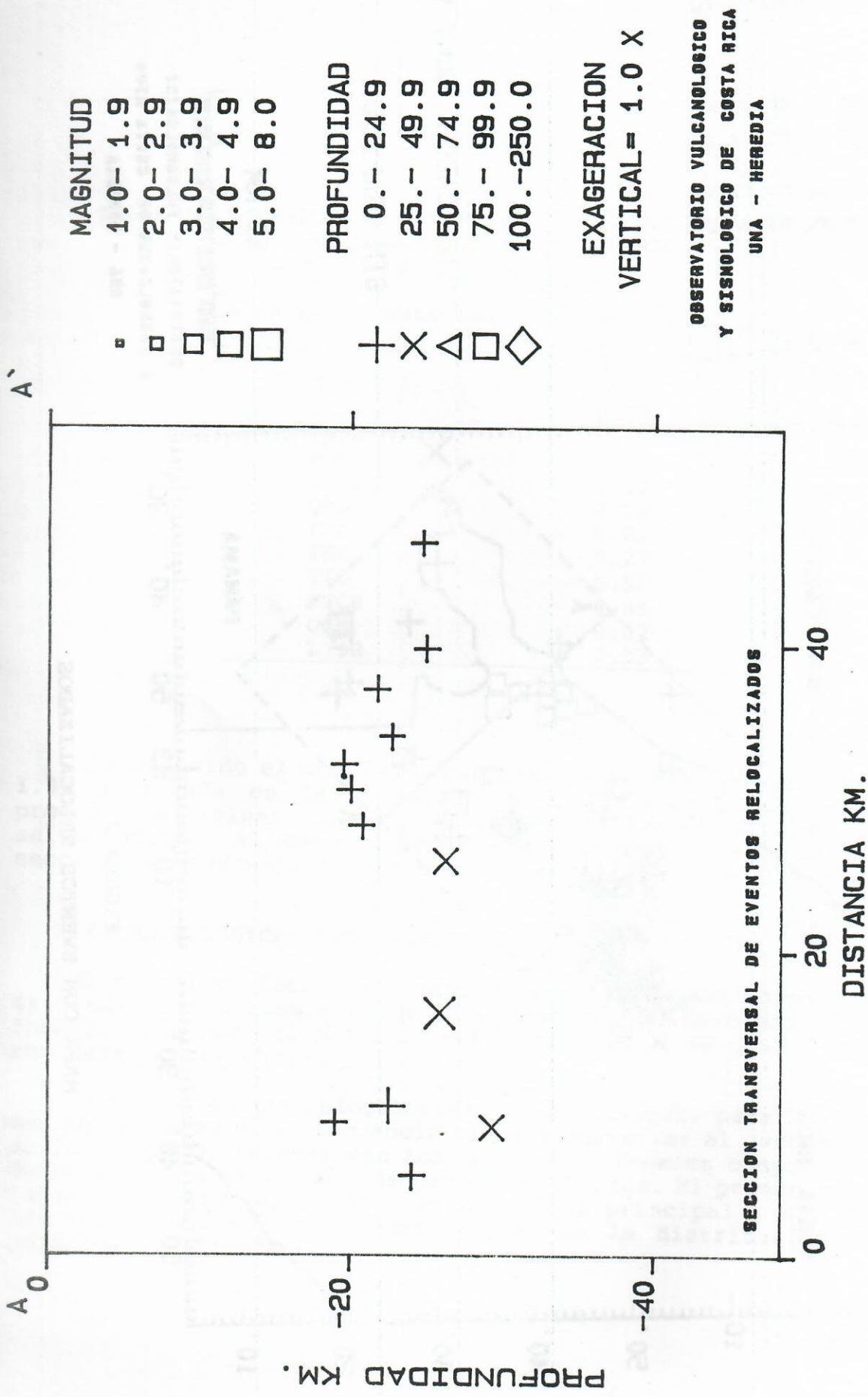


FIGURA 3

SECCION TRANSVERSAL DE EVENTOS RELOCALIZADOS

Plano 1 Rum : 135 Buz : 40 Dez : 78  
 Plano 2 Rum : 330 Buz : 51 Dez : 80  
 Evento 91 2156 limo.mec

Tension (th) = 9 (ph) = 287  
 Presion (th) = 84 (ph) = 53  
 Num, est = 22 Acieritos 20  
 Porc = .9090909361839294  
 Cont= 2

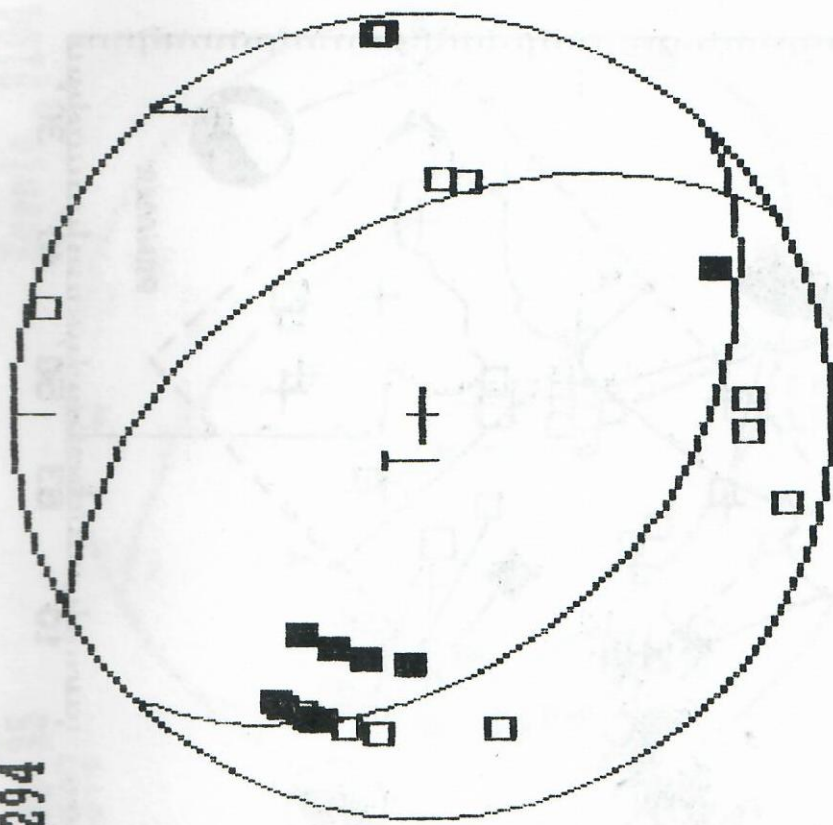


FIGURA 4

MECANISMO FOCAL EVENTO PRINCIPAL

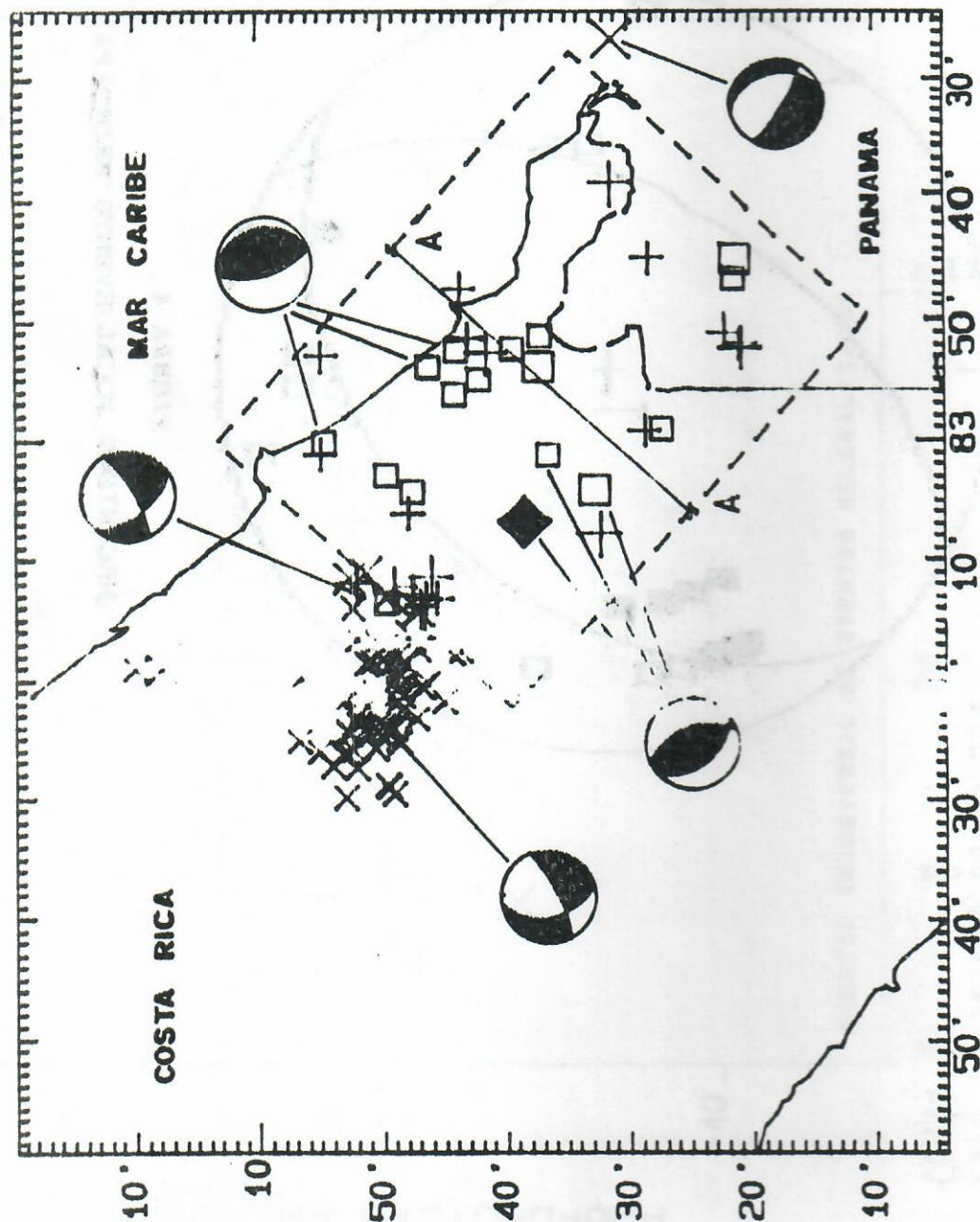
MAGNITUD	CONT.
1.0- 1.9	0
2.0- 2.9	1
3.0- 3.9	72
4.0- 4.9	18
5.0- 6.0	2



14

GRAFICADOS CONT. 93

SIN GRAFICAR . 2



50 KM



OBSERVATORIO VULCANOLOGICO  
Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA

UNA - HEREDIA

FIGURA 5

MECANISMOS FOCALES

Plano 1 Rum : 135 Buz : 40 Dez : 78  
 Plano 2 Rum : 330 Buz : 51 Dez : 80  
 Evento 9104 0 compli.mec

Tension (th) = 9 (ph) = 287  
 Presion (th) = 84 (ph) = 53  
 Num. est = 44 Acieritos 35  
 Porc = .7954545617103577  
 Cont = 2

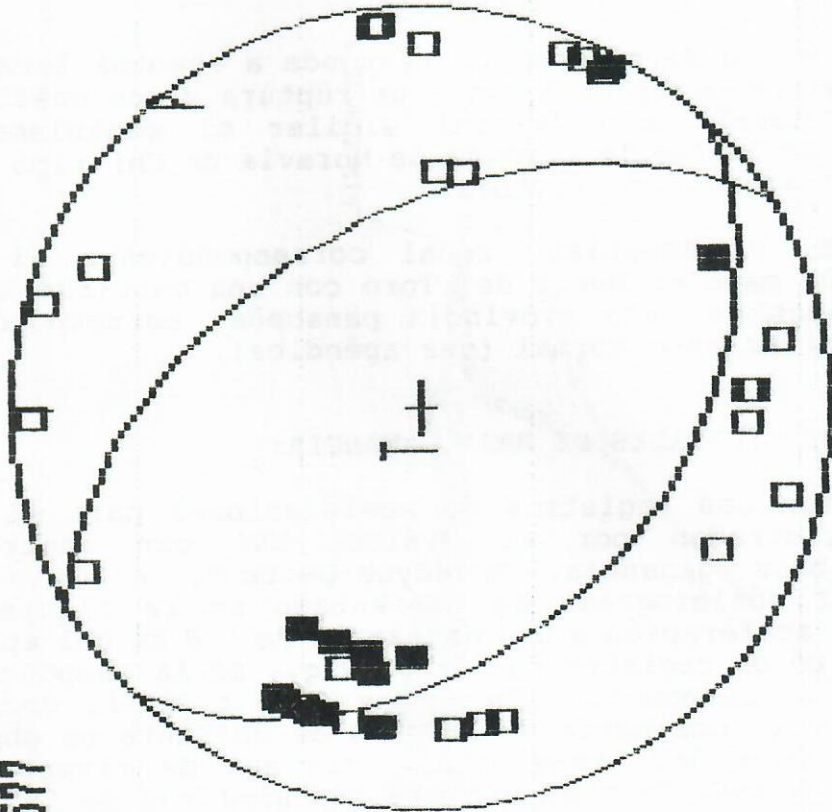


FIGURA 6

MECANISMO FOCAL COMPUESTO  
 EVENTO PRINCIPAL Y REPLICAS

El segundo grupo de actividad sísmica representa al grupo de eventos localizados en forma paralelos a la costa del Caribe de Costa Rica. Estos eventos, muestran un fallamiento con dos planos, uno casi vertical y el otro casi horizontal, cuya interpretación podría corresponder a un desacople a lo largo del plano de falla correspondiente a la ruptura del evento principal. El plano de falla vertical podría mostrar similarmente fallas de cuña que nacen en profundidad a partir de la ruptura principal, alcanzando la superficie en forma casi perpendicular a ésta, la figura 7, muestra esquemáticamente nuestra interpretación.

El tercer grupo de sismos corresponde a eventos localizados cerca del borde nor-oeste de la zona de ruptura y que muestran una componente de corrimiento lateral similar al mecanismo focal característico de la fuente sísmica de Moravia de Chirripó ubicada al nor-oeste de la zona de ruptura.

Finalmente, el mecanismo focal correspondiente al evento ocurrido el 4 de mayo en Bocas del Toro con una magnitud  $M_s = 6.0$ , que produjo daños en esta provincia panameña, corresponde a un mecanismo de fallamiento normal (ver apéndice).

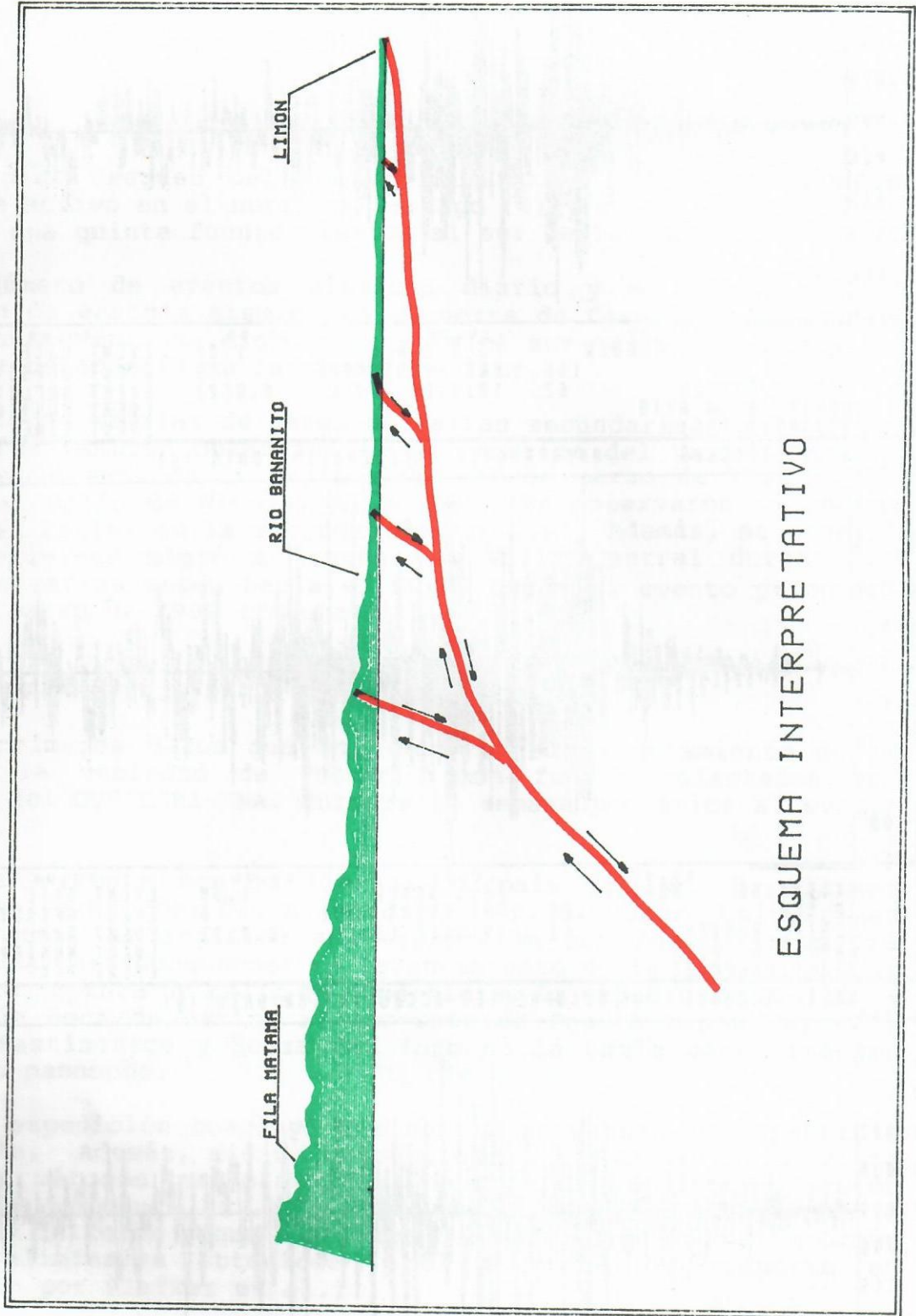
#### SISMOGRAFOS DIGITALES DE BAJA GANANCIA:

Se presentan los registros de aceleraciones para el evento principal, registradas por el OVSICORI-UNA con instrumentos digitales de baja ganancia, Teledyne-Geotech, A700, de tres componentes. El acelerograma es presentado en la figura 8. El máximo valor de aceleración a una distancia de 118 Km del epicentro en nuestro centro de registro fue de 0.09 g., en la componente N-S de 0.08 g. en la componente E-W y de 0.04 g en la componente vertical. El arribo dominante de la onda de cortante es observado 12 segundos después del pre-evento en un set de tiempo en las componentes N-S y E-W. También una pequeña amplitud de "S" ocurre de 2-4 segundos antes.

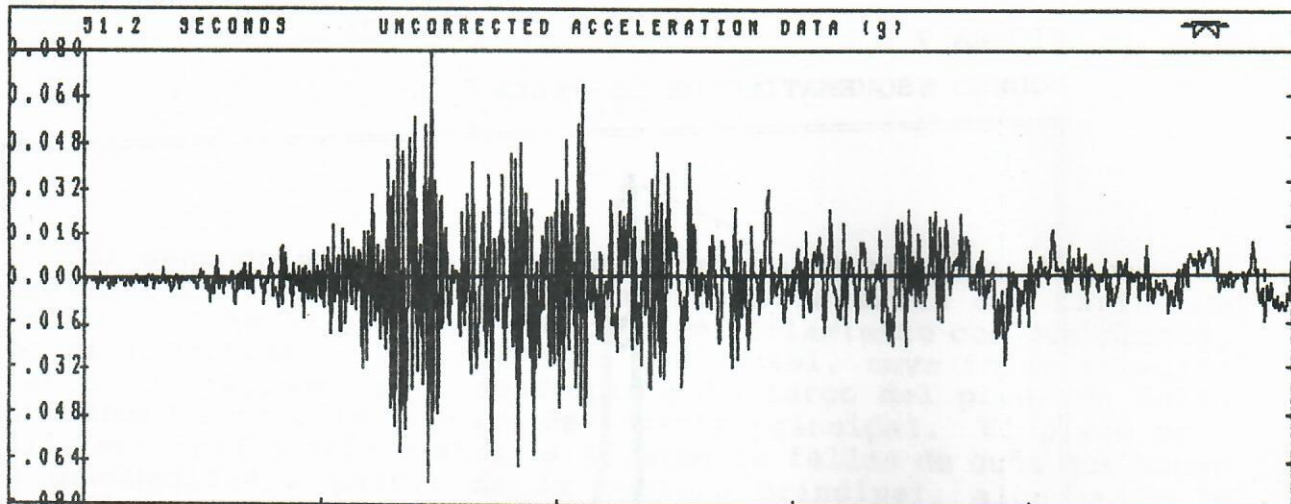
#### EVOLUCION DE LA SISMICIDAD POSTERIOR AL EVENTO PRINCIPAL

En las primeras 24 horas después del evento principal 3 fuentes sísmicas no directamente relacionadas con el evento principal fueron activadas en la placa superior (Placa del Caribe). Las fuentes activadas son Moravia de Chirripó (1), San Isidro del General (2) y el sur de Cartago (3).

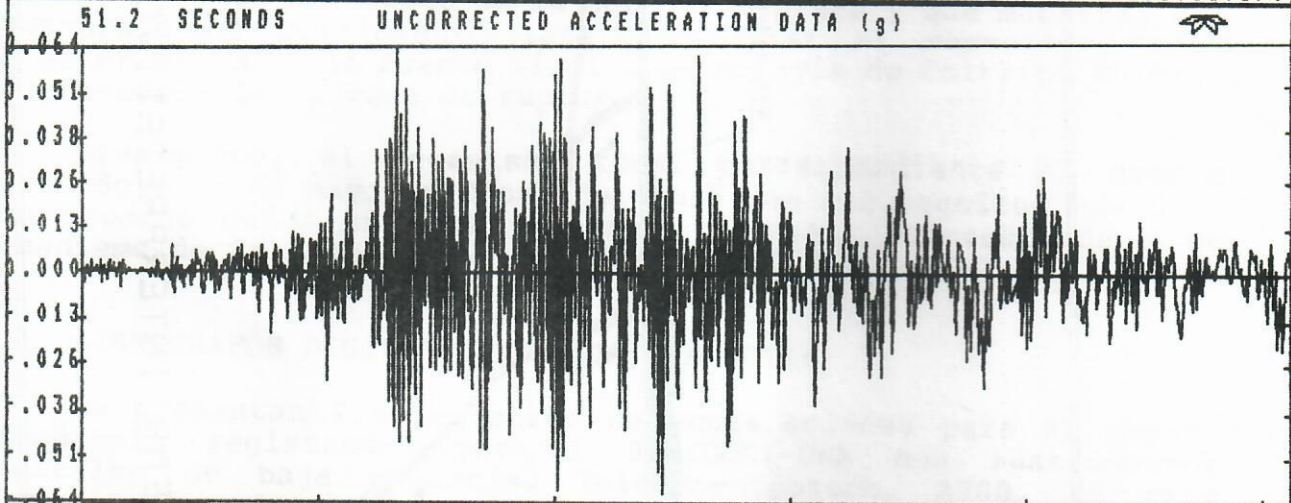
FIGURA 7  
MODELO ESQUEMATICO DE LA FALLA



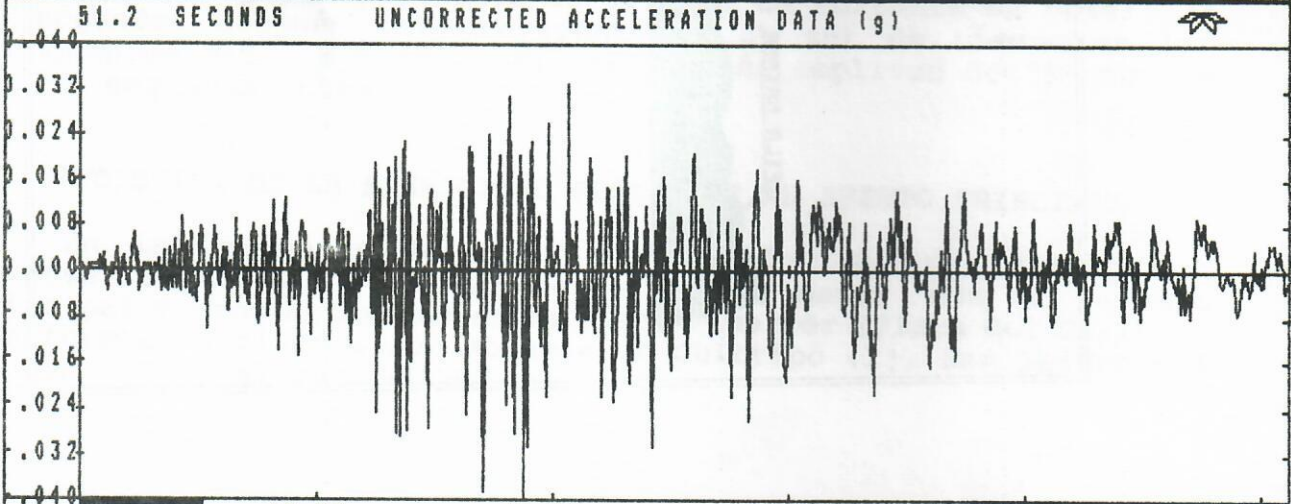
ACELEROGRAMA DEL EVENTO PRINCIPAL



SITE NAME	HEREDIA	FULL SCALE	1.00	EVENT DATE	91/112
ID-NUM	105	PRE-EVENT CODE	8	EVENT OFFSET	1
SERIAL NUMBER	62	TRIGGER LEVEL	0.0122	EVENT AMPLITUDE	0.09
NORTH-SOUTH AXIS				EVENT NUMBER	1
H220491A.DAT;1				EVENT TIME	21:56:53.670



SITE NAME	HEREDIA	FULL SCALE	1.00	EVENT DATE	91/112
ID-NUM	105	PRE-EVENT CODE	8	EVENT OFFSET	1
SERIAL NUMBER	62	TRIGGER LEVEL	0.0122	EVENT AMPLITUDE	0.08
EAST-WEST AXIS				EVENT NUMBER	1
H220491A.DAT;1				EVENT TIME	21:56:53.670



SITE NAME	HEREDIA	FULL SCALE	1.00	EVENT DATE	91/112
ID-NUM	105	PRE-EVENT CODE	8	EVENT OFFSET	1
SERIAL NUMBER	62	TRIGGER LEVEL	0.0122	EVENT AMPLITUDE	0.04
VERTICAL AXIS				EVENT NUMBER	1
H220491A.DAT;1				EVENT TIME	21:56:53.670

Dos días después del evento principal, una cuarta fuente sísmica se activó en el norte de Cartago (4) y cinco días después, se activó una quinta fuente sísmica al sur de Puriscal (5).

El número de eventos sísmicos diario y el inicio de la liberación de energía sísmica en el norte de Cartago y el sur de Puriscal sugieren, una migración hacia el sur-oeste del frente de liberación de energía en la placa superior.

Un efecto similar de carga de fallas secundarias en la placa superior fue también observada en el interior del Valle Central, después del evento de interplaca del 25 de marzo de 1990 en la Entrada del Golfo de Nicoya,  $M_l > 6.8$ . Se observaron enjambres sísmicos en fallas en la vecindad de Puriscal. Además, se observó que la actividad migró a través del Valle Central durante un período de varios meses hacia el SW-NE desde el evento principal del 25 de marzo de 1990 (figura 9).

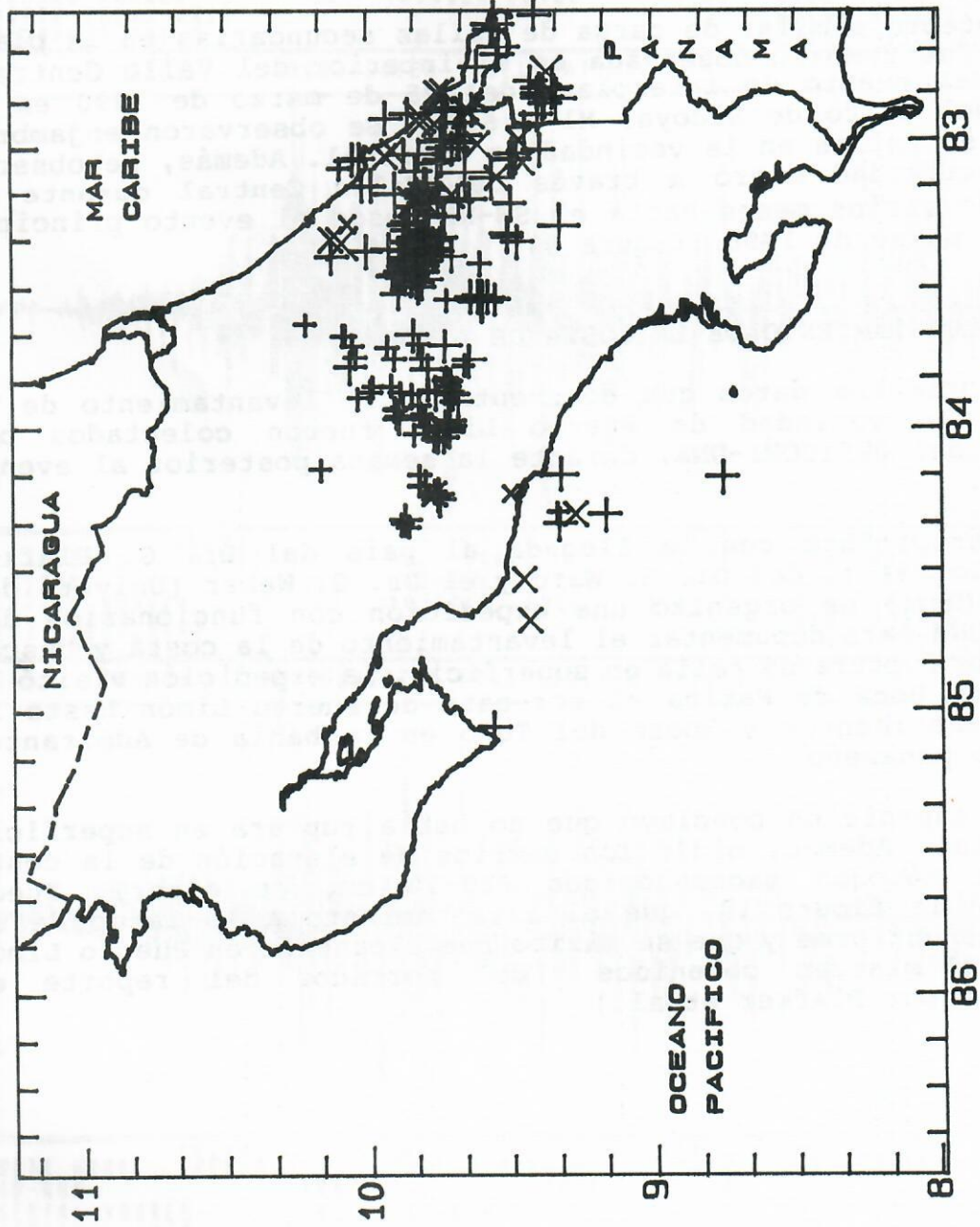
#### EL LEVANTAMIENTO DE LA COSTA DE LIMON

Los primeros datos que documentaron el levantamiento de la costa en la vecindad de Puerto Limón fueron colectados por geodestas del OVSICORI-UNA, durante la semana posterior al evento principal.

Posteriormente con la llegada al país del Dr. G. Plafker (USGS-Menlo Park), del Dr. S. Ward y el Dr. G. Weber (Universidad de Santa Cruz) se organizó una expedición con funcionarios del OVSICORI-UNA para documentar el levantamiento de la costa y buscar una posible ruptura de falla en superficie. La expedición visitó la costa desde Boca de Matina al nor-este de Puerto Limón hasta la islas de Bastimentos y Bocas del Toro en la bahía de Admirante, territorio panameño.

Esta expedición concluyó que no había ruptura en superficie de la falla. Además, midió los cambios de elevación de la costa utilizando métodos macroscópicos (10-20 cm. de error). Puede notarse en la figura 10, que el levantamiento a lo largo de la costa no es uniforme y que su máximo fue alcanzado en Puerto Limón (Datos preliminares obtenidos del borrador del reporte en preparación por Plafker et al.)

MAGNITUD CONT.	1.0- 1.9	0
	2.0- 2.9	64
	3.0- 3.9	173
	4.0- 4.9	24
	5.0- 8.0	1
PROFUNDIDAD CONT.	0.- 24.9	236
	25.- 49.9	26
	50.- 74.9	0
	75.- 99.9	0
	100.-149.9	0
	150.-199.9	0
	200.-250.0	0
GRAFICADOS CONT.	SIN GRAFICAR	262
		50



SISMICIDAD DE COSTA RICA

FIGURA 9

MAPA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SISMICIDAD

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO  
Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA  
UNA - HEREDIA

# DEFORMACION CO-SISMICA

## LITORAL CARIBE

### (SISMO Ms=7.4, 22 ABRIL 1991)

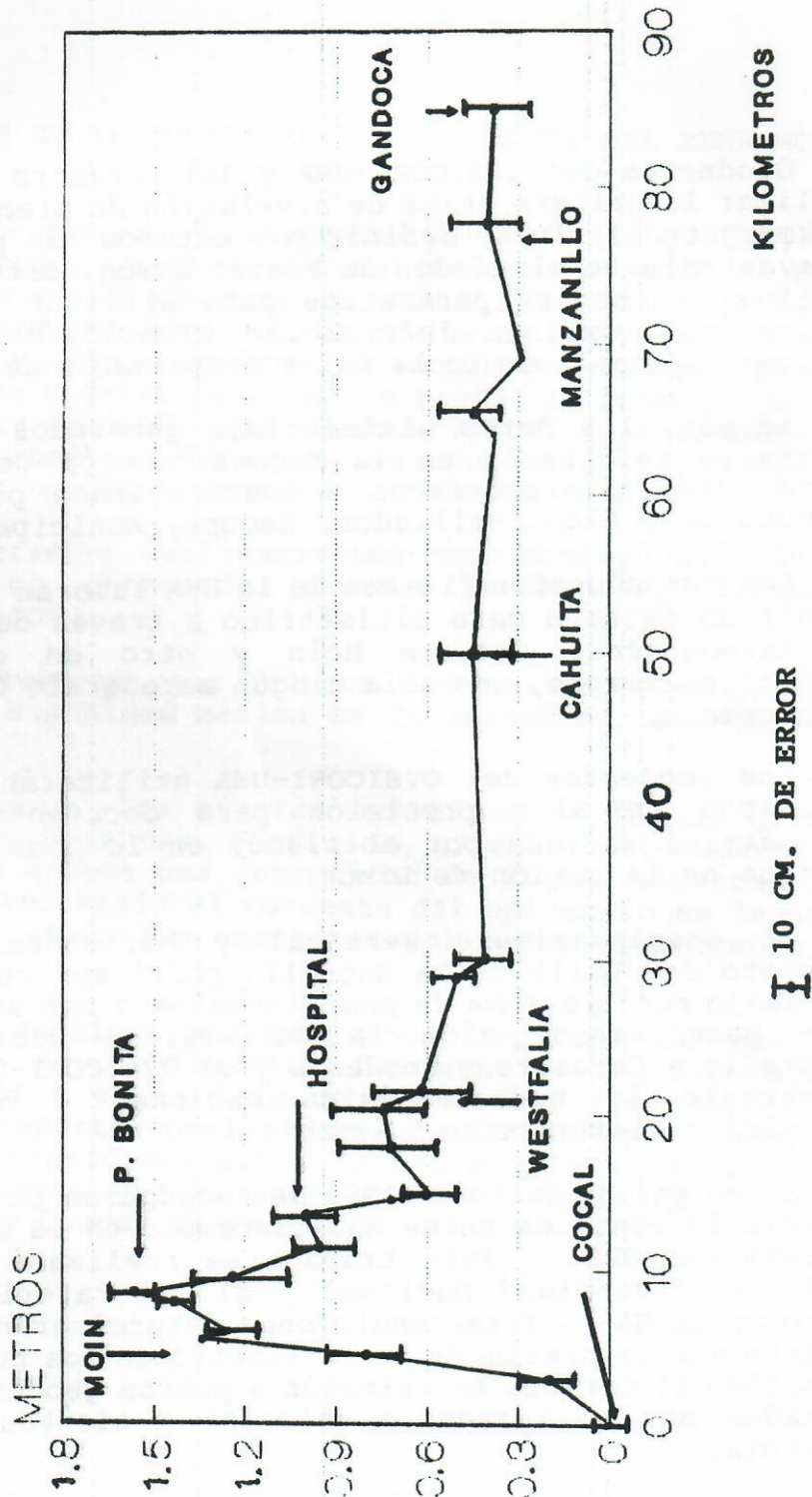


FIGURA 10  
GRAFICO DE MEDICIONES DEL LEVANTAMIENTO COSTERO

OVSICORI-UNA

Geodestas del OVSICORI-UNA y del Catastro Nacional acaban de finalizar la primera etapa de nivelación de precisión en un área de 364 km<sup>2</sup>, con el fin de definir por métodos más precisos los montos de levantamiento alrededor de Puerto Limón. Este estudio tiene por objetivo el obtener parámetros para utilizar como referencia en modelos que combinan información sismológica y geodésica para explicar la geometría de la falla responsable del evento principal.

Además, los datos altimétricos generados van a servir como importante referencia en la reconstrucción de obras civiles en Puerto Limón y alrededores a instituciones públicas y privadas (Acueductos y Alcantarillados, Recope, Municipalidad, Japdeva).

Los oceanógrafos físicos de la UNA laboran en la actualidad en definir un datum o cero altimétrico a través de la instalación de dos mareógrafos, uno en Moín y otro en el Puerto Alemán. Desafortunadamente, no había ningún mareógrafo funcionando durante el terremoto.

Los geodestas del OVSICORI-UNA utilizarán distanciómetros y teodolitos de alta precisión para documentar la deformación planimétrica causada por el sismo, en la siguiente etapa de los estudios en la región de Limón.

El desplazamiento vertical y horizontal causado por el Terremoto del Valle de la Estrella podrá ser cuantificado gracias al trabajo con sistemas de posicionamiento con satélite que realiza desde hace varios años la Universidad Nacional (Escuela de Topografía y Catastro y Geodesia y el OVSICORI-UNA), con el fin de reconstruir la Red Geodésica Nacional y hacer estudios de deformación tectónica en el país.

En el mes de julio de 1991 se reocuparán puntos de coordenadas y elevación conocida antes del terremoto en la región de Limón con instrumentos GPS. Este trabajo se realizará en forma conjunta entre la Universidad Nacional y el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA. Estas mediciones determinarán el desplazamiento absoluto con la precisión del milímetro de los puntos geodésicos en la región del Caribe, en relación a puntos geodésicos que no fueron afectados por el terremoto ubicados a cientos de kilómetros de distancia.

## MAPA PRELIMINAR DE INTENSIDADES Y LOS EFECTOS DEL TERREMOTO:

Las intensidades máximas documentadas por el OVSICORI-UNA, con observaciones de campo y cerca de 250 entrevistas en todo el país (figura 11), establecen IX MM para la costa del Caribe de Costa Rica, donde los efectos de licuefacción en suelos arenosos donde el nivel freático es muy alto y comúnmente asociado a estos efectos, grietas, emanación de chorros de agua con arena. La mayoría de los daños se deben a este fenómeno que se observaron concretamente en estructuras (edificios) salidos de su fundación, carreteras fracturadas, puentes caídos o seriamente dañados, etc.

Se produjeron grandes deslizamientos como consecuencia de la sacudida sísmica, en zonas de grandes pendientes, causando trastornos hidrológicos.

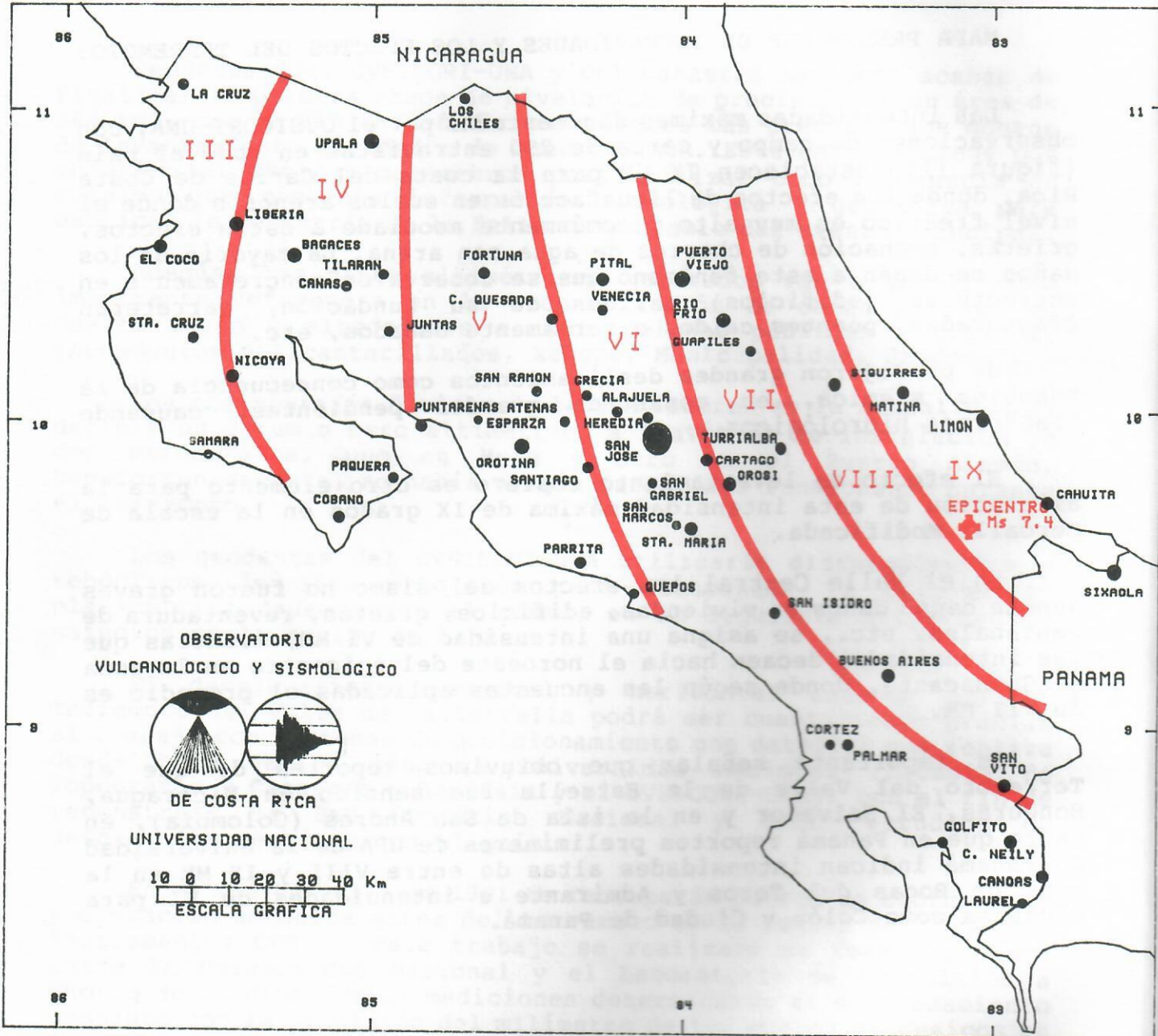
El efecto de levantamiento costero es otro elemento para la asignación de esta intensidad máxima de IX grados en la escala de Mercalli Modificada.

En el Valle Central los efectos del sismo no fueron graves aunque causó daños en viviendas, edificios, grietas, reventadura de ventanales, etc., se asigna una intensidad de VI MM, mientras que las intensidades decaen hacia el noroeste del epicentro en la zona de Guanacaste, donde según las encuestas aplicadas el promedio es de III MM.

Es importante señalar que obtuvimos reportes de que el Terremoto del Valle de la Estrella fue sentido en Nicaragua, Honduras, El Salvador y en la isla de San Andrés (Colombia), en tanto que en Panamá reportes preliminares de UPA de la Universidad de Panamá indican intensidades altas de entre VIII y IX MM en la zona de Bocas del Toros y Admirante e intensidades de VI para ciudades como Colón y Ciudad de Panamá.

# MAPA DE INTENSIDADES

TERREMOTO VALLE DE LA ESTRELLA, Ms 7.4, 22 DE ABRIL 1991.



FUENTE OVSICORI U.N.A.

FIGURA 11

MAPA PRELIMINAR DE INTENSIDADES

## CONCLUSIONES

El terremoto del Valle de la Estrella ocurrido el 22 de abril de 1991, constituye uno de los eventos de intraplaca (Placa del Caribe) de mayor magnitud ( $M_s=7.4$ ) que se conozca de la historia sísmica de nuestro país, de allí el nivel de daños registrado en la infraestructura regional y en poblaciones ubicadas a distancias apreciables del epicentro.

El evento principal y la sismicidad posterior al mismo fue documentada en forma extensiva por el OVSICORI-UNA y la misión científica organizada por el Laboratorio Charles F. Richter de la Universidad de California en Santa Cruz. Esta información es fundamental para la comprensión del marco sismo-tectónico de la región del Caribe.

La sismicidad histórica de la región sugiere la posibilidad de que los grandes sismos de Limón tengan un período de retorno variable o fuentes sísmicas diversas.

La falla responsable del Terremoto del Valle de la Estrella, es una falla inversa, con ángulo de buzamiento variable en dirección del continente. El mismo es  $41^\circ$  en el área epicentral, pero posiblemente menor en la costa.

Esta falla forma parte del sistema conocido como el "Panamá Thrust Belt", en la literatura reciente referente a la geología marina del Caribe de Panamá. Consiste de una fila de fallas inversas causadas por deformación interna (compresión) de la Placa del Caribe y que intersectan el territorio costarricense al sureste de Puerto Limón.

Sismos réplicas ubicados entre la costa y el epicentro del evento principal tienen un mecanismo focal que sugiere la existencia de fallas secundarias verticales de cuña que nacen en profundidad a partir de la ruptura principal alcanzando la superficie en forma casi perpendicular a ésta.

La extensión del área de ruptura de la falla está definida hacia el nor-oeste por la aparición de mecanismos focales de corrimiento lateral y hacia el sureste por la ocurrencia del sismo de Bocas del Toro con un mecanismo normal.

La documentación de la deformación de la costa asociada al terremoto indica un levantamiento máximo en Puerto Limón de 1.5 m. que disminuye rápidamente hacia el nor-oeste y sur-este de la ciudad. El levantamiento es cero cerca de la frontera con Panamá al sur-este del río Sixaola.

Grandes eventos de subducción (terremoto de Cóbano), o de intraplaca (Terremoto del Valle de la Estrella), parecen ser capaces de inducir sismicidad en fallas secundarias hacia el interior del Valle Central. Esta observación tiene gran relevancia en la evaluación del potencial sísmico del Valle Central y alrededores después de un sismo de gran magnitud.

La gran liberación de energía sísmica asociada al Terremoto del Valle de la Estrella refuerza el criterio de que el país atraviesa por un período de alta liberación de energía, tal como ha sido expresado por el OVSICORI-UNA, en informes anteriores.

Dirección de Geología, Minas y Petróleo. Mapa Geológico de Costa Rica. Escala 1:200000, Hoja San José, Ministerio de Industria, Energía y Minas, Dirección de Geología Minas y Petróleo, Costa Rica, 1982.

Feldman, L.A. Catalogue of Historical Documents Pertaining to the Earthquakes Damages in Panamá and Costa Rica. Inédito, 1984.

González V., C. Temblores, Terremotos, Inundaciones y Erupciones Volcánicas en Costa Rica, 1608-1910. Tipografía Avelino Alsina, Costa Rica, 1910, 200 pp.

Guendel U., F., Seismotectonics of Costa Rica: An Analytical View of the Terminus of the Middle American Trench. Ph. D. dissertation, Universidad de California, Santa Cruz, USA., 1986, 157 PP.

Guendel U., F., Montero, C., C; González S., V; Segura T., J; y Brenes M., J.. Actividad Sísmica de Carácter Superficial Registrada por la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA, en prensa, Revista Geográfica de América Central, 1988. 52 pp.

Grases, J. Pérdidas como consecuencias de terremotos. Métodos para su estimación. Seguros Caracas, Venezuela, 1986, 71 pp.

Matumoto, T; Othake, M.; Latham, G.; and Umaña, J. Crustal Structure of Southern Central America. Bulletin Seismological Society American. No. 67, USA., 1977, 121-134 pp.

Miyamura, S. Sismicidad de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. Costa Rica, 1980, 190 pp.