

INDICE

Indice.....	1
Introducción.....	1
A. Antecedentes.....	2
-Periodo pre-instrumental 1638-1903.....	2
-Periodo instrumental 1904-1988.....	3
B. Microsismicidad del valle central, Hoja San José 1:200.000 entre 1984--1988.....	3
C. Mecanismos focales: interpretación tectónica.....	5
D. Correlación entre fuentes sísmicas actuales y fuentes históricas.....	7
E. Propuesta para la instalación de redes portátiles en zonas de alta actividad microsísmica.....	7
-Presupuesto para la instalación de la red de portátiles.....	8
F. Costos de elaboración del presente informe.....	9
Referencias.....	11
Apéndice I.....	13
-Lista de sismos que han causado algún daño en el valle central de Costa Rica, 1638-1903....	14
Apéndice II.....	17
-Lista de sismos que han causado algún daño en el valle central de Costa Rica, 1904-1988....	18
-Lista de sismos registrados por las redes mundiales en Costa Rica 1904-1988.....	26
-Lista de sismos $m_b \geq 5.0$ relocalizados para Costa Rica 1964-1985.....	28
Apéndice III.....	30
-Hoja San José, escala 1:200.000 mostrando sismicidad registrada por el OVSICORI-UNA entre abril 1984 y julio 1988.....	31
Apéndice IV.....	32
-Listado sumario de los sismos registrados por el OVSICORI-UNA entre abril 1984 y julio 1988, correspondiente a la hoja San José.....	33
Apéndice V.....	39
-Mecanismos focales compuestos, hemisferio inferior.....	39

ACTIVIDAD SISMICA DE CARACTER SUPERFICIAL REGISTRADA POR LA RED
SISMOGRAFICA DEL OVSICORI-UNA EN LA HOJA DE SAN JOSE 1:200.000
ENTRE ABRIL 1984--JULIO 1988

INFORME CORRESPONDIENTE A LA TAREA III "INVESTIGACION DE PELIGROS
SISMICOS" SUBTAREA 3 "IDENTIFICACION DE FUENTES SISMICAS EN EL
VALLE CENTRAL"

Presentado por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de
Costa Rica, Universidad Nacional

Introducción

El siguiente informe se elaboró ante la expresa solicitud de los consultores del proyecto MIRVYS, aún cuando la ejecución de esta subtarea le correspondía exclusivamente a la UCR. No obstante, los consultores fueron claros en que la información registrada por la red sismográfica del OVSICORI-UNA significaría un aporte muy importante en la ejecución y los resultados de esta subtarea.

Inicialmente el **OVSICORI-UNA** había solicitado a los consultores de MIRVYS la ejecución de la tarea en forma conjunta, con el fin de que ellos mismos pudieran comprobar los resultados obtenidos. Esto por cuanto la calidad de los datos utilizados influiría grandemente la interpretación tectónica a realizar en el valle central. Es así como el **OVSICORI-UNA** ante la imposibilidad de integrar directamente, en la ejecución de esta tarea, a los consultores de MIRVYS (M. Klein y B. Foxall), nuestro grupo no se limitó simplemente a hacer entrega de la información existente, sino que más bien propuso realizarla independientemente.

Este trabajo es el resultado del análisis de la información existente, registrada por el **OVSICORI-UNA** para la región del valle central de Costa Rica (Hoja San José, escala 1:200.000).

El informe se subdivide en seis secciones (excluyendo esta introducción), siendo la primera la que repasa en forma breve lo acontecido históricamente en la región de valle central de Costa Rica; la segunda discute el banco de datos recopilados por la red sismográfica del **OVSICORI-UNA** entre abril de 1984 (fecha de inicio de operaciones de nuestra red) y julio de 1988; en la tercera sección se presenta una interpretación sismotectónica del valle central con base a soluciones (compuestas) de mecanismo focal; en la cuarta sección se discute sobre la posible asociación entre fuentes sísmicas históricas (mencionadas en la primera sección) y las actuales fuentes de sísmicidad; en la quinta sección se somete a consideración de los consultores de MIRVYS la instalación de una red de sismógrafos portátiles en el valle central, ubicada sobre el área de mayor actividad

microsismica; finalmente en la sexta y última sección se presenta un detalle de los costos incurridos por el OVSICORI-UNA en la ejecución de esta tarea, incluyendo la elaboración del presente informe.

A. Antecedentes

Costa Rica ha sufrido daños importantes en tiempos históricos como consecuencia directa de los terremotos. Daños ocurridos en la época preinstrumental (1638-1903) han sido bien documentados en González Viquez [1910]. Es en este trabajo donde encontramos una de las colecciones más completas sobre recuentos de la actividad sísmica histórica en Costa Rica. Los estudios sísmológicos empezaron en Costa Rica en 1888 con la instalación de pendulos duplex Ewing y la producción del primer "boletín sísmológico nacional" en 1901. Sismos ocurridos durante las primeras décadas del presente siglo, han sido bien documentados en boletines internacionales (Tristán et al. [1912]; Tristán [1916]). El cuidadoso análisis de estos documentos muestra que es posible diferenciar entre los terremotos intraplaca (continental) de carácter superficial y aquellos que han ocurrido fuera de las costas de nuestro país y que son producto del proceso de subducción (interplaca). Es importante hacer esta diferenciación a la hora de proceder a estimar el potencial sísmico futuro producto de fallamiento superficial (intraplaca), el cual podría afectar a más del 60% de la población de Costa Rica que hoy día vive en el valle central.

Setenta y ocho años han transcurrido desde que ocurrió en Costa Rica (valle central) el último terremoto con proporciones catastróficas. Este evento ocurrido el 4 de mayo de 1910 (fecha local) y que destruyera por completo la ciudad de Cartago, tuvo su origen muy probablemente a lo largo de una falla intraplaca superficial ubicada en las cercanías de dicha ciudad.

Históricamente la región central de Costa Rica ha estado sísmicamente muy activa con terremotos muy dañinos ocurridos en fallas ubicadas a lo largo de la parte sureste de la cadena volcánica central y el inicio de la cordillera de Talamanca (Montero y Dewey [1982]). Terremotos de carácter superficial bien documentados han ocurrido en la región del valle central principalmente en dos periodos 1910-1912 y 1951-1955.

Periodo Pre-instrumental 1638-1903

Utilizando información de González Viquez [1910], Michaud [1910], Tristán et al. [1912]; Feldman [inédito, 1984] y otros (refiérase a Miyamura [1980] para una lista de referencias más detallada sobre sísmicidad de Costa Rica) hemos extraído la información relacionada con todos aquellos eventos que hayan causado daños importantes. La mayor parte de los reportes corresponden, principalmente, con eventos ocurridos en la región central de Costa Rica correlacionando con los primeros

asentamientos humanos registrados en nuestro país. También, se ha reconstruido, aunque en algunos casos parcialmente, mapas de isosistas con base en las referencias antes mencionadas. Para una lista detallada de estos eventos y mapas refiérase al Apéndice I.

Periodo Instrumental 1904-1988

Para el periodo 1904-1988 se ha recopilado una lista de todos aquellos sismos con magnitudes M o $M_S \geq 6.0$. El umbral de magnitud escogido corresponde a aquellos sismos que se cree hayan producido algún daño en Costa Rica o sus alrededores. La lista recopilada contiene información publicada por Molnar y Sykes [1969]; Dean y Drake [1978]; Kelleher et al. [1973]; Dewey y Algermissen [1974]; y todos los eventos relocalizados por Gündel [1986] con magnitudes $m_B \geq 5.0$ para Costa Rica entre 1964 y 1985. Esta lista representa el catálogo más actualizado de sismos con magnitudes M o $M_S \geq 6.0$ para Costa Rica (ver Apéndice II).

Sin embargo creemos que varios sismos, muy destructivos y probablemente con magnitudes $M \leq 6.0$, ocurridos desde 1904 y que no fueran reportados en los catálogos de sismicidad global (i.e. Gutenberg y Richter [1954], NOAA, etc), merecen una especial atención. Estos sismos han sido clasificados por separado e incluidos en el Apéndice II. En igual forma que para el periodo pre-instrumental, hemos recopilado la información disponible para reconstruir, aunque parcialmente en algunos casos, mapas de isosistas (ver Apéndice II).

B. Microsismicidad del valle central, Hoja San José 1:200.000 entre 1984--1988

La información que a continuación procederemos a discutir, fue registrada por la red sismográfica del OVSICORI-UNA entre abril de 1984 y julio de 1988. Dentro de los procedimientos rutinarios de localización llevados a cabo por el personal del observatorio, está el de utilizar un modelo de corteza modificado al propuesto originalmente por Matumoto et al. [1977] (ver Tabla 1). Este modelo aún cuando ha dado buenos resultados a nivel regional, tiende a ubicar a mayor profundidad aquellos eventos de carácter superficial, por cuanto la velocidad de la primera capa es muy alta.

TABLA 1. MODELO DE CORTEZA CONVENCIONAL

Vp (km/seg)	Profundidad (km)
5.1	0.0
6.2	8.2
6.6	21.1
7.8	43.3
8.15	60.0

Es por lo tanto que hemos procedido a seleccionar todos aquellos eventos localizados por la red del OVSICORI-UNA dentro de la hoja San José, escala 1:200.000, cuya profundidad no sea mayor a los 25 Km. La selección realizada produjo un total de 331 sismos, ubicados entre los 9 grados 40 minutos y 10 grados 30 minutos de latitud norte, y los 85 grados cero minutos y 83 grados 45 minutos de longitud oeste.

Debido a la importancia que tiene el lograr las mejores soluciones posibles, se procedió a releer todas las trazas para cada uno de los eventos seleccionados, lo cual significó un gran esfuerzo por parte del personal del observatorio, tarea a la cual se le dedicó aproximadamente dos meses a tiempo completo. Este esfuerzo garantizaría el poder revisar cuidadosamente los tiempos de arribo para las fases P y S, así como la calidad y polaridad de las lecturas. Una vez realizada esta parte del trabajo se procedió nuevamente a localizarlos utilizando un modelo de corteza más lento y mayormente fraccionado para las capas superiores (L. D. Morales comunicación personal, ver Tabla 2).

TABLA 2. MODELO DE CORTEZA SUPERFICIAL

Vp (Km/seg)	Profundidad (Km)
2.7	0.0
3.5	0.5
4.8	2.0
6.2	7.2
6.6	16.0
7.9	41.5

El resultado de las nuevas localizaciones se muestra en la figura 1 (ver mapa escala 1:200.000 en Apéndice III y listado de eventos en Apéndice IV).

Es importante, notar que la mayor concentración de sismos superficiales dentro de la hoja San José ocurre a la entrada del Golfo de Nicoya, donde usualmente se presentan en forma de enjambres.

El área donde se observa la mayor concentración de microsismos dentro del valle central está ubicada al sur de Cartago y San José. Al norte de la ciudad de Cartago se observa también una concentración de menor intensidad, sin embargo, es la de mayor cercanía a dicha ciudad.

La vigilancia de patrones de microsismicidad en los alrededores de la ciudad de Cartago es de especial interés para el personal del OVSICORI-UNA, esto por cuanto Cartago ha sido afectada severamente por varios terremotos como se puede observar en los Apéndices I y II.

Al noreste de la ciudad de San José, a la altura del poblado de Coronado se observa un alineamiento de actividad sísmica, la cual se dispersa al norte en las cercanías de la nueva carretera a Guápiles.

Cercano a la ciudad de San José se puede apreciar únicamente dos eventos, uno ubicado cerca de Zapote y el otro cerca de Desamparados. Al sur de San José se pueden observar varios alineamientos que cruzan al poblado de San Gabriel orientados NW-SE y SW-NE.

Cerca de la ciudad de Orotina, al oeste y al sur se ubican varios eventos, lo mismo que entre esta ciudad y Santiago de Puriscal. En esta región han ocurrido terremotos importantes como los de 1924 y 1939.

Es también importante notar que la mayor parte de la microsismicidad observada en la hoja San José (1:200.000) se concentra a lo largo de la cadena volcánica central y las estribaciones de la cordillera de Talamanca. Por otro lado la sísmicidad propiamente dentro del valle central (franja ubicada entre la ciudad de San José y San Ramón) es mucho más reducida y a la vez más dispersa.

C. MECANISMOS FOCALES: INTERPRETACION TECTONICA

Con el fin de establecer las variaciones regionales del comportamiento de los esfuerzos tectónicos actuando sobre las diferentes zonas de fracturamiento continental hemos revisado, como se mencionó anteriormente, todas las polaridades de los primeros arribos (ondas P) para todos los eventos seleccionados en el presente trabajo. Esto significa más de 2500 arribos revisados sin incluir los arribos de las ondas S, los cuales superan los 1200.

Se ha procedido a seleccionar varias áreas epicentrales que presentan agrupaciones o alineamientos en el comportamiento de la actividad microsísmica (ver figura 2). El criterio que se ha utilizado corresponde al de la escogencia de sismos ubicados en una misma zona epicentral (cercanos en el espacio), y en algunos casos eventos que ocurren en secuencias y que además de compartir una misma área epicentral se encuentran cercanos en el tiempo. Esta condición puede sugerir una fuente sismogeneradora común, reflejando así un comportamiento similar en los primeros arribos.

Se procedió a construir mecanismos individuales (hemisferio inferior) para cada uno de los eventos ubicados en cada una de las áreas epicentrales descritas. Una vez realizada esta labor, se procedió a agrupar estos según los criterios descritos anteriormente y así construir los mecanismos focales compuestos (hemisferio inferior) mostrados en la figura 2 y el Apéndice V.

Todos los mecanismos compuestos muestran una congruencia en la posición de los ejes de tensión (T) y presión (P), tal como se

puede observar en la figura 2 y la tabla 3. Más aún, graficando en una misma proyección estereográfica todos los ejes de presión y de tensión (a excepción del mecanismo focal para la secuencia de marzo de 1987 en la Fortuna de San Carlos) se observa una alineación de ejes de presión (P) en dirección preferencial Noreste - Suroeste (NE - SW), mientras que los ejes de tensión (T) se alinean preferencialmente en dirección Noroeste, Oeste - Este, Sureste (NW, W - E, SE) (ver figura 3).

TABLA 3. PARAMETROS FOCALES DE LOS MECANISMOS COMPUESTOS UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO

SECUENCIA	ZONA	EJE P		EJE T	
		Az.	Buz.	Az.	Buz.
1	Navarro SE	S42W	28	S56E	12
2	Navarro Centro	S34W	21	S57E	6
3	Navarro	S42W	12	S48E	1
4	Norte de Cartago	N 5E	2	N86W	12
5	San Jose-Coronado	S24W	2	N64W	14
6	Zurquí	N14W	36	S72W	4
7	Barva	N55E	65	N60W	10
8,9	San Gabriel	N46E	26	N68W	24
10	Puriscal	S 6W	54	N62W	11
11	Orotina	N33E	35	S69W	52
12	Entrada Golfo Nicoya	N36E	5	S51E	22
13	Esparza	N34E	14	N72W	62
14	Fortuna	N72W	52	N38E	19

Es así como en forma clara se puede inferir que los esfuerzos tectónicos dominantes ejercidos sobre el valle central (Hoja San José, escala 1:200.000) corresponden a presiones en dirección noreste - suroeste y tensiones en dirección noroeste - sureste. Este sistema de esfuerzos podría corresponder a los esfuerzos generados por el proceso de deformación continental producido por la colisión y subducción de la placa de Cocos por debajo de la del Caribe. Estas dos placas convergen en una dirección $N30E \pm 2$ grados, a una velocidad de 9.3 ± 0.4 cm/año (McNally y Minster [1981]).

El mecanismo focal compuesto correspondiente a la secuencia sísmica de marzo de 1987 ocurrida en la zona de la Fortuna de San Carlos (Tabla 3, No. 14), cerca al volcán Arenal, es el único mecanismo que muestra una rotación en los ejes de presión y tensión. Este mecanismo, sin embargo, es a la vez el único que se encuentra ubicado en la parte trasera del eje volcánico y muy probablemente refleja un estado de esfuerzos diferente (de carácter tensional) para esta zona.

Es importante hacer notar que en su mayoría los mecanismos compuestos corresponden a fallamiento de tipo normal o inverso de alto ángulo con una componente importante de corrimiento lateral. En varios casos se observa también soluciones de corrimiento lateral principalmente.

D. CORRELACION ENTRE FUENTES SISMICAS ACTUALES Y FUENTES HISTORICAS

En la figura 4 se muestra nuevamente la actividad superficial relocalizada (Hoja San José, escala 1:200.000), superponiendo sobre ella las isosistas de intensidad VII (Mercalli Modificada, MM), para aquellos eventos históricos a los cuales fue posible reconstruir mapas de intensidades (Apéndices I y II).

Podemos observar en la figura 4, que es posible inferir cierto nivel de correspondencia entre lo que son fuentes activas definidas por la sismicidad registrada por el **OVSICORI-UNA** entre 1984 y 1988 y las áreas demarcadas por las isosistas de intensidad VII. Para el caso del Terremoto de Orotina de 1924 es muy posible que su fuente se encuentre en la entrada del Golfo de Nicoya y que corresponda con el plano de ruptura orientado N83E (Tabla 3, No. 12). En igual forma podemos suponer que la actividad registrada en los alrededores de la ciudad de Cartago corresponde a aquellas fallas responsables de los terremotos de Cartago de 1841, 1910, Corralillo 1910, Tres Ríos 1912 y Patillos 1952. Resulta un poco más difícil establecer alguna correspondencia entre la actividad microsísmica observada en el presente (muy reducida) y los terremotos históricos de Fraijanes 1888, Bajos del Toro 1911 y Sarchí 1912.

E. PROPUESTA PARA LA INSTALACION DE REDES PORTATILES EN ZONAS DE ALTA ACTIVIDAD MICROSISMICA

De acuerdo a la información resumida en este trabajo, tanto para la sismicidad superficial reciente registrada por el **OVSICORI-UNA**, a partir de abril de 1984, como por los sismos históricos que han afectado el área de estudio (ver Apéndices I y II), se ha procedido a sugerir el siguiente planteamiento para la instalación de redes de portátiles, priorizando de acuerdo a la sismicidad reciente e histórica.

Proponemos como prioridad uno la instalación de una red de

5 estaciones portátiles en el área cercana a la ciudad de Cartago (ver figura 5), dándole cobertura a las concentraciones de sismicidad observadas en el norte, suroeste y sur de esta ciudad. Esta es el área que más ha sido afectada por terremotos históricos, los cuales a su vez han sido los causantes de los mayores daños en nuestro país.

El objetivo principal es mejorar aún más las localizaciones hipocentrales obtenidas por la red de cobertura nacional del **OVSICORI-UNA**, así como también localizar microsismicidad con magnitud inferior a 1.9 grados, el cual es el presente nivel de detección de nuestra red permanente para esta zona.

Los sitios propuestos son:

ESTACION	LATITUD ESTIMADA	LONGITUD ESTIMADA
TAPANTI	9 46.00	83 48.20
TRES RIOS	9 54.60	83 59.20
PACAYAS	9 55.20	83 48.70
SAN GABRIEL	9 47.40	84 06.50
CANON	9 42.00	83 55.00

Presupuesto para la instalación de la red de portátiles

Número de estaciones : 5
 Periodo de observación : 3 meses

Materiales

Papel para sismogramas.....	5,070
Combustible para ahumar.....	360
Goma (60 tarros pequeños).....	2,280
Spray (60 tarros).....	8,100

Servicios no personales

Viáticos (2 personas).....	24,570
Depreciación del equipo (4 % del valor).....	96,000

Servicios personales

Honorarios (2 personas T.C.).....	180,000
-----------------------------------	---------

SUBTOTAL 316,380

Inflación (22 %).....	69,604
-------------------------	--------

TOTAL ₡ 385,984

NOTA: En el presupuesto anterior no se contemplan los rubros de transporte y combustible, esto por cuanto asumimos que la Comisión de Emergencia a través del proyecto MIRVYS proveerán el

transporte y combustible.

El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI-UNA), cuenta con 13 estaciones sismográficas portátiles MEQ-800 y personal capacitado para darle mantenimiento y reparación a dicha red, así como, el personal para la operación y procesamiento de la información obtenida de la misma.

En el futuro sería importante la instalación de redes portátiles para el estudio de otras concentraciones de sismicidad como se ha mostrado en este trabajo.

F. COSTOS DE ELABORACION DEL PRESENTE INFORME

El presupuesto que a continuación se somete a consideración del Sector Mirvys corresponde a los costos incurridos por el OVSICORI-UNA en la elaboración del presente trabajo. Está de más mencionar que este informe obedece a la solicitud expresa de los consultores de Mirvys (M. Cline y B. Foxall) para concluir satisfactoriamente con la tarea III "Investigación de Peligros Sísmicos", subtarea 3 "Identificación de Fuentes Sísmicas en el Valle Central", la cual como se mencionó anteriormente correspondía ejecutar a la Universidad de Costa Rica.

A continuación se detallan los costos del presente informe:

Servicios personales

2.5 hombres-mes.....	₡	78,000
Preparación informe, secretaria y dibujante.....		10,000

Servicios no personales

Uso computadores (20 horas).....		10,000
----------------------------------	--	--------

Materiales y suministros

Papel computadoras, plumas ploter.....		7,000
--	--	-------

TOTAL	₡	105,000
-------	---	---------

NOTA: los sismos localizados entre las coordenadas 9 grados 40 minutos y 10 grados de latitud norte y 83 grados 45 minutos y 84 grados 15 minutos fueron extraídos del trabajo en preparación para optar por el grado de Licenciado en Geografía de los profesores Víctor González y Carlos Montero, ambos funcionarios del OVSICORI-UNA. Esta información se ha incluido en el presente trabajo con el fin de agilizar la conclusión del mismo, por tanto cualquier cita a este trabajo deberá hacer referencia a González y Montero (en preparación) para la información mencionada anteriormente.

MAGNITUD CONT.

1.0- 1.9	9
2.0- 2.9	297
3.0- 3.9	20
4.0- 4.9	0
5.0- 8.0	0

PROFUNDIDAD CONT.

0.- 24.9	317
25.- 49.9	9
50.- 74.9	0
75.- 99.9	0
100.-250.0	0

GRAFICADOS CONT. 326

SIN GRAFICAR 5

□ □ □ □ □ + × △ □ ◇

□ CIUDAD
 ▲ VOLCAN

40 KM



OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA

UNA - HEREDIA

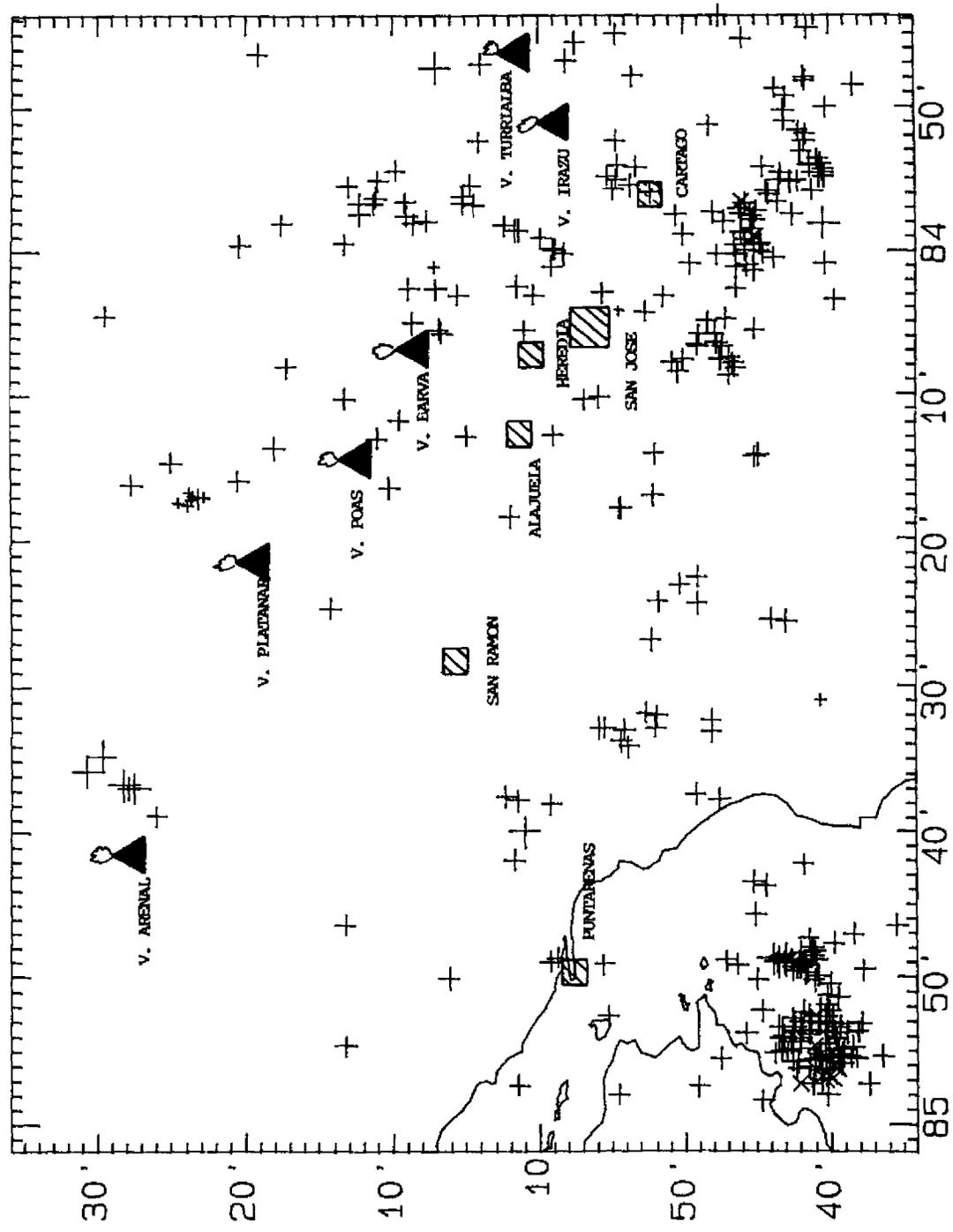


Fig. 1 Mapa mostrando la sismicidad registrada por la red del OBSIDORI-UNA entre abril 1984 y Julio 1988. La proyección corresponde aproximadamente con el área mostrada por la Hoja San José. Las ubicaciones se obtuvieron a partir del modelo de corteza superficial utilizado para el valle central (ver Tabla 2 y Apéndice IV)

COMPUESTO EJES DE PRESION Y TENSION

SECUENCIAS 1-13

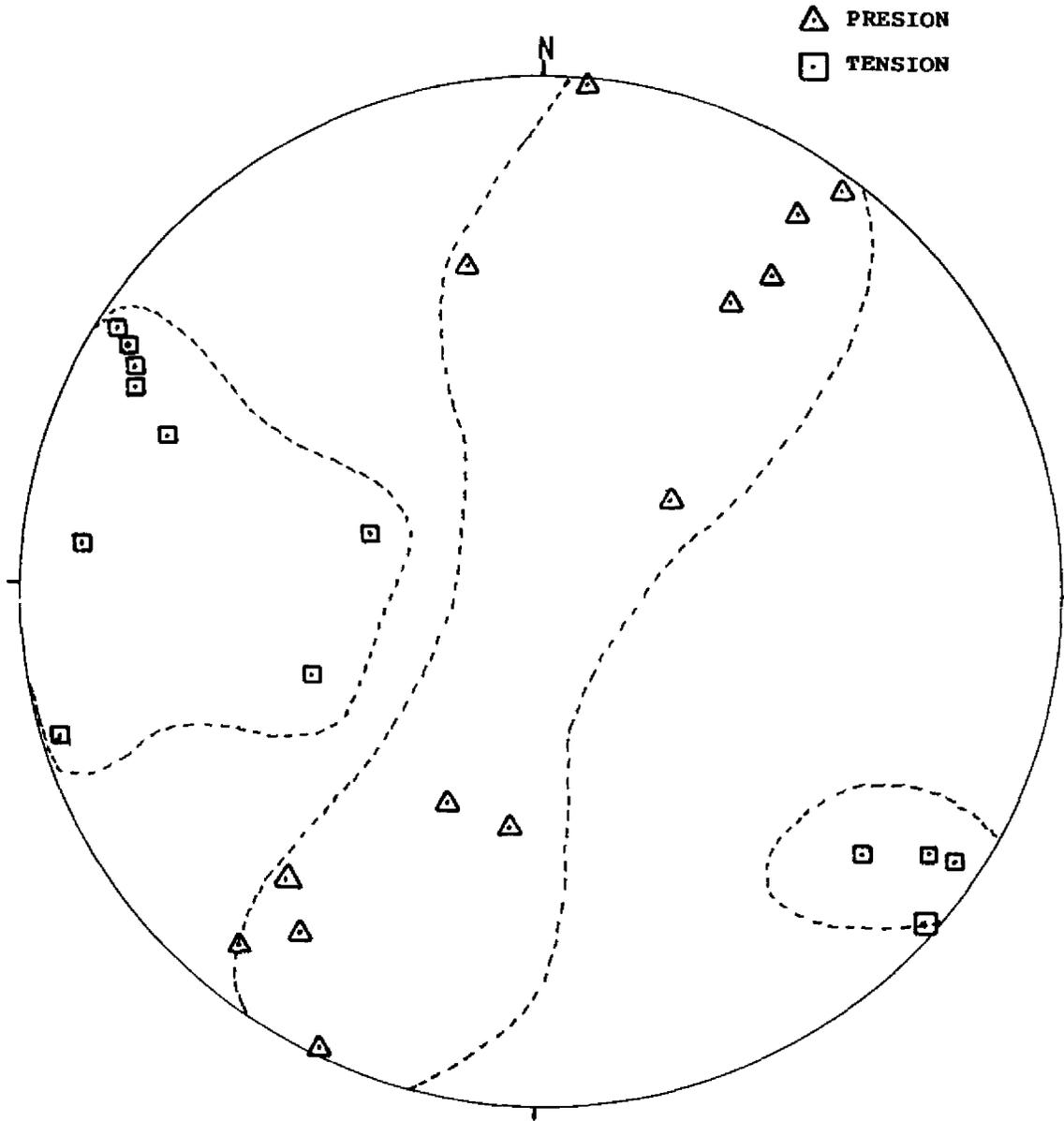
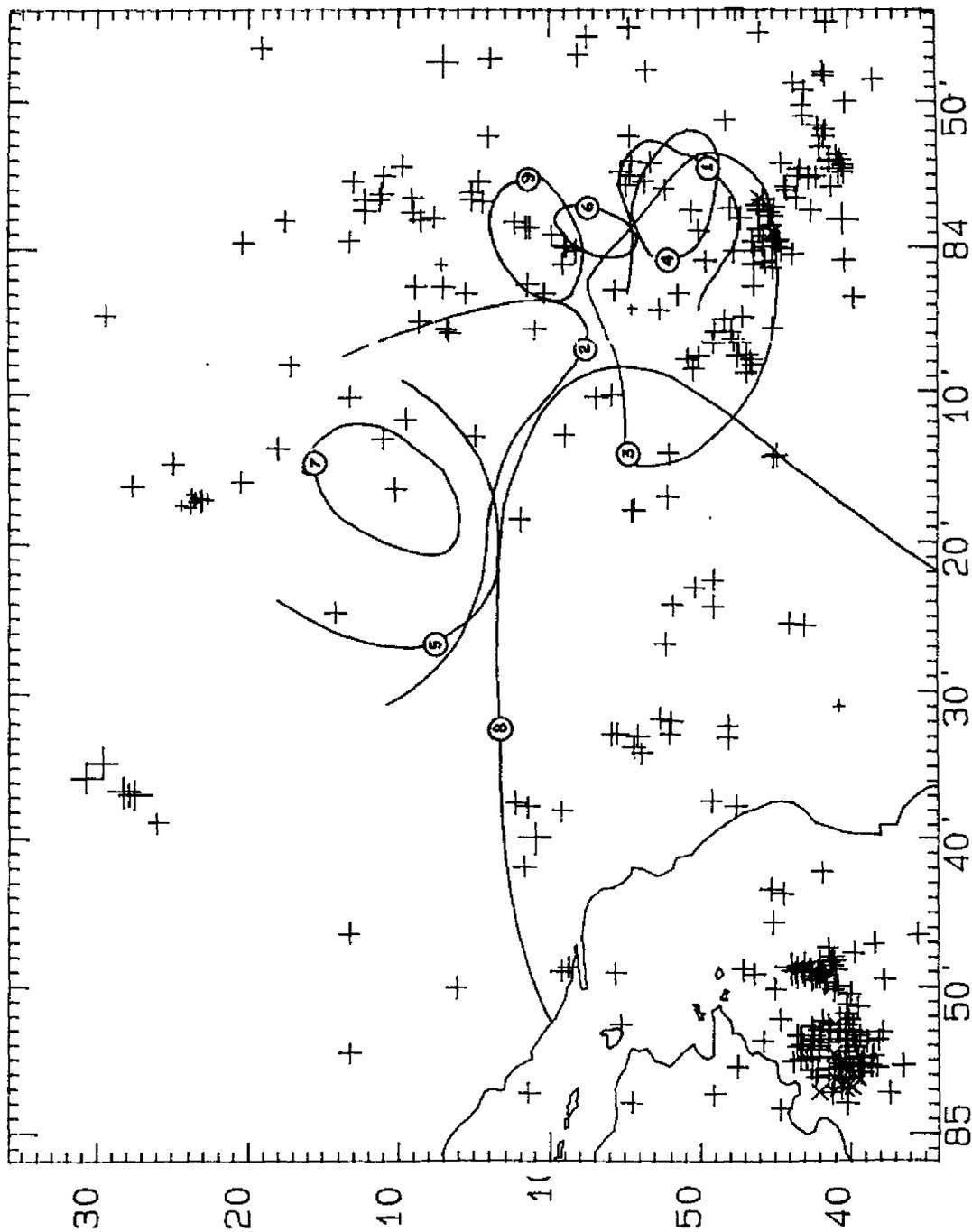


Fig. 3 Proyección estereográfica compuesta mostrando los ejes de presión (P) y tensión (T). Nótese la tendencia generalizada de los ejes de presión a estar orientados NE-SW y la de los ejes de tensión a ubicarse orientados NW-SE.



MAGNITUD

1.0 - 1.9	9
2.0 - 2.9	297
3.0 - 3.9	20
4.0 - 4.9	0
5.0 - 8.0	0

PROFUNDIDAD

0 - 24.9	317
25 - 49.9	9
50 - 74.9	0
75 - 99.9	0
100 - 250.0	0

GRAFICADOS
VALLE 84-88
SIN GRAFICAR

CONT	326
	5

- ① 02-09-1841 TERREMOTO DE CARTAGO
- ② 30-12-1888 TERREMOTO DE FRAIJANES
- ③ 13-04-1910 TERREMOTO DE CORRALILLOS
- ④ 05-05-1910 TERREMOTO DE CARTAGO
- ⑤ 29-08-1911 TERREMOTO DE TORO
- ⑥ 21-02-1912 TERREMOTO DE TRES RIOS
- ⑦ 06-06-1912 TERREMOTO DE SARCHI
- ⑧ 04-03-1924 TERREMOTO DE DROTINA

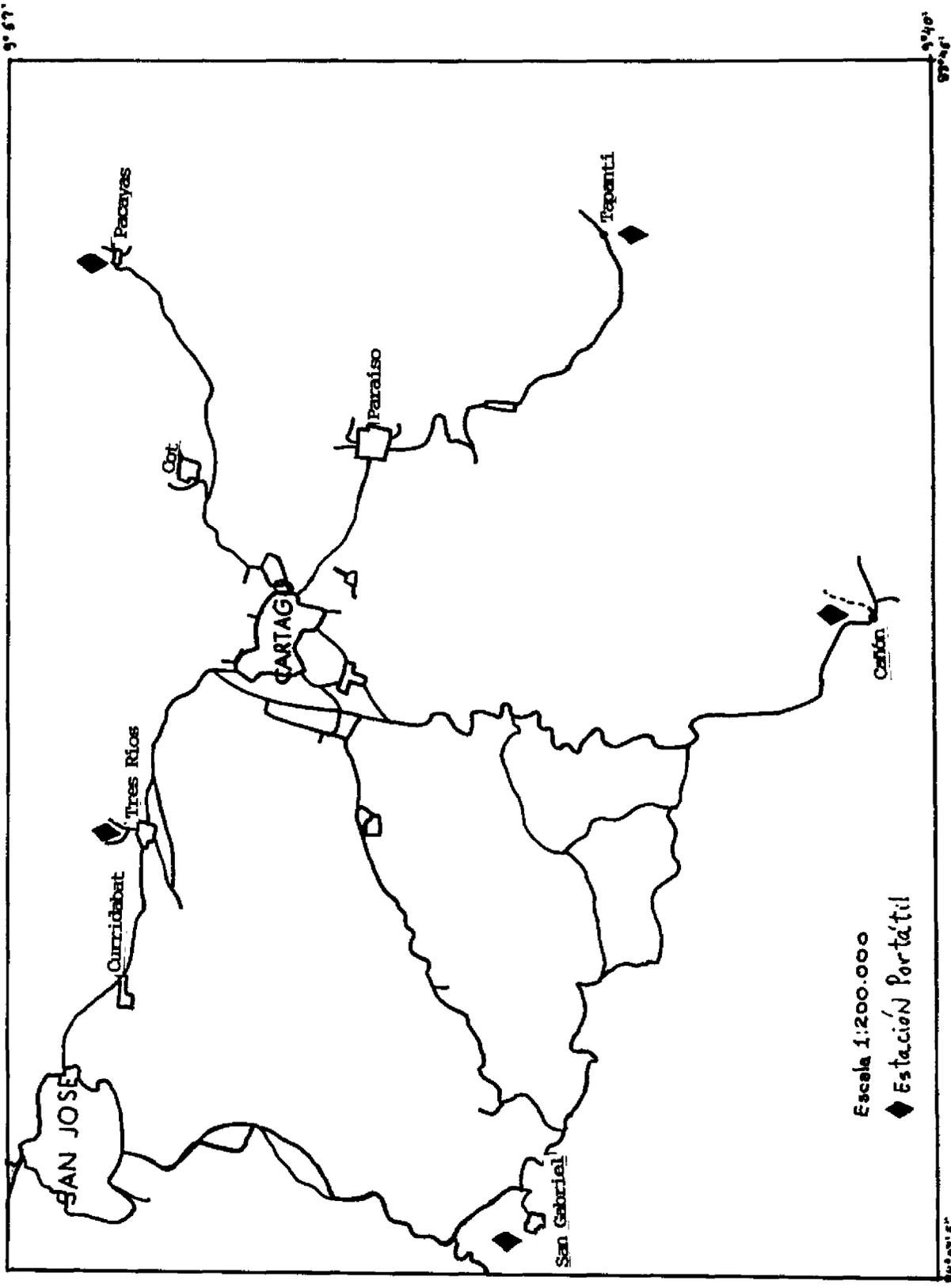


Fig. 5 Mapa mostrando la ubicación aproximada de la red portatitl a instalar en la parte sur-este del valle central, utilizando los criterios de la concentración de microsismicidad en esta zona, así como la cercanía de esta actividad a la ciudad de Cartago, la cual ha sido destruida o afectada seriamente en varias ocasiones a través de su historia.

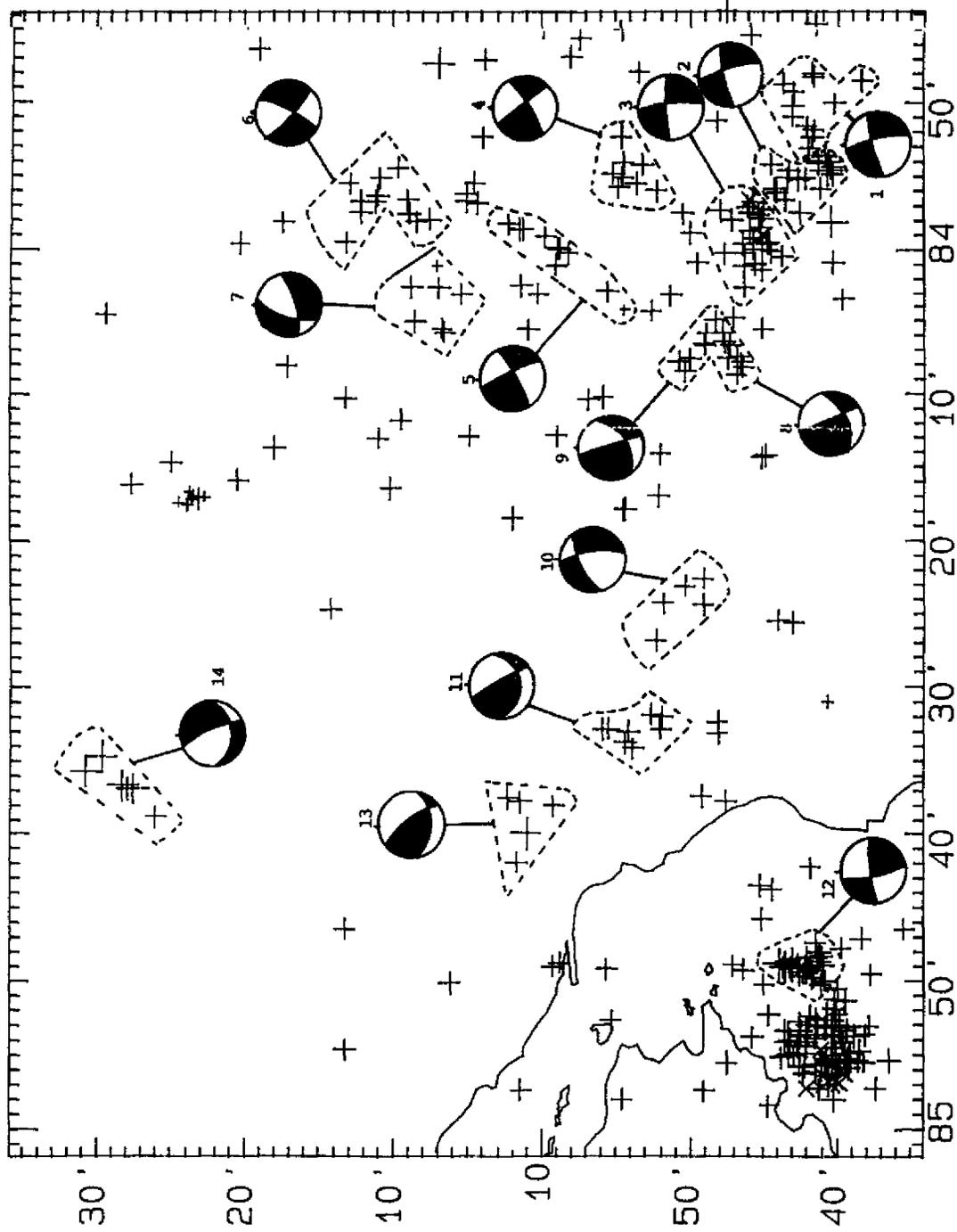


Fig. 2 Mapa mostrando la sismicidad registrada por la red del ONSICORI-UNA, a) (igual que en la Figura 1. A esta figura se le han agregado los mecanismos focales compuestos (hemisferio inferior) para las secuencias de sismos ubicados dentro de las áreas dearcadas por líneas punteadas. (Refiérase también a la Tabla 3 y Figura 3)

○	□	□	□	□	+	×	△	□	◇
MAGNITUD CONT.									
1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-8.0					
9	297	20	0	0					
PROFUNDIDAD CONT.									
0.-24.9	25.-49.9	50.-74.9	75.-99.9	100.-250.0					
317	9	0	0	0					
GRAFICADOS CONT.									
					326				
SIN GRAFICAR									
					5				

40 KM
 OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
 Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA
 UNA - HEREDIA

REFERENCIAS

- Abe, K., Magnitudes of Large Shallow Earthquakes from 1904 to 1980, Phys. Earth Planet Inter., **27**, 72-92, 1981.
- Abe, K., and S. Noguchi, Determination of Magnitude for Large Shallow Earthquakes 1897-1917, Phys. Earth Planet Inter., **32**, 45-59, 1983a.
- Abe, K., and S. Noguchi, Revision of Magnitudes of Large Shallow Earthquakes, 1897-1912, Phys. Earth Planet. Inter., **33**, 1-11, 1983b.
- Dean, B. W., and y C. L. Drake, Focal Mechanism Solutions and Tectonics of the Middle America Arc, J. of Geol., **86**, 111-128, 1978.
- Dewey, J. W., and S. T. Algermissen, Seismicity of the Middle America Arc-Trench System Near Managua, Nicaragua, Bull. Seismol. Soc. Am., **64**, 1033-1048, 1974.
- Duda, S. J., Secular Seismic Energy Release in the Circum-Pacific Belt, Tectonophysics, **2**, 409-452, 1965.
- Feldman, L. H., A Catalogue of Historical Documents Pertaining to the Earthquake Damage in Panamá and Costa Rica, inédito, 1984.
- Fernández Guardia, L. and A. Céspedes Marín, The Cartago Earthquake, May 4, 1910, Imprenta Lehman, San José, Costa Rica, 1910.
- González Viquez, C., Temblores, Terremotos, Inundaciones y Erupciones Volcánicas en Costa Rica, 1608-1910, Tipografía Avelino Alsina, San José, Costa Rica, 200 pp., 1910.
- Güendel, F. and K. C. McNally, [datos inéditos, 1985]
- Güendel, F., Seismotectonics of Costa Rica: An Analytical View of the Southern Terminus of the Middle America Trench, Ph.D. dissertation, University of California, 157 pp., 1986.
- Gutenberg, B. and C. F. Richter, Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, Princeton, N.J., University Press, 1954.
- Houston, H., and H. Kanamori, Source Spectra of Great Earthquakes: Teleseismic Constraints on Rupture Process and Strong Ground Motion. Bull. Seismol. Soc. Am., **76**, 19-42, 1986.
- Kelleher, J., L. Sykes, and J. Oliver, Possible Criteria for Predicting Earthquake Locations and their Application to Major Plate Boundaries of the Pacific and the Caribbean, J. Geophys. Res., **78**, 2547-2585, 1973.
- Kirkpatrick, R., Earthquakes in Panamá up to January 1, 1920, Bull. Seismol. Soc. Am., **10**, 120-128, 1920.
- Matumoto, T., M. Othake, G. Latham, and J. Umaña, Crustal Structure of Southern Central America, Bull. Seismol. Soc. Am., **67**, 121-134, 1977.
- McNally, K. C., and J. B. Minster, Nonuniform Seismic Slip Rates Along the Middle America Trench, J. Geophys. Res., **86**, 4949-4959, 1981.
- Michaud, G., The Cartago Earthquake, Scientific American, **II**, 400-441, New York, 1910.

- Michaud, G., Nota sobre el Epicentro del Terremoto del 30 de Diciembre de 1888, Anales del Centro de Estudios Sismológicos de Costa Rica, Tipografía Nacional, 9-15, 1912.
- Michaud, G. y P. Biolley, Informe sobre el Terremoto de Bajos del Toro, Grecia, Anales del Centro de Estudios Sismológicos de Costa Rica, Tipografía Nacional, 35-41, 1912.
- Miyamura, S., Provisional Magnitudes of Middle American Earthquakes not Listed in the Magnitude Catalogue of Gutenberg and Richter, Bull. Intl. Inst. Seism. Earthquake Eng., **14**, 41-46, 1976.
- Miyamura, S., Sismicidad de Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 1980.
- Molnar, P., and L. R. Sykes, Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions From Focal Mechanisms and Seismicity, Geol. Soc. Am. Bull., **80**, 1639-1684, 1969.
- Montero, W. P., and J. W. Dewey, Shallow-Focus Seismicity, Composite Focal Mechanisms and Tectonics of the Valle Central of Costa Rica, Bull. Seismol. Soc. Am., **72**, 1611-1626, 1982.
- Montero, W. P., y S. Miyamura, Distribución de Intensidades y Estimación de los Parámetros Focales de los Terremotos de Cartago de 1910, Costa Rica, América Central, Revista del Inst. Geograf. Nac., **56**, 147-154, 1982.
- Rothé, J. P., The Seismicity of the Earth 1953-1965, UNESCO, 1969.
- Tristán, J. F., P. Biolley and C. Cots, The Sarchí Earthquake, Costa Rica, Bull. Seismol. Soc. Am., **2**, 201-208, 1912.
- Tristán, J. F., The Costa Rica Earthquake of February 27, 1916, Bull. Seismol. Soc. Am., **6**, 232-235, 1916.