

TABLA DE CONTENIDO

Página

1.-	Introducción.....	3
2.-	Actividad sísmica histórica en la región de Santiago de Puriscal.....	5
3.-	La secuencia sísmica de Santiago de Puriscal entre el 26 de marzo y el 11 de julio de 1990.....	6
4.-	Parámetros físicos de las fuentes sismogeneradoras secuencia de Santiago de Puriscal.....	10
4.1-	Características del sismo del 30 de junio $M_l = 5.0$	11
5.-	Interpretación sismotectónica de la secuencia de Santiago de Puriscal.....	14
6.-	Conclusiones.....	17
	Referencias.....	19
	Descripción de Figuras.....	20
	Descripción de Tablas.....	21
	Apéndice I	
	Apéndice II	
	Apéndice III	
	Apéndice IV	

1. Introducción

La actividad sísmica registrada en Santiago de Puriscal y sus cercanías, empieza a manifestarse el día 26 de marzo de 1990, después de la ocurrencia del Terremoto de Cóbano ($M_s=7.0$ $M_l=6.8$) del día anterior (25 de marzo). La relación temporal de esta secuencia sísmica con la ocurrencia del evento de Cóbano pareciera indicar cierta relación entre ambos fenómenos. En este caso el Terremoto de Cóbano estaría actuando como agente disparador de la actividad sísmica ocurrida en Santiago de Puriscal.

Los eventos sísmicos ocurridos durante esta secuencia se presentan en forma de enjambres, con altas concentraciones de eventos en el tiempo, espaciadas por varios días. A pesar de que los microsismos empiezan a captarse en las estaciones de la Red Permanente del OVSICORI-UNA el día 26 de marzo, no es sino hasta finales de mayo que se producen los primeros sismos con magnitudes superiores a los 4 grados en la escala de Richter, momento en el cual se define claramente la actividad sísmica en Santiago de Puriscal, siendo posible identificar el sistema de fallas asociado a dicha sismicidad.

A raíz de la actividad observada en la región de Santiago de Puriscal, el OVSICORI-UNA instala el 7 de mayo los primeros sismógrafos portátiles en la zona con el fin de mejorar la cobertura de las estaciones sobre las fuentes sismogeneradoras y ayudar a una mejor solución en el cálculo de los parámetros de estas. La red se aumentó luego a un total de 4 estaciones portátiles el día 7 de junio. Se ha instalado un quinto sismógrafo portátil a partir del día 25 de julio, con el fin de aumentar la cobertura de otras fuentes sísmicas activas en las cercanías de Santiago de Puriscal.

El OVSICORI-UNA, en conjunto con la Universidad de

California en Santa Cruz, instaló durante el mes de abril de 1990 un total de 6 acelerógrafos A-700 en los alrededores de la entrada del Golfo de Nicoya y uno en el Centro de Registro del OVSICORI-UNA, a raíz del Terremoto de Cóbano del 25 de marzo. Estos acelerógrafos fueron instalados con el fin de medir las réplicas de mayor magnitud. Sin embargo, dado el bajo número de réplicas registradas durante los meses de abril y mayo, se optó por trasladar algunos A-700 a la región de Santiago de Puriscal, para obtener registros no saturados de las ondas secundarias (ondas S), y una mejor estimación de las magnitudes en el caso de presentarse eventos importantes (e.g. tales como los observados durante el enjambre correspondiente a los días 29, 30 y 31 de mayo). Fue así como se procedió a instalar a la par de los sismógrafos portátiles dos acelerógrafos digitales A-700 el día 1 de junio. Esta red de acelerógrafos se aumentó a cuatro el día 18 de julio, tal como se muestra en la Figura 1. El acelerógrafo ubicado en el edificio del OVSICORI-UNA se mantiene como punto de referencia.

Después del primer enjambre sísmico a finales de mayo, se observa una relativa quietud, mostrada por una considerable disminución en la actividad microsísmica, situación que aprovecharon algunos moradores de Santiago de Puriscal para regresar a sus hogares tras haber abandonado el lugar después de la sismicidad ocurrida a finales del mes de mayo. Sin embargo, durante los días 7, 8 y 9 de junio se genera otro enjambre sísmico con varios eventos de magnitudes mayores a los 4 grados en la escala de Richter y un mayor número de réplicas acompañando a estos.

En forma similar se vuelve a observar una disminución paulatina en el número de sismos a partir del día 9 de junio para culminar nuevamente con otro enjambre que inicia el día 30 del mismo mes, incluyendo esta vez dentro de la secuencia el evento

de mayor magnitud registrado hasta el presente, alcanzando este 5 grados en la escala de Richter.

Este informe preliminar pretende, tras el análisis de la mayor parte de la sismicidad registrada por nuestra Red Sismográfica entre los días 26 de marzo y 11 de julio de 1990, profundizar sobre el fenómeno sísmico ocurrido en las cercanías de la ciudad de Santiago de Puriscal. Posteriormente, una vez analizada toda la información registrada por la Red Permanente, las estaciones portátiles y los sismógrafos de baja ganancia (acelerógrafos) instalados, y de acuerdo a la futura manifestación del fenómeno sísmico en estudio, se publicará un trabajo final.

El presente estudio, se ha dividido en seis secciones incluyendo esta introducción y las conclusiones. La segunda sección describe en forma breve la actividad histórica que ha afectado esta región durante el presente siglo. En la tercera sección, se detalla las características espacio-temporales de la secuencia sísmica registrada entre el 26 de marzo y el 11 de julio de 1990. En la cuarta sección se estudian los parámetros de fuente de los eventos con magnitudes $M_l \geq 3.5$ grados, ubicándolos dentro del posible contexto geoestructural de la región. Se hace especial mención al sismo del 30 de junio de magnitud $M_l = 5.0$. En la quinta sección se plantea una interpretación sismotectónica de lo acontecido durante esta secuencia sísmica, así como las implicaciones de dicha secuencia a la luz del Terremoto de Cóbano. Finalmente se presentan las conclusiones más importantes sobre las observaciones hechas en este trabajo.

2. Actividad Sísmica Histórica en la Región de Santiago de Puriscal

Durante el presente siglo no se ha manifestado, en Santiago de Puriscal o sus cercanías, actividad sísmica similar a la

observada durante esta secuencia. El único evento reportado en la región aledaña, y que reviste características de importancia, es el Terremoto de Orotina de marzo de 1924. Este evento, reportado con una magnitud $M_s = 7.0$, se interpreta como un sismo que ocurre a lo largo de una falla de carácter superficial (Güendel y otros, 1989), produce una serie de daños importantes en varias localidades cercanas al epicentro. Históricamente, este evento representa el que mayores daños, en términos generales, ha causado al interior del Valle Central.

Recientemente, la Red del OVSICORI-UNA, a partir de su puesta en operación en abril de 1984, ha ubicado algunos eventos en los alrededores de Santiago de Puriscal (Güendel y otros, 1989). Esta actividad sísmica muestra que los pocos eventos registrados se localizan al Nor-NorOeste de Santiago de Puriscal, muy probablemente asociados a la falla de Picagres, una de las más activas durante la presente secuencia sísmica. Existe además información en un estudio de microsismicidad realizado entre 1980 y 1981 para la región SurOeste del Valle Central, y que incluye los alrededores de Santiago de Puriscal. En este estudio se documenta la existencia de actividad sísmica en las cercanías de esta ciudad, específicamente al NorOeste, lugar donde la red del OVSICORI-UNA ha localizado gran parte de los sismos registrados durante esta secuencia. Sin embargo, los microsismos registrados son en su mayoría de magnitudes pequeñas, menores a los 3 grados en la escala de Richter (Montero y Morales, 1984).

3. La Secuencia Sísmica de Santiago de Puriscal entre el 26 de marzo y el 11 de julio de 1990

A continuación describiremos la secuencia sísmica, utilizando como referencia y control del número de eventos ocurridos desde un inicio, una estación ubicada a 13 km. al SurOeste de la ciudad de Santiago de Puriscal. Esta estación, denominada Potenciana (PTCR), forma parte de la Red Sismográfica

Permanente del OVSICORI-UNA, siendo la más cercana a la zona epicentral. PTCR ha venido funcionando en forma continua desde su instalación en mayo de 1984 (ver Figura 2).

Como se mencionó anteriormente, la primera actividad sísmica correspondiente a esta secuencia en las cercanías de Santiago de Puriscal, se manifiesta un día después de la ocurrencia del Terremoto de Cóbano, en la entrada del Golfo de Nicoya. No obstante, es importante mencionar que dicha sismicidad se ubica, al Oeste-SurOeste de Santiago, cerca de las localidades de Mercedes Sur, Santa Marta y Jilgueral, sitio donde posteriormente se presentará el sismo de mayor magnitud de la secuencia, ocurrido el día 30 de junio de 1990, con una magnitud de 5.0 grados en la escala de Richter.

Para iniciar el análisis de la secuencia sísmica, hemos procedido a subdividirla en cuatro periodos, a fin de dar un seguimiento espacio-temporal a la evolución de la actividad sísmica desde su primera manifestación. Estos cuatro periodos son a saber:

Período	Fecha y Tiempo	
	Año-Mes-Día	Hora:Minuto
1	del 90 -03 -26	17:26
	al 90 -04 -21	13:59
2	del 90 -04 -24	22:29
	al 90 -06 -15	01:16
3	del 90 -06 -16	01:27
	al 90 -06 -27	16:50
4	del 90 -06 -30	09:04
	al 90 -07 -11	23:29

Durante el primer período, comprendido entre el 26 de marzo y el 21 de abril se observa claramente, tal como se muestra en la

Figura 3, que la sismicidad se manifiesta inicialmente al Oeste y SurOeste de Santiago de Puriscal. Estos eventos, cuyas magnitudes oscilan entre 2.0 y 2.4 grados en la escala de Richter, muestran un alineamiento NorEste-SurOeste y se ubican, en promedio, a unos 9 km de la ciudad de Santiago. Las profundidades de estos sismos varían entre 2 y 14 km.

Es importante mencionar que los primeros reportes provenientes de los pobladores de la región, sobre sismos sentidos en esta fuente sísmica, se dan a partir del día primero de mayo. Sin lugar a dudas, los sismos ocurridos en las cercanías de Santiago de Puriscal durante este primer período, pasaron en su mayoría desapercibidos por los pobladores locales, confundiéndolos muy probablemente como réplicas del Terremoto de Cóbano del 25 de marzo de 1990.

Para el segundo período, entre el 24 de abril y el 15 de junio, los sismos se ubican prácticamente por debajo de Santiago de Puriscal, tal como se muestra en la Figura 4. Es durante este período que se empieza a observar los primeros efectos producidos directamente sobre la población de Santiago, trayendo como consecuencia también, los primeros daños estructurales en la ciudad y sus vecindades. Se convierte además en la zona epicentral de mayor densidad sísmica, siendo a la vez la que contiene a lo largo de dos sistemas de falla identificados, el mayor número de sismos con magnitudes superiores a los 3.5 grados en la escala de Richter.

Durante el tercer período, comprendido entre el 16 y el 27 de junio, la sismicidad registrada muestra una combinación de los dos períodos anteriores, tal como se observa en la Figura 5. En esta Figura se puede apreciar que parte de la sismicidad se genera a lo largo del sistema de fallas ubicadas al NorOeste y SurEste de Santiago, mientras que la otra parte ocurre al Oeste,

sitio donde diera inicio la secuencia y donde se generará el evento de mayor magnitud.

Finalmente durante el cuarto y último período comprendido entre el 30 de junio y el 11 de julio, además de la ocurrencia del evento de mayor magnitud ($M_l=5.0$), se observa un cambio importante en el patrón espacio-temporal de la sismicidad. Se puede apreciar en la Figura 6, que la mayor parte de la sismicidad se presenta ahora en asocio al evento principal, como es de esperar; sin embargo, nótese que el sistema de fallas ubicado al NorOeste y SurEste de la ciudad de Santiago libera muy poca energía durante este período.

Es importante, a la vez, indicar que la distribución espacial de las réplicas muestran una alineación NorOeste-SurEste, pero que además existe la tendencia general a definir otro plano en dirección NorEste-SurOeste, alineamiento que se observara también durante el primer período (Figura 3).

De la distribución de la actividad sísmica registrada en el tiempo, según el conteo de eventos en la estación de PTCR, tal como se mostró en la Figura 2, es posible apreciar la forma gradual con que la sismicidad empieza a manifestarse, a partir del 26 de marzo de 1990. Por más de dos meses, entre el 26 de marzo y el 28 de mayo, el nivel de sismicidad se mantuvo relativamente bajo, con valores entre 0 y 18 sismos por día, comparado con el observado a partir del día 29 de mayo, fecha en donde los enjambres sísmicos se definen como tales, mostrando como característica la ocurrencia de uno o más eventos principales con magnitudes mayores a los 4 grados en la escala de Richter y un patrón de réplicas que decae gradualmente en el tiempo. A partir de esta fecha, tal como se observa en la Figura 2, se dan tres enjambres bien definidos, alcanzando picos máximos de actividad sísmica con 163, 632 y 417 sismos respectivamente.

4. Parámetros Físicos de las Fuentes Sismogeneradoras Secuencia de Santiago de Puriscal

Con el fin de estudiar más a fondo los procesos físicos que han producido la actual secuencia sísmica, se ha seleccionado del total de sismos (377) ubicados hasta el presente (ver Figura 7 y Apéndice III), los eventos con magnitudes superiores a los 3.5 grados en la escala de Richter. Esta selección da un total de 27 sismos, cuya distribución espacial se muestra en la Figura 8. Igualmente se muestra, en esta figura, los mecanismos focales (hemisferio inferior), correspondientes a los eventos más significativos de la secuencia. Refiérase al Apéndice I para un listado completo de todos los mecanismos focales obtenidos. Es aquí donde podemos identificar con un mayor grado de precisión las diferentes fuentes sísmicas que han generado esta actividad. La dirección de los alineamientos observados en esta figura, coincide claramente con uno de los planos de falla obtenido en los mecanismos focales, dándose la correlación con el plano orientado en dirección Nor-NorOeste.

De esta forma podemos afirmar que la mayor parte de la energía sísmica liberada durante esta secuencia se ha generado principalmente en dos segmentos de falla aproximadamente paralelos con rumbo Nor-NorOeste. No se descarta la posibilidad de que algunos eventos con magnitudes inferiores a los 3.5 grados hayan ocurrido a lo largo de fallamientos menores, correspondientes al plano auxiliar, el cual corre en dirección Nor-NorEste. Esto por cuanto puede apreciarse también cierto alineamiento en esa dirección, tal como se muestra en las Figuras 7 y 8.

Los sismos con magnitudes mayores a los 3.5 grados en la escala de Richter (ver Figura 8), se producen en asocio a los enjambres del 29 al 31 de mayo, del 7 al 9 de junio y del 30 de junio. Antes del 29 de mayo, la liberación de energía (ver

Figura 9) es relativamente despreciable comparada con la observada a partir de esa fecha. Esta es la razón fundamental por la cual durante el inicio de la secuencia sísmica de Santiago de Puriscal, y antes del 30 de mayo, únicamente los moradores de la región reportan la ocurrencia de algunos sismos.

En la Tabla I se listan los principales parámetros físicos de los mecanismos focales obtenidos para los sismos con magnitudes mayores a los 3.5 grados en la escala de Richter. Dentro de las variaciones existentes, se puede apreciar una gran consistencia en las polaridades de las ondas P para estos sismos, mostrando que los esfuerzos imperantes en la región están regidos por Compresiones en dirección Norte-Sur y Tensiones en dirección Este-Oeste. La Figura 10 muestra la distribución de la totalidad de los ejes de Presión y Tensión de los mecanismos focales descritos en la Figura 8 y la Tabla I.

Resultados mostrando un comportamiento similar en la distribución de los esfuerzos fue encontrado, en un estudio realizado por los autores, en el Valle Central (Güendel y otros, 1989), indicando que el sistema de esfuerzos observado en la región de Puriscal es el mismo que afecta, en el presente, al resto del Valle Central. La generación de este sistema de esfuerzos muy probablemente obedece a la deformación continental, resultante del proceso de colisión y subducción de la Placa de Cocos bajo la del Caribe, fenómeno que tiene como eje de acción una dirección Norte 30º Este.

4.1 Características del Sismo del 30 de junio $M_l=5.0$

El sismo ocurrido el día 30 de junio a las 8 horas 51 minutos (Tiempo Local) con una magnitud $M_l=5.0$, representa el evento más importante ocurrido en la región epicentral de Santiago de Puriscal hasta la fecha, pudiendo clasificarse como el sismo principal de la secuencia sísmica.

El epicentro de este evento se ubica 8 km al oeste de Santiago de Puriscal a una profundidad de 8 km y coincide con la zona donde se presentaron los mayores daños, así como con la fuente de actividad sísmica que diera inicio a esta secuencia. El evento principal estuvo precedido por un repentino incremento en el número de sismos (clasificados como eventos premonitores), registrados y sentidos por los vecinos, varias horas antes de que este ocurriese.

Se estima que este evento, así como las réplicas más importantes, de haber ocurrido a lo largo de la falla de Picagres (ubicada a menor distancia de Santiago de Puriscal), hubiese producido muy probablemente un mayor número de daños a las estructuras del distrito central.

El evento principal, fue seguido por cuatro réplicas, con magnitudes superiores a los cuatro grados en la escala de Richter, dentro de los 10 minutos posteriores. La energía total liberada por estas cuatro réplicas equivale a un sismo de 4.8 grados en la escala de Richter.

Este sismo, además de ser registrado por todas las estaciones de la Red Permanente del OVSICORI-UNA, fue registrado por dos de las tres estaciones digitales de baja ganancia (A-700) instaladas (Guayabo (GYBO) y Heredia (HDC)). La tercera estación ubicada en Desamparaditos (DSPS), muy cercana a la fuente, se encontraba con la memoria saturada, no pudiendo así registrar el evento principal y sus réplicas. No obstante, los tiempos de arribo de las ondas secundarias (ondas S), de las estaciones GYBO y HDC, fueron utilizadas en la localización de los epicentros, ayudando así a una mejor determinación de sus profundidades. Además de la información de polaridades y tiempos de arribo, los datos registrados por estas estaciones de baja ganancia, muestran que para la estación más cercana al epicentro (GYBO), ubicada a

13.4 km (distancia epicentral), se registraron aceleraciones máximas en la componente Norte-Sur del 13.1% de la gravedad (g). En la estación HDC ubicada a 35.3 km (distancia epicentral), la aceleración máxima registrada, correspondiente también a la componente Norte-Sur, muestra un valor de 2.9 % de la gravedad.

Según un informe de la Comisión Especial de Vivienda, nombrada para estudiar el caso de Santiago de Puriscal, 134 familias deberán de ser reubicadas. Además se indica que los barrios más afectados por la ola sísmica son: Los Angeles, Piedades, Carit, Jarazal, El Carmen, Calle Aserradero y el sector central de Santiago de Puriscal. En igual forma, y como parte de los daños observados, se produjeron gran cantidad de pequeños deslizamientos que bloquearon en muchos lugares las vías de acceso a la región.

Es importante mencionar que el nivel de daños fue aumentando conforme se presentaban los diferentes enjambres, expandiendo a la vez su radio de acción debido a la movilidad de la actividad sísmica. Es así como podemos decir, que los sismos de finales de mayo y mediados de junio, afectaron en mayor grado las localidades de Carit, Desamparaditos, Charcón, Santiago y otras vecindades aledañas, producto de una concentración de la actividad a lo largo de la falla de Picagres, muy cercana a estos poblados. La zona de daños observada inicialmente, se extiende a raíz de los sismos de finales de junio y principios de julio hacia el Oeste-SurOeste de Santiago. En el apéndice IV se muestra una selección de fotografías que indican el nivel de daños producidos por la secuencia sísmica de Santiago de Puriscal.

En la Tabla II, además de listarse las aceleraciones máximas observadas para las tres componentes, se indican las distancias epicentrales e hipocentrales, así como las magnitudes calculadas para el evento principal y las cuatro réplicas ocurridas en los

10 minutos subsiguientes.

Igualmente las Figuras 11 y 12 muestran las trazas del evento principal tal como fue registrado por los acelerógrafos digitales A-700 en las estaciones de GYBO y HDC. En el Apéndice II pueden observarse las trazas registradas para las cuatro réplicas en ambas estaciones, así como los gráficos que muestran la atenuación (en porcentaje de g) del medio propagante entre la estación de GYBO y HDC.

5. Interpretación Sismotectónica de la Secuencia de Santiago de Puriscal

Los mecanismos aquí descritos indican que los movimientos a lo largo de los segmentos de falla, activos durante la secuencia sísmica, son fundamentalmente de corrimiento lateral. Para el plano de falla orientado de NorOeste a SurEste el movimiento es lateral derecho y para el plano de falla orientado de NorEste a SurOeste el movimiento es lateral izquierdo.

El mapa geo-estructural del Valle Central 1:150.000, (1988), muestra la existencia de fallamientos primarios orientados en direcciones NorOeste-SurEste, similares a las mostradas por los mecanismos focales y el alineamiento de los sismos mostrados en este trabajo. Igualmente aparecen fallas, con alineamientos similares, en el mapa (trabajo preliminar) 1:100.000 compilado a través del Proyecto MIRVYS (1989), correspondientes a fallas ubicadas al NorEste de Santiago de Puriscal.

En el estudio conducido por Montero y Morales (1984), mencionan unas estructuras de tipo horst descritas por Castillo (1969), precisamente orientadas en la dirección señalada por el plano auxiliar de los mecanismos focales descritos en este trabajo.

La interpretación sugerida para esta secuencia está asociada a la deformación inducida en la placa continental como producto de la colisión de esta con la placa de Cocos y a la redistribución de los esfuerzos al interior del continente, causada por la generación de terremotos costeros como el de Golfito de 1983 ($M_s = 7.2$) y el de Cóbano de 1990 ($M_s = 7.0$, $M_l = 6.8$).

La aplicación de los esfuerzos tectónicos genera ejes de Presión orientados de Norte a Sur y de Tensión orientados de Este a Oeste, produciendo sistemas de fallas con orientaciones NorOeste-SurEste y NorEste-SurOeste; las cuales como se ha mostrado en otros trabajos (e.g. Montero y Dewey, 1982; Montero y Morales, 1984; Güendel 1986; Güendel y otros, 1989) son la norma general para los mecanismos focales simples o compuestos generados a partir de la sismicidad de carácter superficial (0-25 km de profundidad) dentro de la placa continental de Caribe, en el presente tiempo geológico.

Es así como actividad sísmica similar a la observada en las cercanías de Santiago de Puriscal no pareciera ocurrir, al menos dentro del Valle Central, aleatoriamente en el tiempo; estando más bien asociada a los ciclos de actividad fuerte a lo largo de la costa pacífica. Históricamente, dentro del presente siglo, actividad sísmica de carácter superficial se ha manifestado en el Valle Central contemporáneamente a la ocurrencia de grandes terremotos ($M_s > 7.0$). Así tenemos que entre 1904 y 1916, fechas donde se presentan dos grandes terremotos costeros en Golfito y Golfo de Papagayo respectivamente, se genera en los alrededores del Valle Central una secuencia de sismos de carácter superficial tales como Corralillos y Cartago en 1910, Bajos del Toro en 1911 y Sarchí y Tres Ríos en 1912. Posteriormente y acompañando al nuevo ciclo observado entre 1941 y 1950, donde de nuevo se generan dos grandes terremotos costeros en Golfito y Nicoya

respectivamente, se observa al interior del país una nueva secuencia de sismos superficiales tales como Paraíso en 1951, Patillos en 1952, Limón en 1953 y Bajos del Toro en 1955.

Es así como podemos inferir que desde el inicio del nuevo ciclo de grandes terremotos costeros en 1983 (con la ocurrencia del evento de Golfito conocido como el Terremoto del "Sábado Santo"), es muy probable que haya dado comienzo a una nueva secuencia de actividad sísmica de carácter superficial para el Valle Central.

Esta inducción científica, aun cuando en el presente se ha planteado como una hipótesis de trabajo (Güendel en prensa, 1990), de resultar cierta, deberíamos esperar a futuro lo siguiente:

- 1.- La ocurrencia de un evento importante frente a las costas de Nicoya, con fecha aproximada de 1993 $\pm$ 2 años, (i.e. en función de los dos ciclos anteriores 1904-1916 y 1941-1950, Güendel en prensa, 1990), a fin de cerrar el ciclo iniciado con el Terremoto de Golfito de 1983, y
- 2.- La activación de fuentes superficiales, con sismos de magnitud moderada, en los alrededores del Valle Central tal como se han presentado durante los ciclos anteriores.

Es importante señalar que a partir del Terremoto de Golfito en 1983, se ha incrementado la actividad de carácter superficial a nivel general en todo el país. Es así como vemos surgir, a tan solo tres meses después de este gran evento sísmico, el Terremoto de Pérez Zeledón ($M_s = 6.2$), cuyo origen se da en una falla superficial.

Igualmente observamos procesos similares, con menor grado de intensidad en magnitud y número de réplicas, generarse en los

alrededores del Valle Central. Entre las secuencias sísmicas recientes de carácter superficial más importantes tenemos: Orotina, Zurquí, Santa Bárbara de Heredia, Altos del Aguacate, Cartago, y faldas del Volcán Poás, sitios donde históricamente se han presentado sismos importantes, que han producido el mayor nivel de daños en nuestro país.

6. Conclusiones

La actividad sísmica registrada en Santiago de Puriscal obedece a la ruptura de por lo menos tres segmentos de falla bien definidos, ubicados en las inmediaciones de la ciudad. El segmento ubicado al Oeste de Santiago fue el primero en activarse, migrando posteriormente la actividad a los otros dos segmentos al Norte y Este de Santiago. El tipo de movimiento generado, por la ruptura de las fallas, es fundamentalmente de carácter transcurrente, tal como se mostró con los mecanismos focales y la distribución de los ejes de Presión y Tensión. Para el plano de falla orientado NorEste-SurOeste, el movimiento es lateral derecho y para el plano de falla orientado de NorOeste a SurEste, el movimiento es lateral izquierdo. Algunos mecanismos focales muestran alguna componente inversa, pero consistentemente predomina el tipo transcurrente.

Es posible argumentar, dada la correlación temporal de esta actividad sísmica con la ocurrencia del Terremoto de Cóbano del 25 de marzo de 1990 y la ocurrencia de secuencias interplaca-intraplaca durante el presente siglo, que patrones de sismicidad como el descrito en este estudio, están directamente relacionados.

La secuencia de Santiago de Puriscal, puede clasificarse como una secuencia característica de las regiones del arco interno, principalmente aquellas que bordean la cadena Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca. Este tipo de secuencia puede girar en torno a un evento principal o varios eventos de

magnitudes similares, tal como venía manifestándose la actividad sísmica hasta el día 29 de junio. No obstante, el 30 de junio ocurre un sismo con magnitud $M_l = 5.0$, lo que a la fecha, y sin que haya cesado la actividad microsísmica en la región de Santiago de Puriscal, viene a constituirse en el evento principal de la secuencia.

Dicha secuencia, tal como se mostró, puede subdividirse en tres enjambres principales, ocurridos uno entre el 29 y 31 de mayo, el segundo entre el 7 y 9 de junio y el tercero entre el 30 junio y 2 de julio aproximadamente.

Finalmente se concluye que los terremotos costeros, producto de la subducción de la Placa de Cocos bajo la del Caribe (e.g. Golfito 1983 y Cóbano 1990) inducen, mediante una redistribución de los esfuerzos acumulados, a lo largo de varias décadas en la corteza continental (Placa Caribe), secuencias sísmicas como las actuales, resultado de la liberación de grandes cantidades de energía en la zona de contacto entre las dos placas. Esta observación tiene también fundamento en el incremento de la actividad sísmica de carácter superficial al interior de la Placa Caribe a partir de la ocurrencia del Terremoto de Golfito en 1983. Igualmente, los patrones históricos, al menos los observados a partir de 1900, señalan que secuencias sísmicas como las actuales, se generan al interior del continente contemporáneamente a la ocurrencia de los grandes terremotos costeros.

Referencias

- Castillo, R., Mapa Geológico de los mapas básicos de Abra y una parte del Río Grande, Costa Rica, 1:500.000, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Ministerio de Industria y Comercio, San José, 1969.
- Güendel, F., Seismotectonics of Costa Rica: an analytical view of the southern terminus of the Middle American Trench, Ph.D. Dissertation, University of California at Santa Cruz, 1986.
- Güendel, F., C. Montero, D. Rojas, J. Brenes, J. Segura, R. Sáenz, y V. González, Informe sobre el enjambre sísmico ocurrido cerca de la ciudad de Orotina entre el 21 y el 24 de enero de 1989, Boletín No. 5-2, 1989.
- Güendel, F., C. Montero, V. González, J. Segura y J. Brenes, Actividad sísmica de Carácter superficial registrada por la Red Sismográfica del OVSICORI-UNA en la hoja de San José 1:200.000 entre abril 1984 y julio 1988, en prensa Revista Geográfica de América Central.
- Güendel, F., The Nicoya, Costa Rica Seismic Gap, remitido para su publicación a Earthquake Research Institute Bulletin, University of Tokyo, 1990.
- Denyer, P., y W. Montero, Mapa Geo-estructural y sismos del Valle Central, escala 1:150.000, Escuela Centroamericana de Geología, San José, Costa Rica, 1988.
- Mapa de lineamientos estructurales en el Valle Central, Proyecto Mitigación de Riesgos Volcánicos y Sísmicos (MIRVYS), Comisión Nacional de Emergencia, 1989.
- Montero, W., L.D. Morales, Sismotectónica y niveles de actividad de microtemblores en el suroeste del Valle Central, Costa Rica, Revista Geofísica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 21, 21-41, 1984.
- Montero, W. y J. W. Dewey, Shallow focus seismicity, composit focal mechanisms, and tectonics of the Valle Central of Costa Rica, Bull. Seismol. Soc. Am., 72, 1611-1626, 1982.

Descripción de Figuras

- Fig. 1.-** Mapa mostrando la ubicación de las estaciones sismográficas portátiles (Guayabo, Desamparaditos, Pozos, Mercedes y Grifo Abajo), acelerógrafos digitales (Guayabo, Desamparaditos, Pozos y Mercedes). En igual forma se muestra la ubicación de la estación permanente (Potenciana-PTCR) de la Red permanente del OVSICORI-UNA, utilizada para llevar el conteo de sismos ocurridos durante la secuencia sísmica de Santiago de Puriscal.
- Fig. 2.-** a) Histograma de la secuencia sísmica de Santiago de Puriscal según el conteo de eventos registrados en la estación Potenciana (PTCR). b) Comportamiento de la secuencia mostrada en forma logarítmica correspondiente a la información descrita en a).
- Fig. 3.-** Mapa mostrando la ubicación de los sismos localizados durante el período comprendido entre el 26 de marzo y el 21 de abril de 1990.
- Fig. 4.-** Mapa mostrando la ubicación de los sismos localizados durante el período comprendido entre el 24 de abril y el 15 de junio de 1990.
- Fig. 5.-** Mapa mostrando la ubicación de los sismos localizados durante el período comprendido entre el 16 y 27 de junio de 1990.
- Fig. 6.-** Mapa mostrando la ubicación de los sismos localizados durante el período comprendido entre el 30 de junio al 11 de julio de 1990.
- Fig. 7.-** Mapa mostrando la totalidad de los sismos ubicados (382) durante la secuencia sísmica de Santiago de Puriscal entre el 26 de marzo y el 11 de julio de 1990.
- Fig. 8.-** Mapa mostrando los 27 sismos seleccionados y los mecanismos focales (hemisferio inferior) correspondientes a la solución individual, para eventos con magnitud mayor o igual a 3.5 grados en la escala de Richter.
- Fig. 9.-** Diagrama acumulativo del momento sísmico por día, correspondiente a la actividad ubicada entre el 26 de marzo y el 11 de julio de 1990. Valores dados en 10^{21} Dinam-cm.
- Fig. 10.-** Diagrama (de esfera focal) mostrando la distribución de los ejes de Presión y Tensión para los 27 mecanismos focales de los sismos seleccionados y mostrados en la Figura 8.

Fig. 11.- Trazas correspondientes al acelerograma obtenido en la estación de Guayabo, para el sismo de magnitud $M_l = 5.0$ del 30 de junio de 1990 a las 08 horas 51 minutos (tiempo local).

Fig. 12.- Trazas correspondientes al acelerograma obtenido en la estación de Heredia, para el sismo de magnitud $M_l = 5.0$ del 30 de junio de 1990 a las 08 horas 51 minutos (tiempo local).

Descripción de Tablas

Tabla 1.- Orientación de los planos de falla y ejes de Presión y Tensión para los 27 eventos seleccionados con magnitud mayor o igual a 3.5 grados en la escala de Richter.

Tabla 2.- Aceleraciones máximas registradas en las estaciones de Guayabo y Heredia (tres componentes) para el evento principal y las cuatro réplicas más importantes ocurridas el 30 de junio de 1990. También se muestran las distancias epicentrales e hipocentrales y las magnitudes correspondientes.

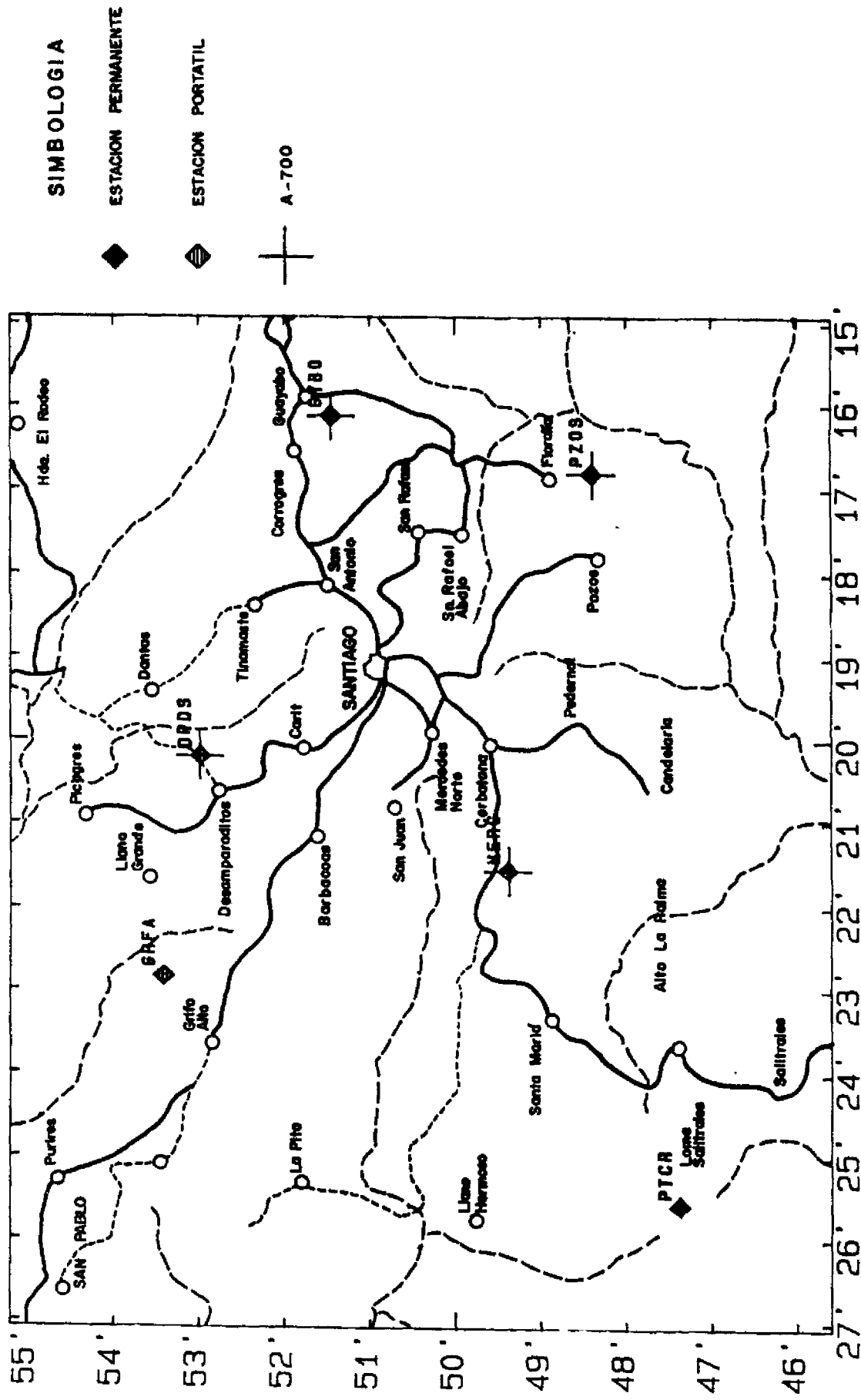
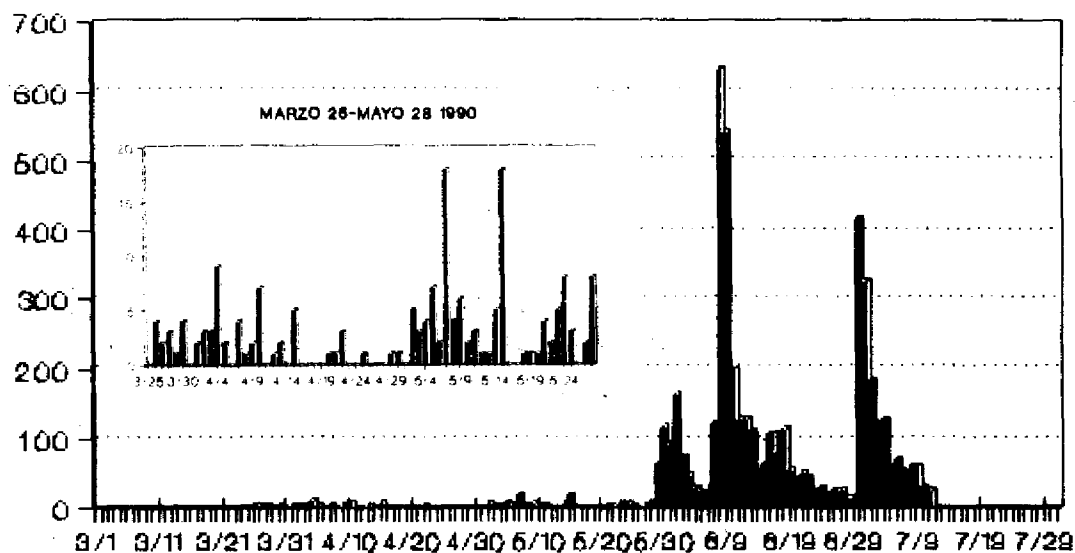
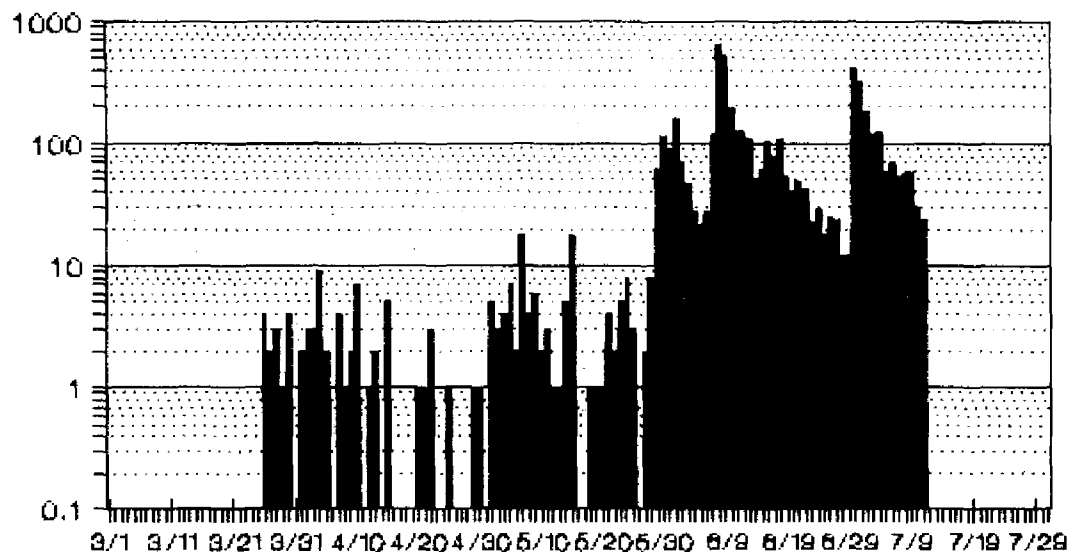


FIGURA # 1

HISTOGRAMA DE EVENTOS SECUENCIA SISMICA PURISCAL MARZO-JULIO 1990 (PTCR)



GRAFICA LOGARITMICA SECUENCIA SISMICA PURISCAL MARZO-JULIO 1990 (PTCR)



■ EVENTOS POR DIA

OYBICORI-LUNA

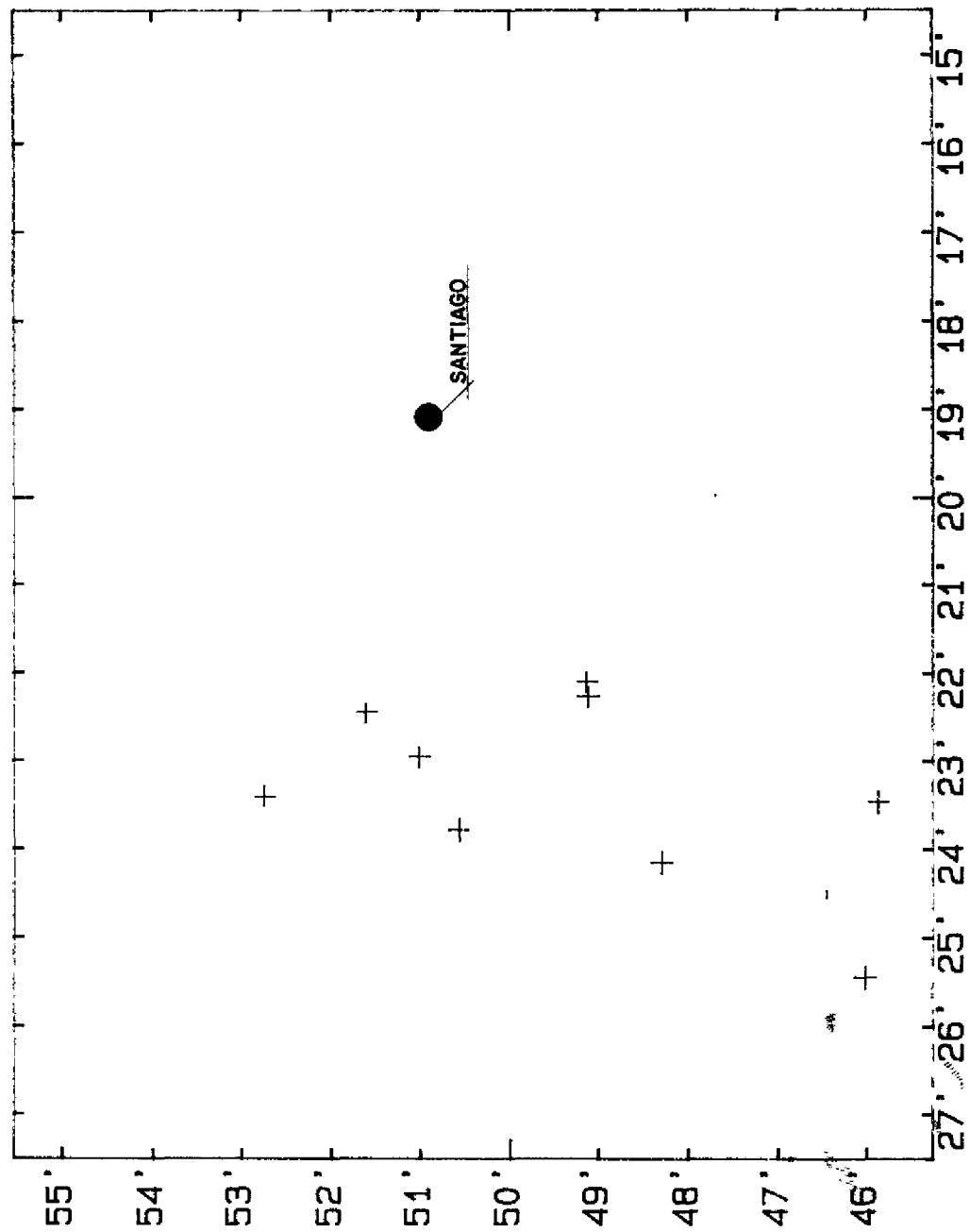
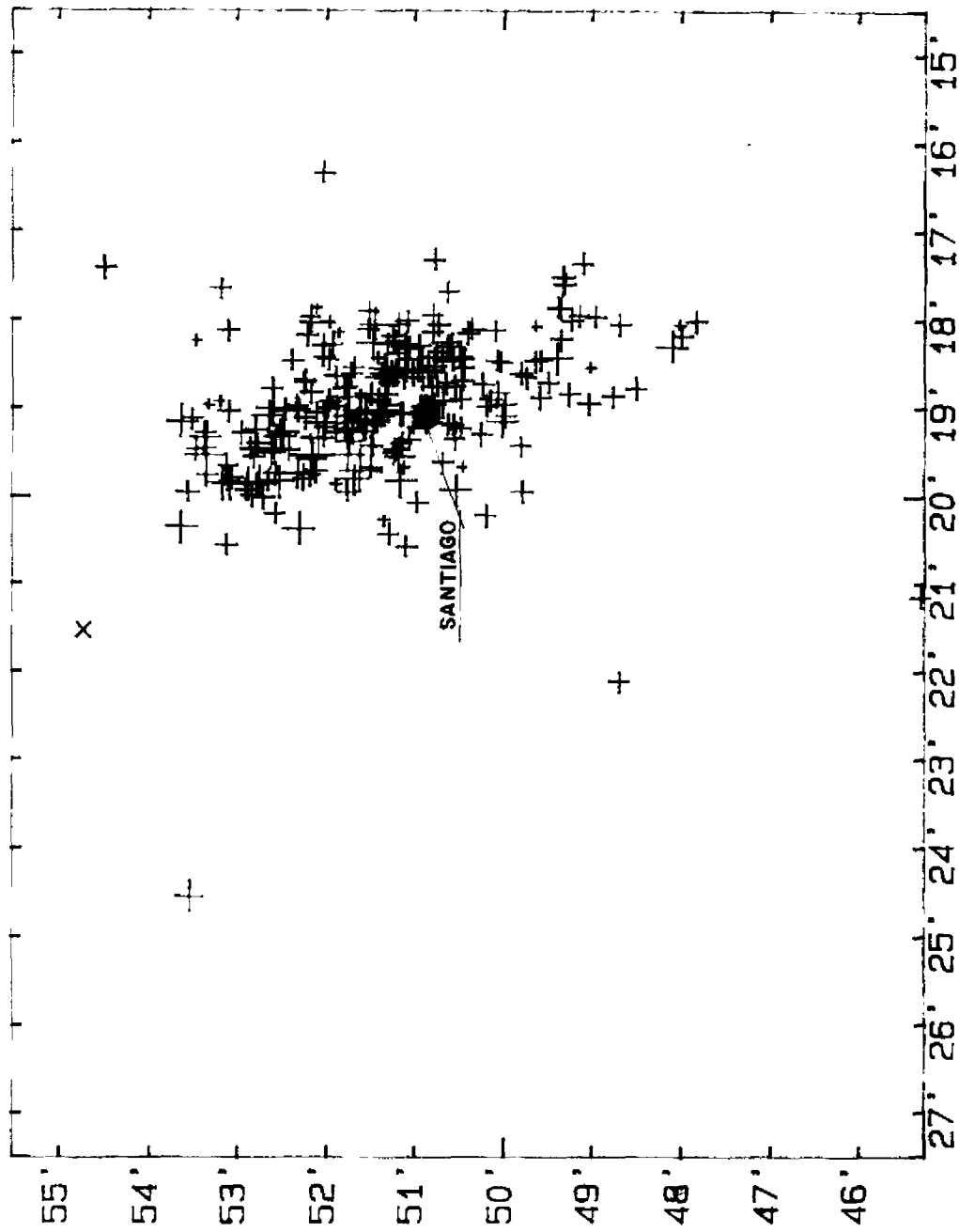


FIGURA # 3

MAGNITUD	CONT.
1.0- 1.9	0
2.0- 2.9	10
3.0- 3.9	0
4.0- 4.9	0
5.0- 8.0	0
PROFUNDIDAD	CONT.
0.- 24.9	10
25.- 49.9	0
50.- 74.9	0
75.- 99.9	0
100.-250.0	0
GRAFICADOS	CONT.
SIN GRAFICAR	2
	10

7 KM

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA
UNA - HEREDIA



MAGNITUD CONT.	
1.0- 1.9	21
2.0- 2.9	189
3.0- 3.9	36
4.0- 4.9	7
5.0- 8.0	0
PROFUNDIDAD CONT.	
0.- 24.9	252
25.- 49.9	1
50.- 74.9	0
75.- 99.9	0
100.-250.0	0
GRAFICADOS CONT.	
SIN GRAFICAR	253
	5

-
- ▢
-
-
-
- +
- x
- △
-
- ◇

7 KM

OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO
Y SISMOLÓGICO DE COSTA RICA
UNA - MEREDIZ

FIGURA # 4

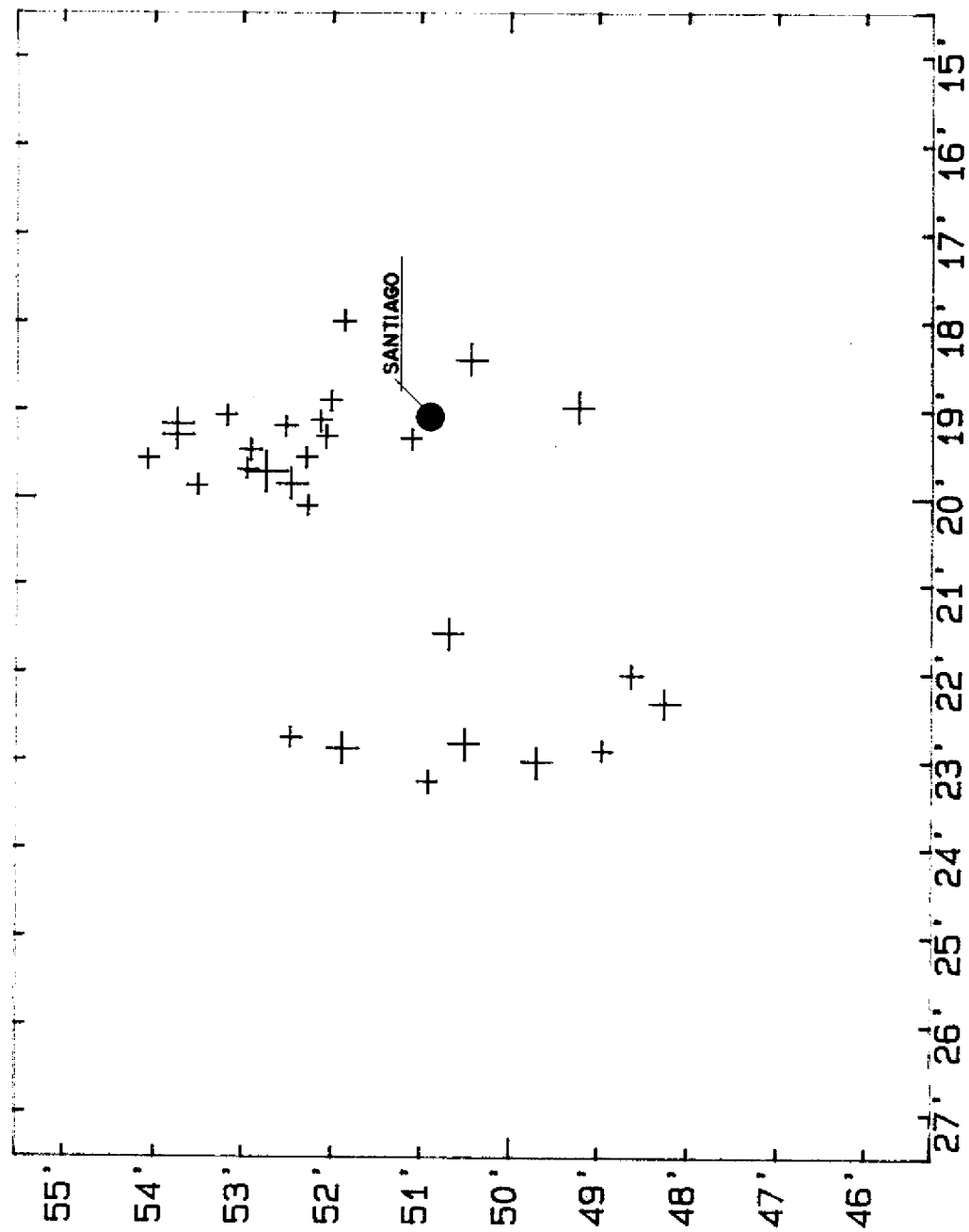
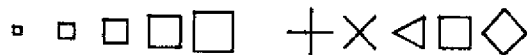


FIGURA # 5

MAGNITUD	CONT.
1.0- 1.9	0
2.0- 2.9	17
3.0- 3.9	10
4.0- 4.9	1
5.0- 8.0	0
PROFUNDIDAD	CONT.
0. - 24.9	28
25. - 49.9	0
50. - 74.9	0
75. - 99.9	0
100. -250.0	0
GRAFICADOS	CONT
SIN GRAFICAR	28
	1



7 KM

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
Y SISMOLOGICO DE COSTA RICA
UNA - HEREDIA

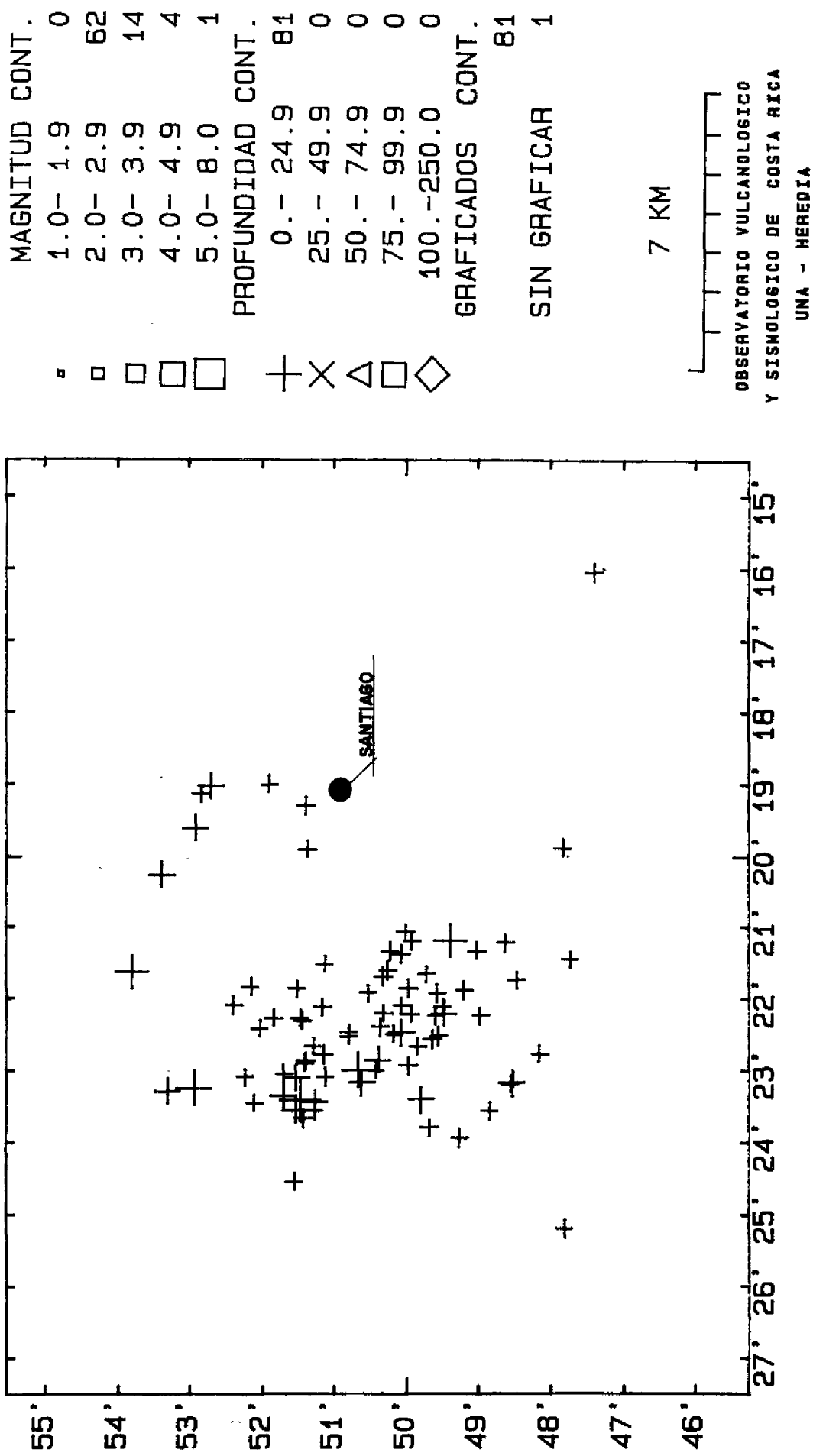


FIGURA # 6

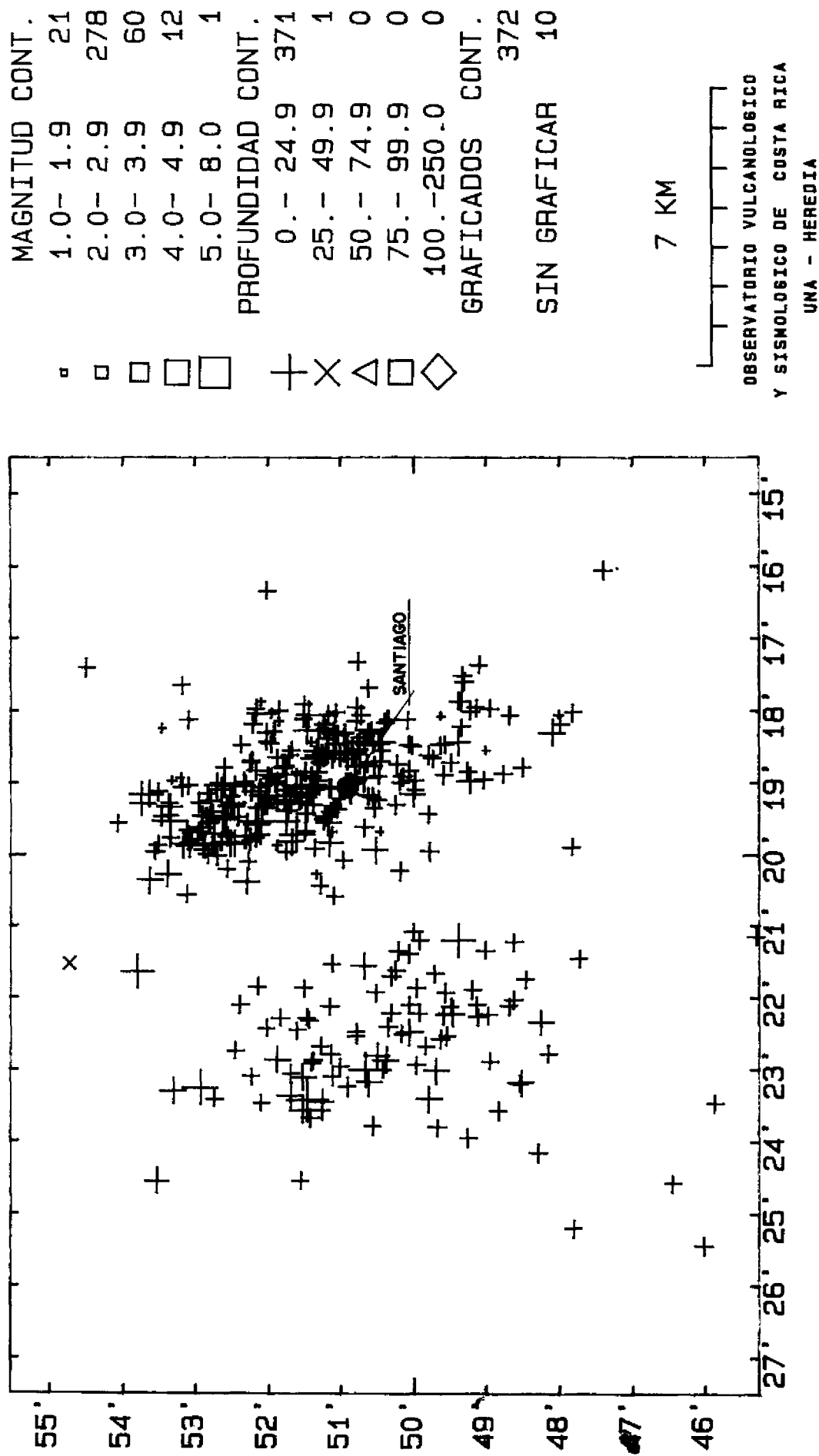


FIGURA # 7

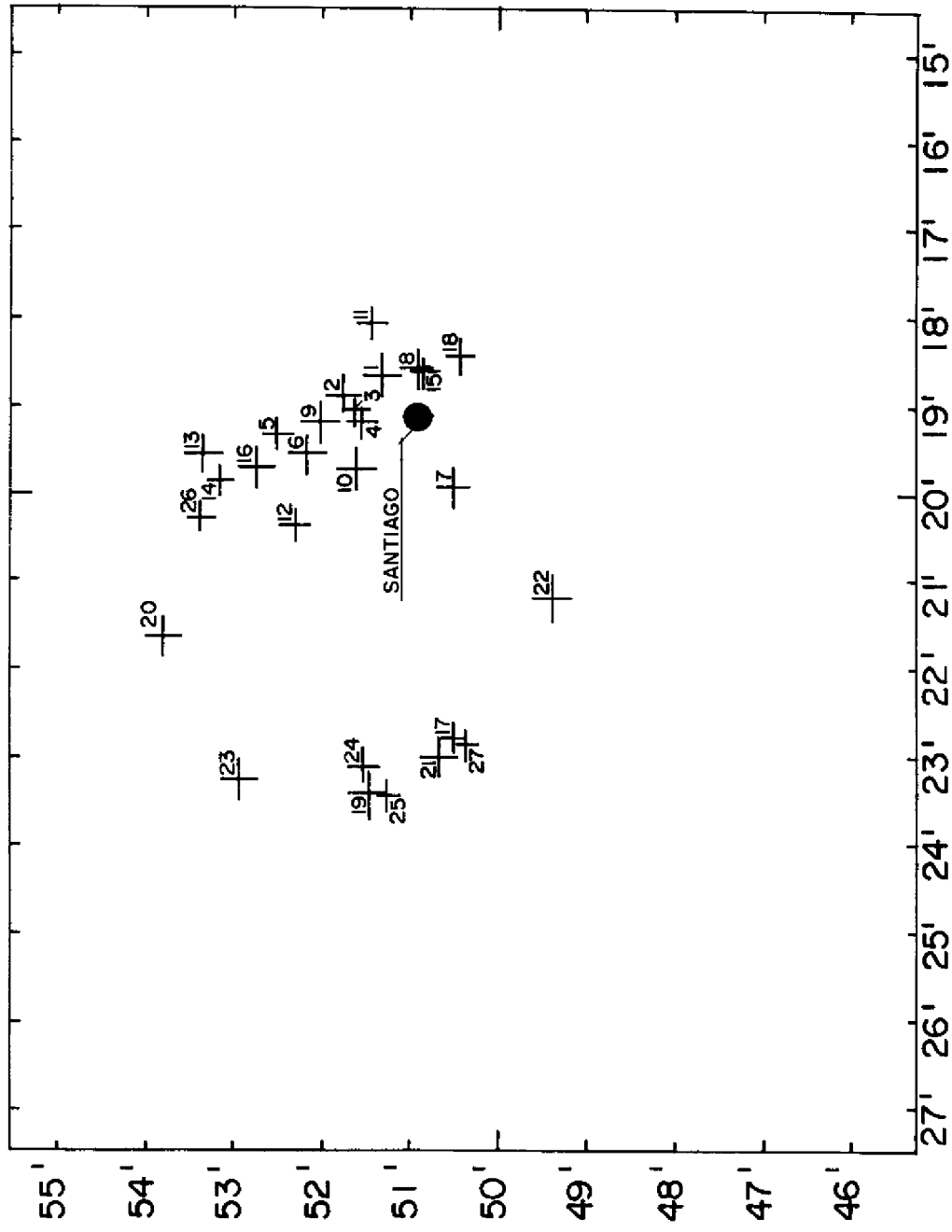


FIGURA # 8

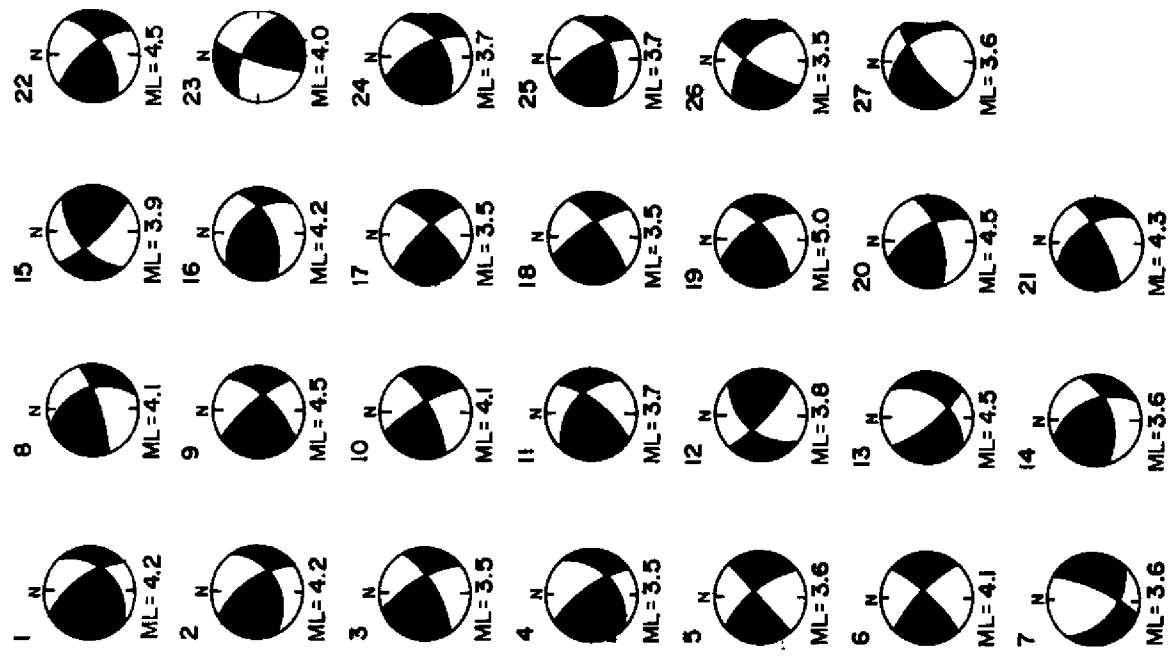


DIAGRAMA ACUMULATIVO DEL MOMENTO SISMICO POR DIA

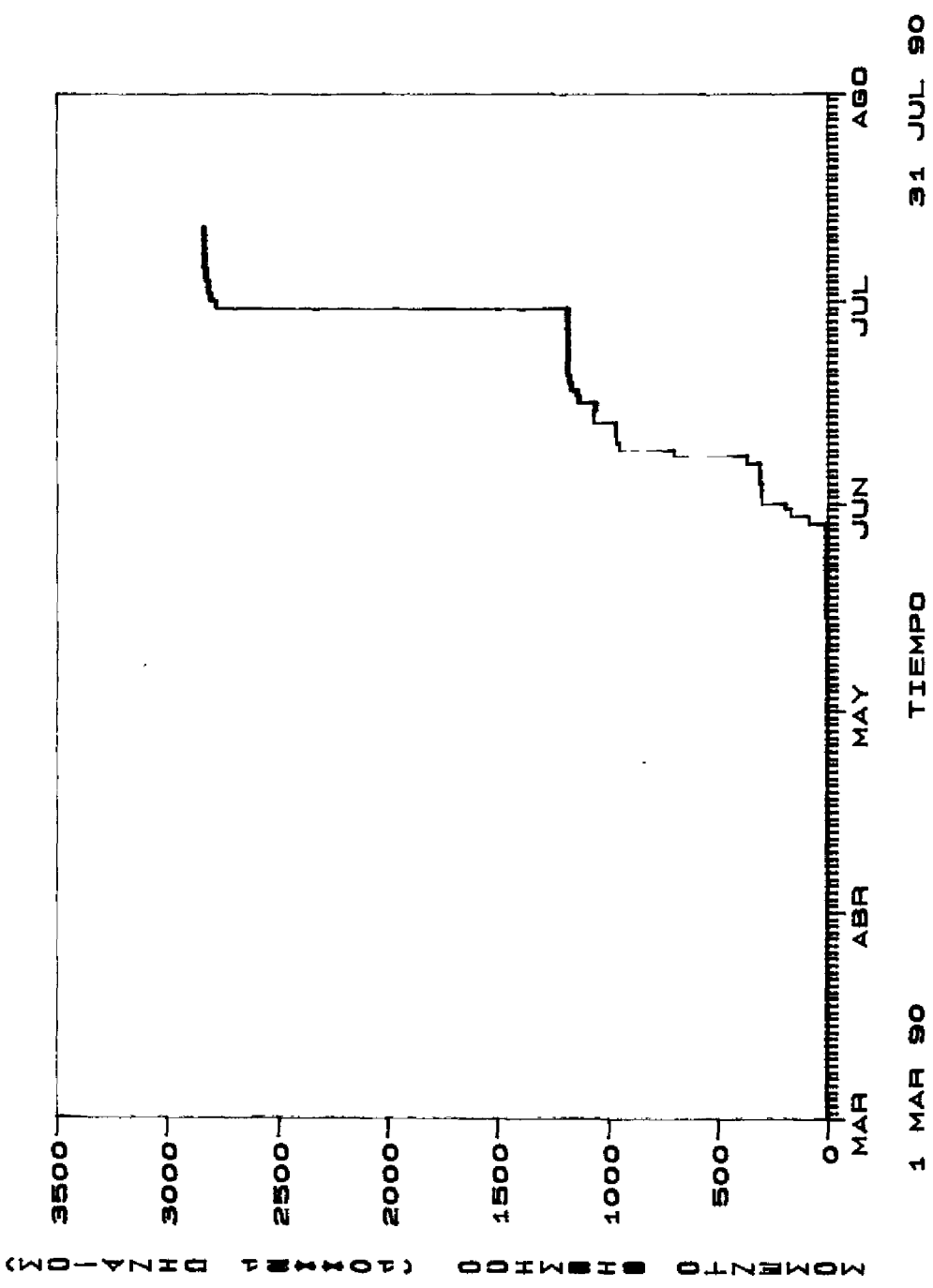


FIGURA # 9

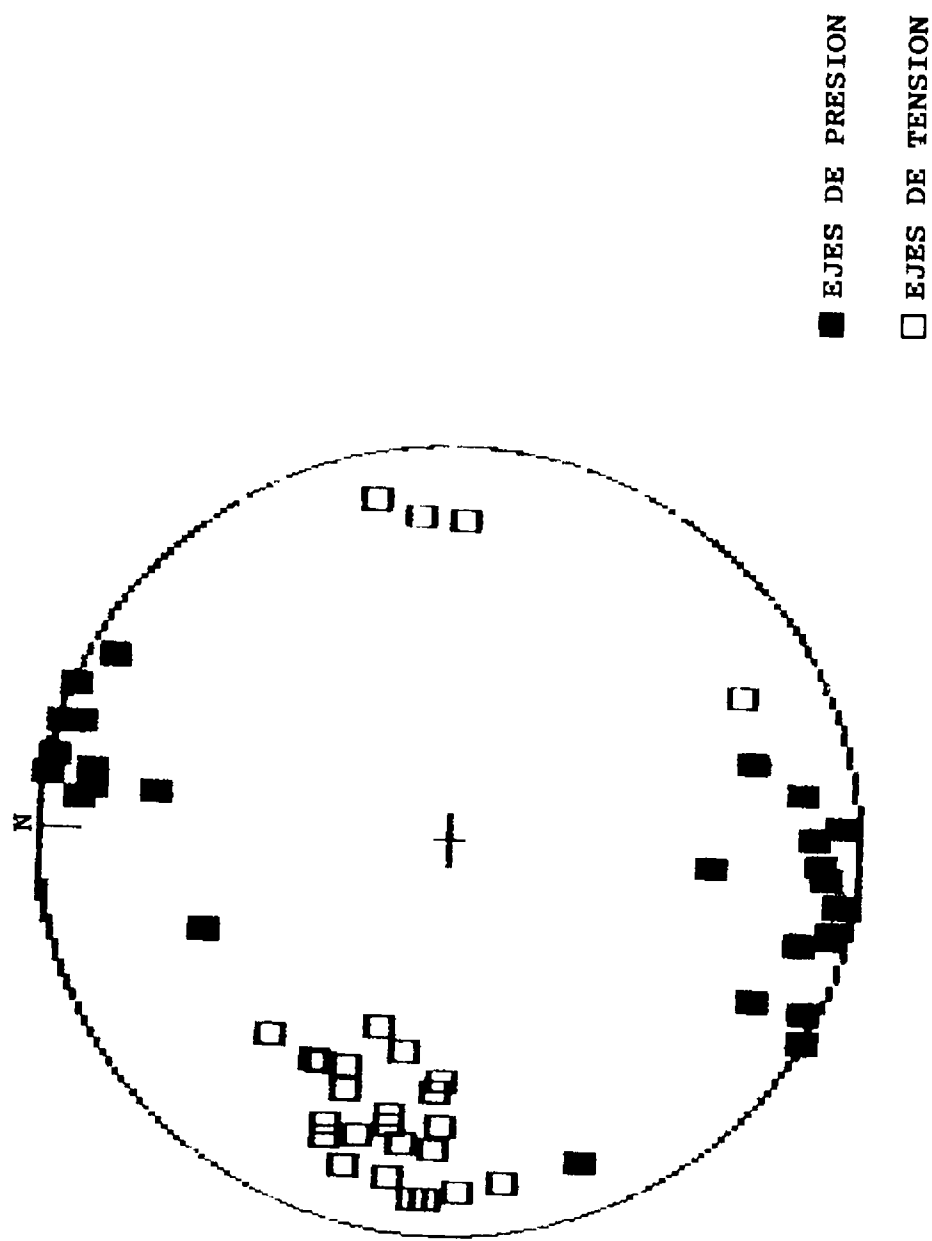
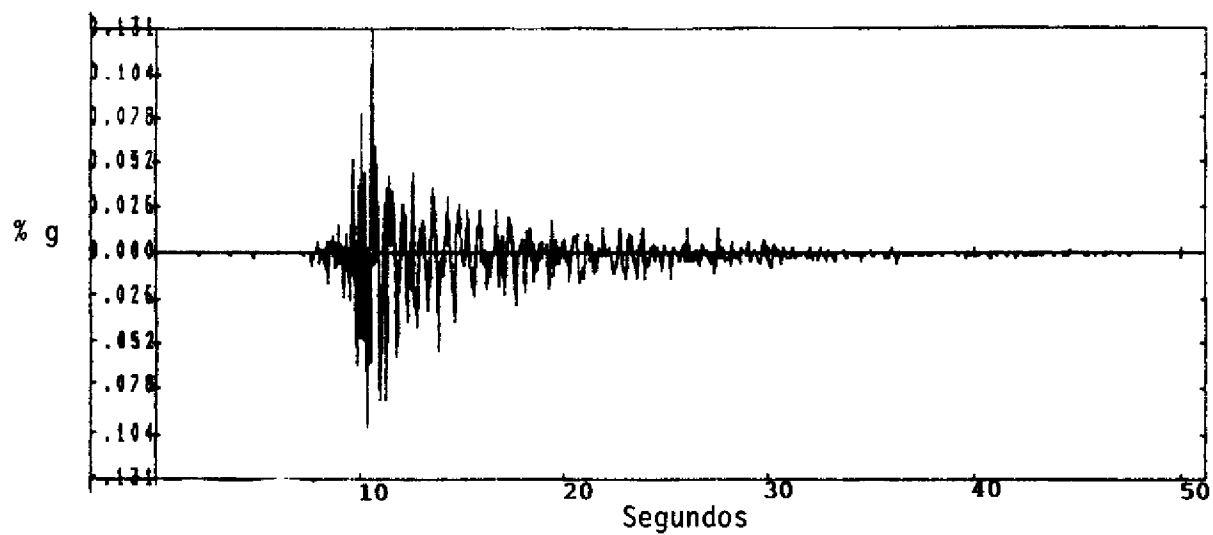


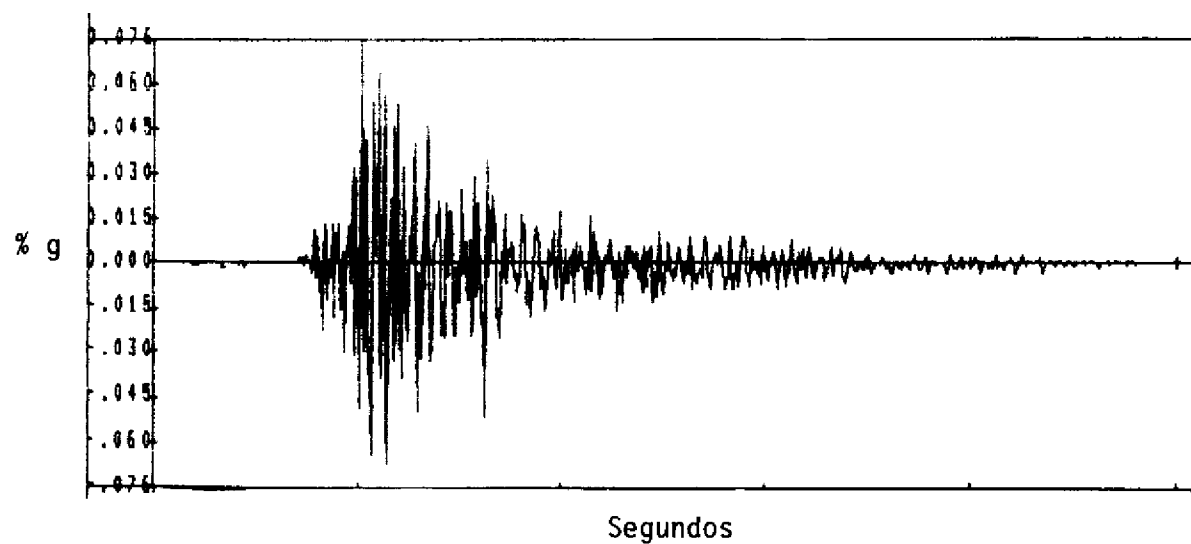
FIGURA # 10

ACELEROGRAMAS

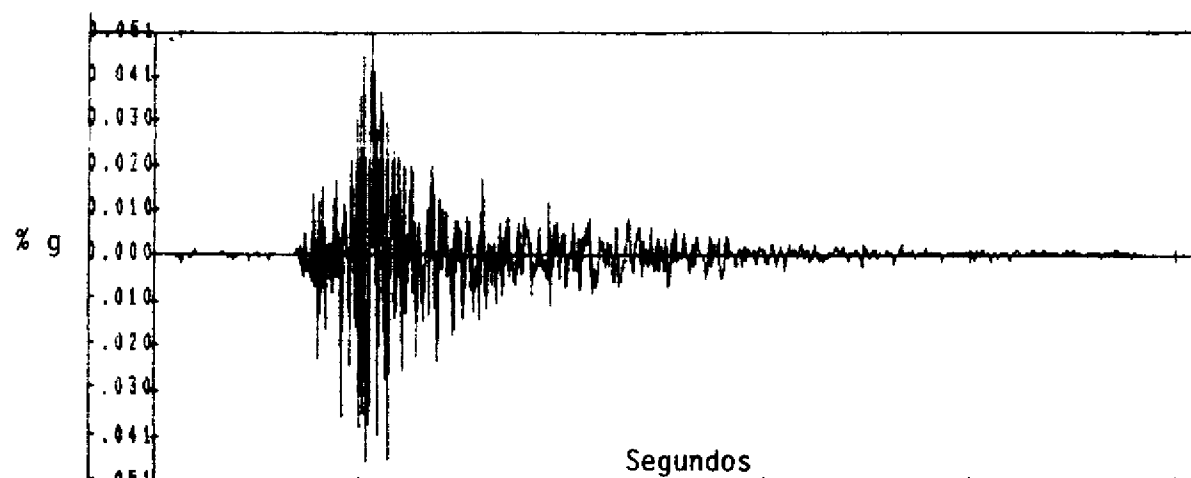
Estación: Guayabo (GYBC) Hora Local: 8:51 ML: 5.0



COMPONENTE N-S



COMPONENTE E-W



COMPONENTE VERT

ACELEROGRAMAS

Estación Heredia (HDC) Hora Local: 8:51 ML: 5.0

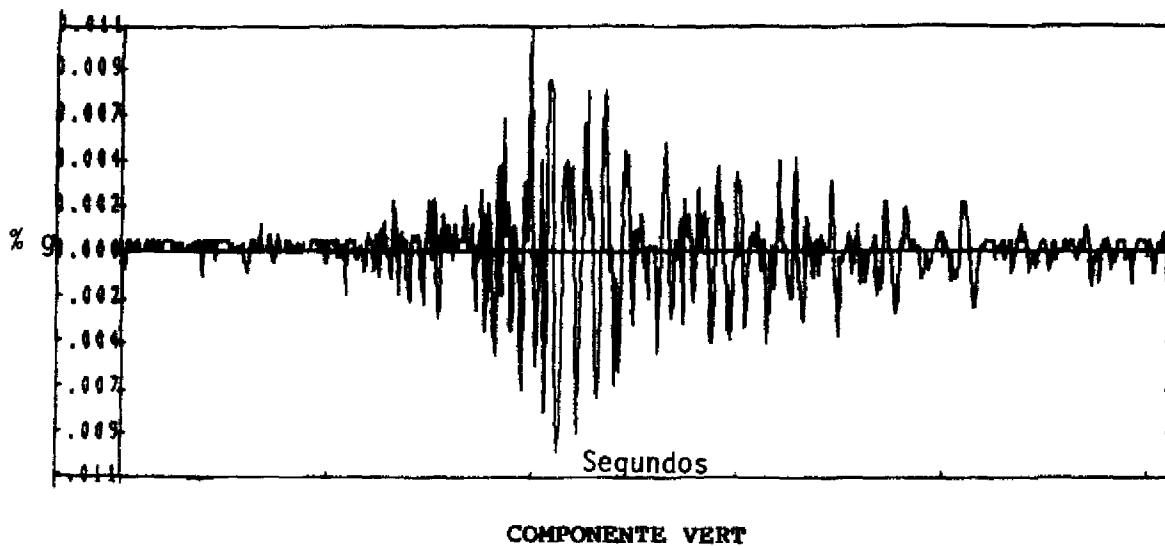
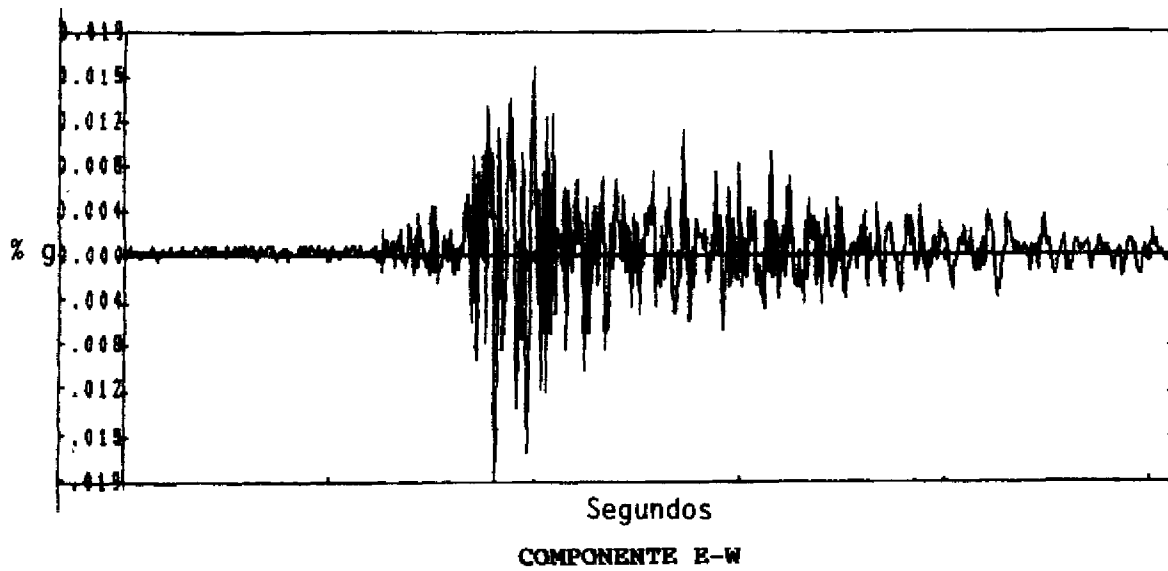
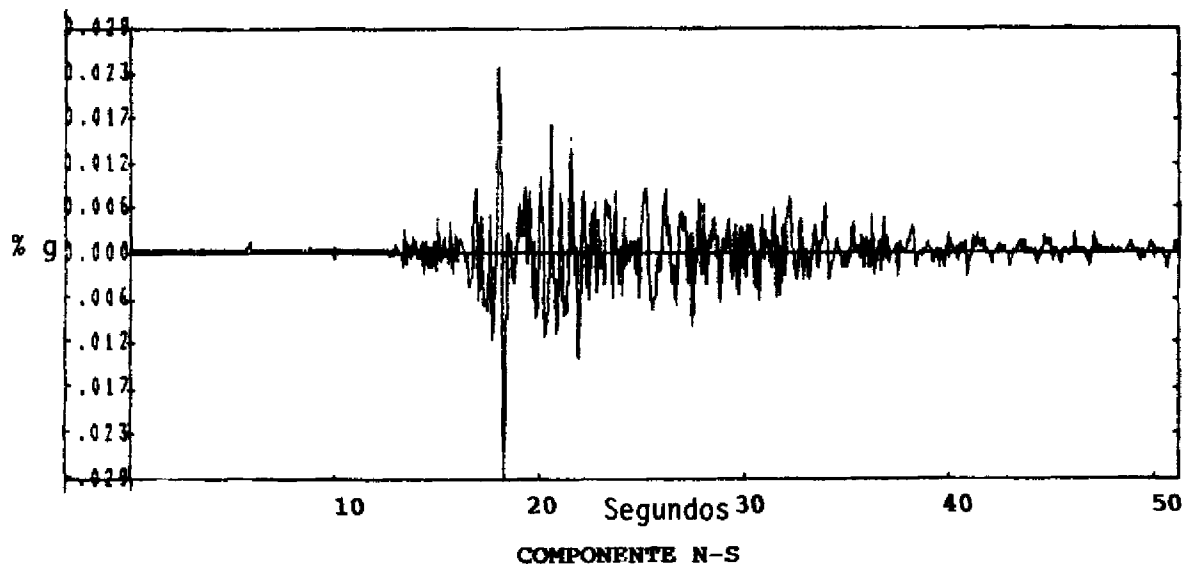


FIGURA 12

TABLA I

ORIENTACION DE LOS PLANOS DE FALLA Y EJES DE PRESION Y TENSION
EVENTOS CON MAGNITUD > 3.5

EVENTO AA-MM-DD HORA	PLANO A		PLANO B		EJE DE PRESION		EJE DE TENSION	
	RUMBO	BUZ	RUMBO	BUZ	BUZ	AZ	BUZ	AZ
90-05-29 19:56	315	73	58	54	78	10	51	270
90-05-30 22:05	320	66	69	54	83	17	45	280
90-05-31 06:31	326	69	61	77	84	192	66	285
90-05-31 08:59	316	80	52	59	76	7	51	270
90-06-01 02:57	318	76	48	90	80	182	80	274
90-06-01 03:28	311	78	42	85	85	176	78	267
90-06-01 10:37	124	55	23	75	54	338	77	77
90-06-07 17:12	343	52	82	79	73	207	55	310
90-06-08 00:31	316	81	50	66	80	5	67	271
90-06-08 13:46	330	80	62	79	89	16	75	286
90-06-08 15:47	304	53	45	76	75	170	53	271
90-06-08 19:42	130	85	222	68	78	178	71	84
90-06-09 00:34	143	77	46	62	61	8	80	272
90-06-09 14:40	335	62	77	69	86	205	54	298
90-06-13 05:02	136	82	229	70	81	184	70	91
90-06-16 02:22	318	54	71	52	85	193	41	288
90-06-18 09:09	320	75	55	72	88	8	66	277
90-06-20 04:29	322	77	54	81	87	188	75	278
90-06-30 14:51	320	66	58	73	86	188	60	280
90-06-30 14:55	338	65	80	66	89	209	54	299
90-06-30 14:57	331	64	65	82	78	195	66	291
90-06-30 14:59	322	72	59	69	88	11	62	280
90-06-30 15:01	290	65	189	66	76	247	69	151
90-06-30 17:29	331	69	71	56	88	22	57	290
90-06-30 18:41	334	70	77	58	83	28	52	292
90-07-01 00:37	304	62	210	83	65	163	76	260
90-07-01 02:53	333	48	234	80	54	184	69	290

TABLA II

ACELERACIONES MAXIMAS REGISTRADAS PARA LOS EVENTOS DEL 30 DE JULIO 1990
EN LAS ESTACIONES GUAYABO (GYBO) Y HEREDIA (HDC)

FECHA AA-MM-DD	HORA LOCAL HH:MM	ESTACION	ACELERAC % g	COMPONENTE	DISTANCIA EPICENTRAL KM	DISTANCIA HIPOCENTRAL KM	PROFUNDIDAD KM	MAGNITUD RICHTER
90-5-30	08:51	GYBO	13.1	N-S	13.4	15.61	8.01	5.0
			7.6	E-W				
			5.1	VERT.				
		HDC	2.9	N-S	35.3	36.2		
			1.9	E-W				
			1.1	VERT.				
90-05-30	08:55	GYBO	6.8	N-S	10.9	18.2	14.5	4.5
			4.7	E-W				
			3.9	VERT.				
		HDC	0.9	N-S	30.3	33.6		
			1.0	E-W				
			0.4	VERT.				
90-5-30	08:57	GYBO	8.1	N-S	12.7	18.2	13.0	4.3
			5.8	E-W				
			4.0	VERT.				
		HDC	1.2	N-S	35.4	37.7		
			1.4	E-W				
			0.4	VERT.				
90-5-30	08:59	GYBO	16.2	N-S	10.1	17.5	14.3	4.5
			14.6	E-W				
			5.5	VERT.				
		HDC	2.9	N-S	34.2	37.1		
			3.8	E-W				
			0.7	VERT.				
90-5-30	09:01	GYBO	2.1	N-S	13.3	18.7	13.2	4.0
			2.1	E-W				
			2.4	VERT.				
		HDC	N.H.R.*	N-S	33.6	35.1		
			N.H.R.*	E-W				
			N.H.R.*	VERT.				

* NO HAY REGISTRO