

**Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada**



**SISMICIDAD ASOCIADA A LA ZONA DE
SUBDUCCION EN CHIAPAS**

**TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS**

VICTOR HUGO ESPINDOLA CASTRO

ENSENADA B.C. MEXICO

TESIS DEFENDIDA POR
VICTOR HUGO ESPINDOLA CASTRO

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITE



Dr. Cecilio Javier Rebollar Bustamante

Director del Comité



Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla

Miembro del Comité



Dr. Juan García Abdeslem

Miembro del Comité



M.C. José Guadalupe Acosta Chang

Miembro del Comité



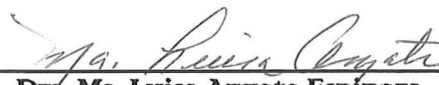
M.C. Carlos Gerardo López Hernández

Miembro del Comité



Dr. Cecilio Javier Rebollar Bustamante

Jefe del Departamento de Sismología



Dra. Ma. Luisa Argote Espinoza

Director de Estudios de Posgrado

23 de Febrero de 1996

**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA**

DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA.

DEPARTAMENTO DE SISMOLOGIA.

Sismicidad asociada a la zona de subducción en Chiapas

TESIS

Que para cubrir parcialmente los requisitos

necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

presenta:

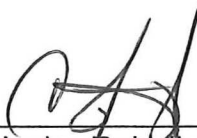
VÍCTOR HUGO ESPÍNDOLA CASTRO.

Ensenada, Baja California, México

RESUMEN de la Tesis de Victor Hugo Espíndola Castro presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en SISMOLOGIA. Ensenada, Baja California, México. Febrero de 1996

SISMICIDAD ASOCIADA A LA ZONA DE SUBDUCCION EN CHIAPAS

Resumen aprobado por:



Dr. Cecilio Javier Rebollar Bustamante
Director de tesis

La instalación en el estado de Chiapas de una red sísmológica de grabadoras autónomas digitales y analógicas a partir de 1994, nos ha permitido estudiar la sismicidad de fondo en la zona de subducción. Esta región está caracterizada por la interacción de las placas Cocos, Norteamérica y Caribe. En este trabajo estamos interesados, principalmente, en la sismicidad asociada a la subducción de la placa de Cocos debajo del estado de Chiapas.

La sismicidad analizada incluye el periodo de Junio de 1994 a Mayo de 1995. En este lapso se registraron 710 sismos, sin embargo, solamente se pudieron localizar 321 temblores con magnitudes entre 3.5 y 5.5 y profundidades entre 10 km y 300 km. Las localizaciones de estos sismos definieron adecuadamente la zona de Benioff-Wadati al sureste de Chiapas sin embargo, al noroeste, cerca del Istmo de Tehuantepec no fue posible definir el ángulo de subducción.

Aunque no se obtuvieron suficientes soluciones de mecanismo focal a profundidades menores de 40 km, los esfuerzos al sureste del Istmo de Tehuantepec sugieren compresión, con tensión en la zona de doblamiento. Entre 170 y 240 km, los esfuerzos principales sugieren compresión, con tensión en la zona de doblamiento. Entre 170 y 240 km, los esfuerzos principales sugieren que la placa oceánica, está bajo un régimen compresivo, con los esfuerzos principales en dirección de la subducción.

La zona de Benioff-Wadati tiene un ángulo de $40^\circ \pm 3^\circ$ grados en la zona de Chiapas. Los sismos localizados no permiten definir con claridad el ángulo en la región noroeste, donde Pardo y Suárez (1995) sugieren la variación lateral de 25 grados en la región de Oaxaca, a 30 grados hacia el Istmo de Tehuantepec. Es necesario en el futuro estudiar la variación del ángulo de

subducción de la placa de Cocos así como la dirección de los esfuerzos en la región donde el Promontorio de Tehuantepec se subduce.

Aplicando la teoría de Brune a 14 eventos con momentos sísmicos en el rango de 9.80×10^{20} a 2.65×10^{23} dinas-cm, se obtuvieron caídas de esfuerzos en el rango de 1.5 a 310 bares, sin embargo, no se observa una tendencia definida de la caída de esfuerzos a incrementarse o disminuir con la profundidad, este concepto debe analizarse en el futuro con mayor información.

ABSTRACT

A deployment of a portable network of analog and digital seismic stations at the state of Chiapas, Mexico, allow us record seismicity at the subduction of the Cocos plate beneath Chiapas. Seismicity recorded from June 1994 to May 1995 defined the geometry of the Wadati-Benioff zone and stress distribution along the subducted slab. Bending of the subducted slab at the outer-rise region was not well defined since most of these activity lies between about 100 ± 50 km away from the coast. 321 earthquakes were accurately located in the magnitude range from 3.3 to 5.6. Hypocenters of events within the network defined a Wadati-Benioff zone of 80 km thick dipping $40^\circ\pm 3^\circ$ to N45°E. Earthquake depths lie from 10 km up to depths of 300 km. The subduction of the Cocos plate from the northwest dips from nearly 25° at Oaxaca, 30° at the Gulf of Tehuantepec (Pardo y Suárez) to 40° to the southeast. This change occur at the intersection of the Tehuantepec ridge with the Middle America Trench. Seismicity located in this zone is diffuse up to depths of 200 km. Our data do not discriminate from gradual or abrupt increase of the dip of the Cocos plate from Oaxaca to Chiapas. Focal mechanisms of events southeast of the Tehuantepec ridge indicate tension at the bending of the slab. At a depth of 100 km focal mechanisms indicate down dip extension. At greater depths between 170 to 240 km focal mechanisms are consistent with down dip compression.

Using Brune's theory we calculated stress drops of 14 events, stress drops range from 1.5 to 310 bars and seismic moments from 9.8×10^{26} to 2.65×10^{23} dynes-cm. It was not evident an increase of stress drops with depth. Stress drops must be studied in the future in order to see a possible variation of stress drops with depth.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Cecillo Javier Rebollar Bustamante por la dirección de éste trabajo.

A los miembros del comité de tesis, por mostrar continuo Interés, así como sus atinados comentarios y correcciones al manuscrito.

A mis profesores y compañeros, por su constante apoyo y por brindarme su amistad.

A la Comisión Federal de Electricidad y en particular al Dr. Antonio Uribe Carbajal por el apoyo que nos brindó durante la instalación y mantenimiento de las estaciones sismológicas en Chiapas.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CONTENIDO

	página
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Antecedentes	3
I.2. Antecedentes sísmicos	6
I.3. Historia tectónica de Centroamérica	12
II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
II.1. Red sísmica de Chiapas	17
II.2. Instrumentación	21
II.3. Localización sísmica	21
II.4. Modelo de corteza	23
II.5. Relación entre V_p y V_s	24
II.6. Determinación del plano de falla	25
II.7. Determinación de parámetros de fuente	26
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
III.1. Estimación de errores en la lectura de sismogramas	29
III.2. Método de Velocidades Apparentes Mínimas (VAM)	30
III.3. Relación V_p/V_s	32
III.4. Localizaciones epicentrales	34
III.5. Solución de mecanismos focales	41
III.6. Parámetros de fuente	50
IV. CONCLUSIONES	57
V. BIBLIOGRAFÍA	59
APENDICE I. Catálogo sísmico	65
APENDICE II. Solución de mecanismos focales	73

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>página</u>
1 Placas tectónicas de América Central y región de estudio, las flechas indican velocidades a lo largo de la trinchera Mesoamericana (tomada de Pardo y Suárez, 1995).	9
2 Posición de los bloques Chortis, Maya y Oaxaca desde el Paleozóico hasta su posición relativa actual (tomada de Dengo, 1989).	13
3 Posición actual de los bloques Chortis, Maya y Oaxaca, así como otras características tectónicas de la región (tomada de Dengo, 1989).	15
4 (a) Provincias geológicas de Chiapas. (b) Esquema de la zona de estudio (tomada de Dengo, 1989).	16
5 Ubicación de las estaciones sismológicas de la red de Chiapas.	18
6 Registros característicos de sismos detectados en la estación Comitán. (a) Superficial ($h \approx 20$ km), cercano a la trinchera. (b) Profundo ($h \approx 160$ km), parte central de Chiapas.	19
7 Resultado gráfico del método de Velocidad Aparente Mínima (VAM), un punto representa la velocidad aparente de cada arribo como una función de la distancia epicentral.	31
8 Diagrama de Wadati obtenido a partir de eventos con tres o más lecturas de ondas S.	33
9 Sismicidad localizada con la red de Chiapas.	35
10 Localización de las regiones seleccionadas, perpendiculares a la trinchera.	36
11 Perfil de sismicidad correspondiente a la sección A-A', las barras corresponden a intervalos de error en profundidad calculados por HYPO71.	37

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<u>Figura</u>		<u>página</u>
12	Perfil de sismicidad correspondiente a la sección B-B', las líneas punteadas muestran la tendencia de la zona de Benioff-Wadati.	38
13	Perfil de sismicidad correspondiente a la sección C-C'.	39
14	Perfil de sismicidad correspondiente a la sección D-D'.	40
15	Solución de mecanismos focales en la región de estudio, los etiquetados con la letra 'C' corresponden a sismos asociados a la corteza continental	42
16	Vista lateral de los mecanismos focales correspondiente a la sección A-A'.	45
17	Vista lateral de los mecanismos focales correspondientes a la sección B-B'.	46
18	Vista lateral de los mecanismos focales correspondientes a la sección C-C'.	48
19	Vista lateral de los mecanismos focales correspondientes a la sección D-D'.	49
20	(a) Perfil de la sismicidad paralelo a la trinchera usando datos de la red de Chiapas. (b) Croquis de la placa subducida en la región de Chiapas.	51
21	Ejemplo de un espectro de Fourier.	52
22	Gráfica de momento sísmico contra dimensión de la fuente, las etiquetas corresponden a la profundidad.	54

LISTA DE TABLAS

TABLA		Página
I	Eventos de magnitud 7 o mayores ocurridos en la región de Chiapas a partir de 1858 (tomado de Figueroa, 1976)	10
II	Periodos de recurrencia observados (T), correspondiente a temblores grandes ($M \geq 7.0$) ocurridos a lo largo de la zona de subducción de México (tomado de Astiz, 1987).	11
III	Ubicación geográfica de estaciones sísmicas en el estado de Chiapas.	20
IV	Características del equipo instalado en cada estación.	22
V	Modelo de velocidades para un medio de capas planas lateralmente homogéneo (Castro-Escamilla, 1980).	22
VI	Solución de mecanismos focales.	43
VII	Parámetros de fuente.	56

SISMICIDAD ASOCIADA A LA ZONA DE SUBDUCCIÓN EN CHIAPAS

I. INTRODUCCIÓN.

La zona de subducción de México es de las regiones con mayor actividad sísmica, es aquí donde han ocurrido grandes terremotos, provocando numerosas pérdidas humanas y económicas; basta recordar el temblor de Michoacán en 1985 ($M_w = 8.2$) y el de Jalisco de 1995 ($M_w = 7.6$) sólo por citar dos de los últimos grandes sismos. Esta gran actividad ha dado origen a numerosos estudios sísmicos en la porción que abarca desde Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec, sin embargo, la sismicidad en Chiapas, incluyendo la zona de subducción, no ha sido estudiada con detalle, y la mayor parte de estos trabajos se han hecho con base en datos de la red mundial, lo que no permite obtener una localización adecuada.

Tectónicamente esta región es de gran interés, ya que muy cerca se encuentra el Golfo de Tehuantepec donde convergen las placas Cocos, Norteamérica y Caribe dando lugar a lo que se conoce con el nombre de junta triple de Tehuantepec. Una junta triple está definida por ser una zona donde convergen tres límites de placas, los diversos tipos de juntas triples así como las soluciones que permiten definir su estabilidad fueron descritas por McKenzie y Morgan (1969). La triple unión de Tehuantepec es del tipo trinchera-trinchera-falla transformante, y se trata de una unión inestable ya que en los últimos 8 mA ha migrado a lo largo de la falla Polochic (Delgado-Argote y Carballido, 1990). La

interacción entre las tres placas da como resultado un patrón tectónico complejo, el cual genera gran cantidad de sismos, desde someros a intermedios (profundidades hasta de 300 km).

Una forma de inferir la dirección de los esfuerzos principales en la corteza y en la zona de subducción es mediante el estudio de la sismicidad de fondo. El estudio de los temblores que ocurren en la zona de Benioff es fundamental para entender la naturaleza del proceso de subducción. Conocer la dimensión y geometría de la placa subducida constituyen características importantes en la mecánica de estas zonas, pues determinan la dirección de los esfuerzos y por lo tanto el comportamiento sísmico (Isacks y Molnar, 1969; McCann *et al.*, 1979).

El estudio de las regiones sismogénicas, la distribución de esfuerzos y en general el comportamiento sísmico, no sólo ayudan a comprender la tectónica regional, sino que además es la base de una correcta estimación de peligro y riesgo sísmico que podrían ser estudiados en trabajos posteriores.

El objetivo del presente estudio es hacer un análisis de la sismicidad de fondo así como calcular la dirección de los esfuerzos principales en la zona de Benioff-Wadati en el estado de Chiapas. Con este fin se instaló en enero de 1994 una red sísmica, compuesta por cinco estaciones digitales y tres analógicas.

En este estudio se analizaron los sismos registrados durante el periodo de junio de 1994 a abril de 1995. Con los datos obtenidos fue posible definir la zona de Benioff-Wadati y de estos se obtuvieron algunas soluciones de mecanismos

focales para determinar la dirección de los planos de falla, así como los ejes de tensión y compresión.

Con el fin de poder determinar la caída de esfuerzos como función de la profundidad sísmica, se analizaron algunos registros digitales.

I.1 Antecedentes

La mayoría de los terremotos que ocurren en el mundo, suceden a lo largo de los límites de las placas tectónicas que se desplazan lenta y continuamente sobre la Astenósfera. Algunos de los límites entre estas placas, forman zonas de subducción o interactúan a lo largo de fallas transformantes, y otras veces se separan por medio de dorsales, en donde se crea nueva corteza oceánica.

México forma parte de la placa de Norteamérica, ésta es una gran placa que se extiende desde la parte occidental de Asia hasta el Atlántico medio y al sur está limitada por las placas Cocos y Caribe.

La placa Caribe es de menor extensión y se extiende desde la trinchera de Centroamérica hasta las cuencas de Tobago, Venezuela y Colombia.

La placa de Cocos está limitada al oriente por dorsales que la separan de la placa del Pacífico y al sur con la de Nazca, al norte con la placa de Norteamérica.

La trinchera Mesoamericana es un rasgo batimétrico que se extiende paralelo a la costa de México y Centroamérica por más de 3000 km (Fisher, 1961), y representa el límite norte de la placa de Cocos, donde se subduce por

debajo de la placa de Norteamérica y del Caribe (Molnar y Sykes, 1969; Dean y Drake, 1978). La trinchera en la margen continental del estado de Chiapas alcanza una profundidad de 5,500 m. En ella se han reconocido sedimentos del Mioceno tardío en la base de la columna sedimentaria (Watkins *et al.*, 1982), lo que permite asegurar que esta zona de subducción ha estado activa por lo menos a partir de esta época (Delgado Argote y Carballido, 1990).

La falla Polochic, forma parte del sistema de fallas transformantes Cayman-Motagua-Polochic y constituye la frontera entre la placa Caribe y Norteamérica, intersectando la trinchera Mesoamericana probablemente en la región central del Golfo de Tehuantepec. La falla Polochic es uno de los rasgos estructurales más importantes de Centroamérica y cruza el sureste de Chiapas a lo largo de 130 km, sin embargo, su ubicación en la zona del golfo de Tehuantepec no está bien definida. Deaton y Burkard (1984) con base en fechas de rocas volcánicas y evidencias estratigráficas, sugieren que la actividad principal de la falla Polochic está dentro del intervalo de 10.3 a 6.6 Ma y tiene aproximadamente 350 km desde el oeste de la Trinchera Mesoamericana hasta la falla Motagua. Burkard *et al.* (1987) muestran rasgos estructurales y estratigráficos que señalan un desplazamiento lateral izquierdo del orden de 130 km. Por otro lado, el área comprendida entre las fallas Polochic y Motagua pueden constituir una microplaca, cuya deformación, observada a través de la falla de Polochic, aparentemente es menor que la existente en la falla Motagua (Burkard, 1983).

La morfología del piso oceánico de la placa de Cocos es relativamente homogénea, interrumpida solamente por las fracturas de Rivera y Orozco y las cordilleras de Tehuantepec y Cocos. Sin embargo, el margen continental muestra las siguientes características: hacia el noroeste de la cordillera de Tehuantepec el margen continental es angosto y está cortado con numerosos cañones y con indicios de formación de acreción por turbiditas, hacia el sureste es ancho y no se observa acreción (Shipley *et al.*, 1980 ; Aubouin, 1982). La edad de la corteza oceánica hacia el noroeste es de aproximadamente 10 Ma, mientras que hacia el sureste es de 20 Ma, pudiendo existir variaciones de hasta 25 Ma en cada lado de la dorsal y, por tanto, de espesor y densidad (Couch y Woodcock, 1981).

La fusión a profundidad de la parte subducida de la placa Cocos, ha dado origen a dos arcos volcánicos: el eje volcánico trans-mexicano y el eje volcánico de Centroamérica. El eje volcánico de Centroamérica empieza en el extremo sureste de Chiapas (Mercado y Rose, 1992). Este eje es un cinturón de grandes estratovolcanes muy activos, los cuales pueden dividirse en segmentos con base en las alineaciones volcánicas y sísmicas observadas (Stoiber y Carr, 1977). Los volcanes Tacaná y Tajumulco son los de mayor elevación (4000 m) en Centroamérica y están localizados en un segmento que no ha mostrado actividad magmática en los últimos siglos (Mercado y Rose, 1992).

Los volcanes mexicanos de edad cuaternaria, localizados más al norte de la falla de Polochic, muestran características diferentes de los volcanes del eje centroamericano (Mercado y Rose, 1992). En el Cinturón volcánico de Chiapas

los volcanes son pequeños domos de composición intermedia (andesitas, dasitas) que contienen esfena como parte de su mineralogía característica (Capaul, 1987). Los volcanes en este cinturón son el Nicolás Ruiz , Tzomtehuiz y El Chichón. Estos volcanes surgen al parecer como consecuencia de la subducción oblicua de la Placa de Cocos bajo la Placa de América del Norte (Minster y Jordan, 1978; Nixon, 1982).

La Figura 1 muestra algunas características tectónicas de la región, el área de estudio y las velocidades relativas entre placas.

1.2 Antecedentes sísmicos

En la zona de subducción que involucra la trinchera Mesoamericana han ocurrido gran cantidad de terremotos y algunos han roto segmentos de hasta 200 km de largo. Un intervalo de recurrencia promedio para la trinchera Mesoamericana obtenido por McNally y Minister (1981) es de 33 ± 8 años, aunque cada subsegmento puede tener distinto periodo de recurrencia (Singh *et al.*, 1981; Astiz y Kanamori, 1984). Esta actividad sísmica ha afectado intensamente las poblaciones asentadas en esta amplia región. En particular en Chiapas, de 1858 a la fecha han ocurrido 14 sismos de magnitudes ≥ 7 , los cuales han provocado daños considerables. La Tabla I muestra la ubicación de cada uno de ellos así como las regiones más afectadas. Singh *et al.* (1981) mencionan como posible brecha sísmica la zona de Tehuantepec (gap de Tehuantepec), localizada en la región donde la dorsal de Tehuantepec intersecta la trinchera. Este gap o

brecha sísmica no ha producido hasta ahora sismos fuertes ($M \geq 7$) en al menos en 180 años, por lo cual su potencial es desconocido (McCann *et al.*, 1979). Existe la posibilidad de que el movimiento de la placa de Cocos en esta zona sea asísmico debido a la presencia de la dorsal de Tehuantepec, de casi 2 km de relieve, o pueda tener un periodo de recurrencia muy grande (McCann *et al.*, 1979; Singh *et al.*, 1981).

La Tabla II muestra los considerados como brechas sísmicas (gaps) de la trinchera Mesoamericana. En ella podemos observar numeradas las regiones consideradas como gaps, los eventos que han ocurrido en cada una de ellas, así como el tiempo promedio de recurrencia, nótese que en la brecha de Tehuantepec no se ha presentado ningún sismo de magnitud mayor de 7.0.

La inclinación de la zona de Benioff ha sido estimada en varias partes de Mesoamérica, en particular Dean y Drake (1978) la estiman en 15° al NW de la dorsal de Tehuantepec y en 21° para la zona de Guatemala. Al respecto Chael y Stewart (1982) sugieren que el ángulo de buzamiento de la placa de Cocos bajo la de Norteamérica varía de 10° a 20° y es mayor bajo la placa del Caribe según Molnar y Sykes (1969). Por otra parte Hanus y Vanek (1978) utilizaron datos el ISC (International Seismology Center) para toda la trinchera Mesoamericana obteniendo diferentes ángulos de buzamiento que varían entre 25° y 35° para la región de Chiapas, aunque el ángulo es difícil de determinar debido a la gran dispersión de los epicentros, así mismo, muestran que la máxima profundidad de

los sismos que ocurren al noroeste de la cordillera de Tehuantepec es del orden de 120 km y los que ocurren al sureste son de alrededor de 230 km. Havskov *et al.* (1982) calcularon, con una red de sismógrafos analógicos localizada alrededor del embalse de la presa Chicoasen en Chiapas, que el ángulo de subducción en esa región es de 45° . Los sismos utilizados tienen profundidades en el rango de 75 y 200 km.

Los mecanismos focales en la zona de subducción de Chiapas tienen las características "normales" de una zona de subducción, ya que los ejes de tensión de los mecanismos focales de eventos someros cerca de la trinchera indican un fallamiento normal asociado con el inicio de la subducción de la placa oceánica. Los sismos someros hacia el continente indican un fallamiento inverso originado en el área de contacto entre las placas y su plano nodal es aproximadamente paralelo a la dirección de la trinchera (Dean y Drake, 1978).

Yamamoto y Mitchell (1988) mencionan mecanismos focales de tipo normal para eventos ocurridos a profundidades entre 60 y 120 km y calcularon la geometría y las funciones de la fuente de una secuencia de tres temblores ocurridos en abril de 1970 con magnitudes 6.4, 7.3 y 6.3, los cuales pueden ser modelados como una fuente puntual simple. Las localizaciones y área de réplicas es similar a los del evento ocurrido en septiembre de 1993 ($M_w=7.2$). Sus mecanismos focales de tipo normal indican que los eventos se encuentran en la zona de doblamiento de la placa de Cocos. Sin embargo, el área de réplicas en ambos casos no fue bien definida.

**Tabla I Eventos de magnitud 7 o mayores ocurridos en la
región de Chiapas a partir de 1858. (Tomado de
Figueroa, 1976).**

Año mes día	magnitud M_l	localización	REGIÓN
1858 05 02			Chiapas-Oaxaca
1870 05 11	7.0		
1897 06 05	7.0		
1902 04 18	7.0		Cercano a Tapachula
1902 09 23	7.8 7.7 Ms	16.0N 93.0W	Cercano a Tuxtla G.
1908 03 26	7.5		Fuera costas de Chiapas
1914 03 30	7.5		Cerca Ocosingo
1925 12 10	7.0 Ms	15.0 N 92.5 W	Sureste costa de Chiapas
1927 05 09	7.0		Tuxtla Gutiérrez
1928 03 22	7.5		Zona oeste de Chiapas
1928 04 17	7.7		Zona oeste de Chiapas
1935 12 14	7.3 7.2 Ms	14.7 N 92.5 W	Centro de Chiapas
1941 02 11	7.0 Ms	15.2 N 94.4 W	Costa sureste de Chiapas
1943 06 15	7.0 Ms	14.6 N 93.0 W	Costa sureste de Chiapas
1944 06 28	7.1 Ms	15.0 N 92.5 W	Costa Chiapas-Guatemala
1946 07 11	7.1		Limítrofe Oaxaca y Veracruz
1949 12 22	7.0 Ms	15.9 N 93.0 W	Cerca Tuxtla Gutiérrez
1950 10 23	7.0	14.5 N 91.5 W	Cerca Tapachula
1955 09 26	7.0		Cerca Pijllapan
1970 04 29	* 7.3 Ms	14.7 N 92.6 W	Costa Chiapas-Guatemala
1993 09 10	** 7.3 Ms	14.2 N 92.5 W	Costa Chiapas-Guatemala
1995 10 21	** 7.3 Mw	16.88 N 93.47 W	Cercano a Tuxtla Gutiérrez

* Yamamoto y Mitchell (1988)

** Rebollar (comunicación personal)

Tabla II Periodos de recurrencia observados (T), correspondientes a temblores grandes ($M \geq 7.0$), ocurridos a lo largo de la zona de subducción de México (Tomado de Astiz, 1987).

Región	Año de los sismos y magnitud(Ms)				T (años)
1. Jalisco	1875 (7.4)	1900 (7.9)	1932 (8.2)		31.7±6.5
		1900 (7.4)	1934 (7.0)		
2. Colima	[1806 (7.5)]	[1818 (7.7)]	1932 (7.8)	1941 (7.7)	1973 (7.5)
					21.3
					±10.5
3. Michoacán	1837 (7.8)		1911 (7.9)		1981 (7.3)
					1985 (8.1)
					73.0 ±1.0
4. Petatlan			1908 (7.5)	1943 (7.5)	1979 (7.6)
					35.5 ±0.7
5. Guerrero	1887 (7.2)	1899 (7.9)	1908 (7.8)		
	[1889 (7.2)]		1909 (7.4)		
6. Acapulco	[1820 (7.6)]	1845 (7.9)	1907 (8.0)	1957 (7.5)	56.0±8.5*
				[1962 (7.0)]	
				[1962 (7.2)]	
7. Ometepec	1890 (7.2)		1937 (7.5)	1950 (7.3)	1982 (6.9)
					[1982 (7.0)]
8. Oeste de Oaxaca	1854 (7.7)	1894 (7.4)	1928 (7.6)	1968 (7.4)	38.0±3.5
			[1928 (7.4)]		
9. Oaxaca Central	1870 (7.9)		1928 (7.8)		1978 (7.8)
	[1872 (7.4)]				53.0±4.2
10. Este de Oaxaca	1897 (7.4)		1928 (7.8)	1965 (7.6)	34.5±3.6
11. Tehuantepec					
12. Chiapas		1902 (8.2)	1944 (7.0)	1970 (7.3)	34.0±11.3

[] eventos no usados para estimar el tiempo T de recurrencia.

* T para eventos con $M_s \geq 7.4$

I.3 Historia tectónica de Centroamérica

El objetivo de esta parte del trabajo es dar un bosquejo de la historia tectónica que involucra la región de estudio, que se encuentra comprendida en el bloque Yucatán, el cual ha interactuado con los bloques Oaxaca y Chortis. La reconstrucción de la historia tectónica de Centroamérica aún no es bien conocida, y existen diversas interpretaciones al respecto, una de las más aceptadas es la propuesta por Dengo (1989), que se explica a continuación.

Con base a una comparación entre rocas metamórficas de los bloques Maya y Oaxaca, Sanchez-Barreda (1981) supone que durante el Paleozoico el bloque Maya colindaba al este con el bloque Oaxaca, por otra parte, según información paleomagnética Gose y Swartz (1987), sitúan el bloque Chortis originalmente en el Pacífico, colindando quizá al oeste del bloque Oaxaca. La Figura 2 (Dengo, 1989) muestra los movimientos de traslación y rotación que han sufrido estos bloques hasta la actualidad; se propone una separación de los bloques de Chortis y Maya durante el Triásico Tardío y el Jurásico Temprano. Posteriormente la conjunción del bloque Maya y del bloque Oaxaca en la zona de lo que hoy es el Istmo de Tehuantepec durante el Jurásico Tardío. Correlacionando con la secuencia Mesozóica de la cuenca de Morelos-Guerrero con la de Honduras, la separación del bloque de Chortis debe haber sido paulatina, posiblemente a lo largo de una serie de fallas paralelas a la costa actual de México con un movimiento de traslación hacia el SE (Dengo, 1989).

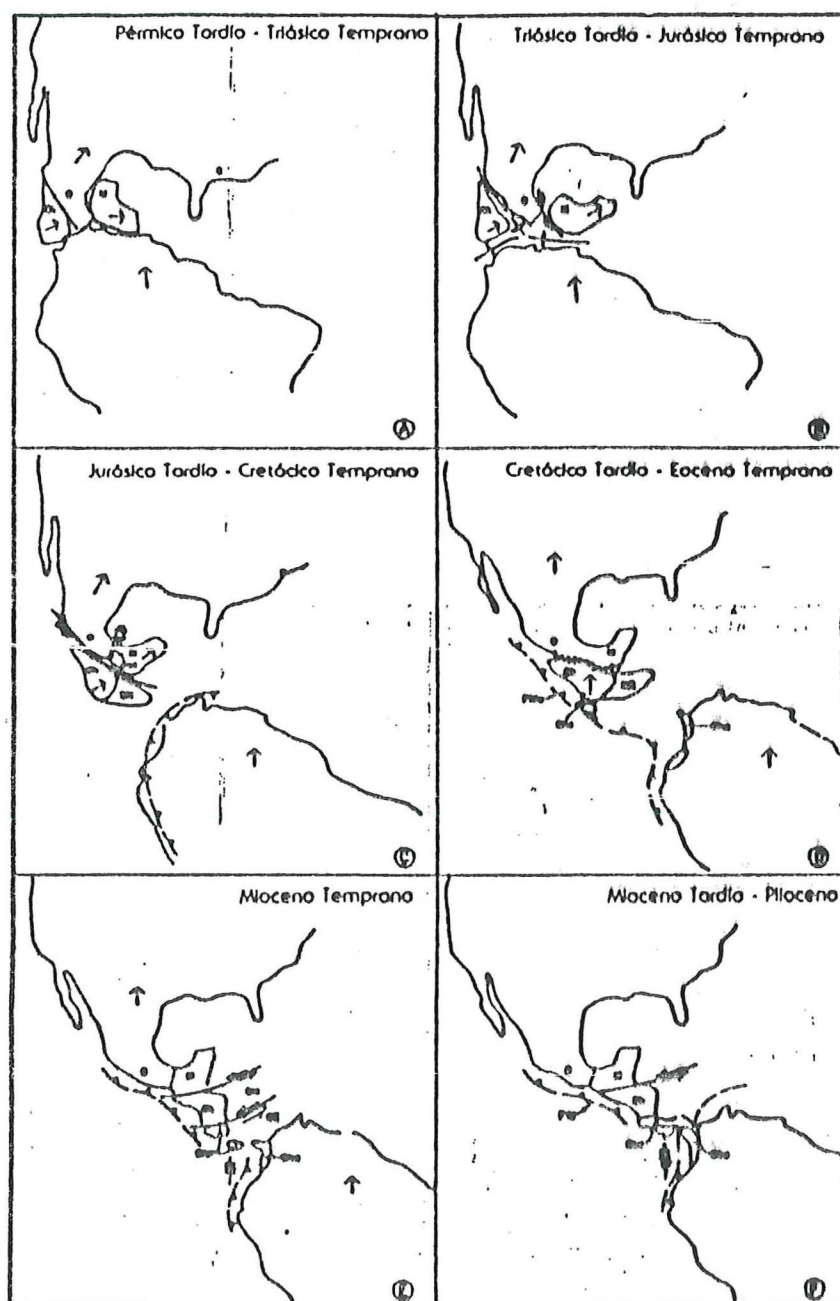


Figura 2. Posición de los bloques de Chortis, Maya y Oaxaca desde el Paleozoico hasta su posición relativa actual.

Al final del Cretácico e inicio del Eoceno, la colisión del bloque Chortis con el Maya formó la zona de sutura de Motagua. Los movimientos a partir del Mioceno Medio a lo largo de las fallas recién formadas de Polochic y Motagua, continuaron desplazando el bloque Chortis hacia el este, desplazamiento que aún continúa.

En la Figura 3 se muestra la posición actual de los bloques de Oaxaca, Chortis y Maya, así como las principales características de esta región.

La combinación de los efectos del tectonismo que han actuado sobre el sureste del país dió lugar a varias provincias geológicas (Figura 4(a)); estas son: Macizo granítico de Chiapas, Anticlinorio de Comalapa, Sinclinorio Central, Fallas de Transcurrencia, Arco de la Libertad, Simojovel y Miramar.

La figura 4(b) muestra un esquema de la región de estudio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Red sísmica de Chiapas

Para llevar a cabo este estudio se instaló una red sísmica de estaciones digitales y analógicas en el estado de Chiapas. Las estaciones se encuentran en Comitán (digital), Angostura (analógica), Tuxtla Gutiérrez (digital), Arriaga (digital), Pijijiapan (analógica), Nexapa (analógica) y San Vicente (digital). Esta red empezó a funcionar en junio de 1994, y en mayo de 1995 se instaló la estación Escuintla (digital). La Figura 5 muestra la ubicación de las estaciones y la tabla III su posición geográfica.

Para complementar los datos de esta red, también se analizaron sismogramas de las estaciones TPX (Tapachula), SCX (San Cristobal de las Casas) y OXX (Oaxaca) facilitados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), además de los generados en la estación Huatulco (HUIG) de la red de banda ancha operado por el Instituto de Geofísica de la UNAM, así como lecturas de estaciones en Guatemala obtenidas del catálogo sísmico del ISC.

La Figura 6 muestra dos sismos característicos, registrados en las tres componentes de la estación Comitán ocurridos en: (a) somero en la costa de Chiapas y (b) profundo en la zona central del mismo estado.

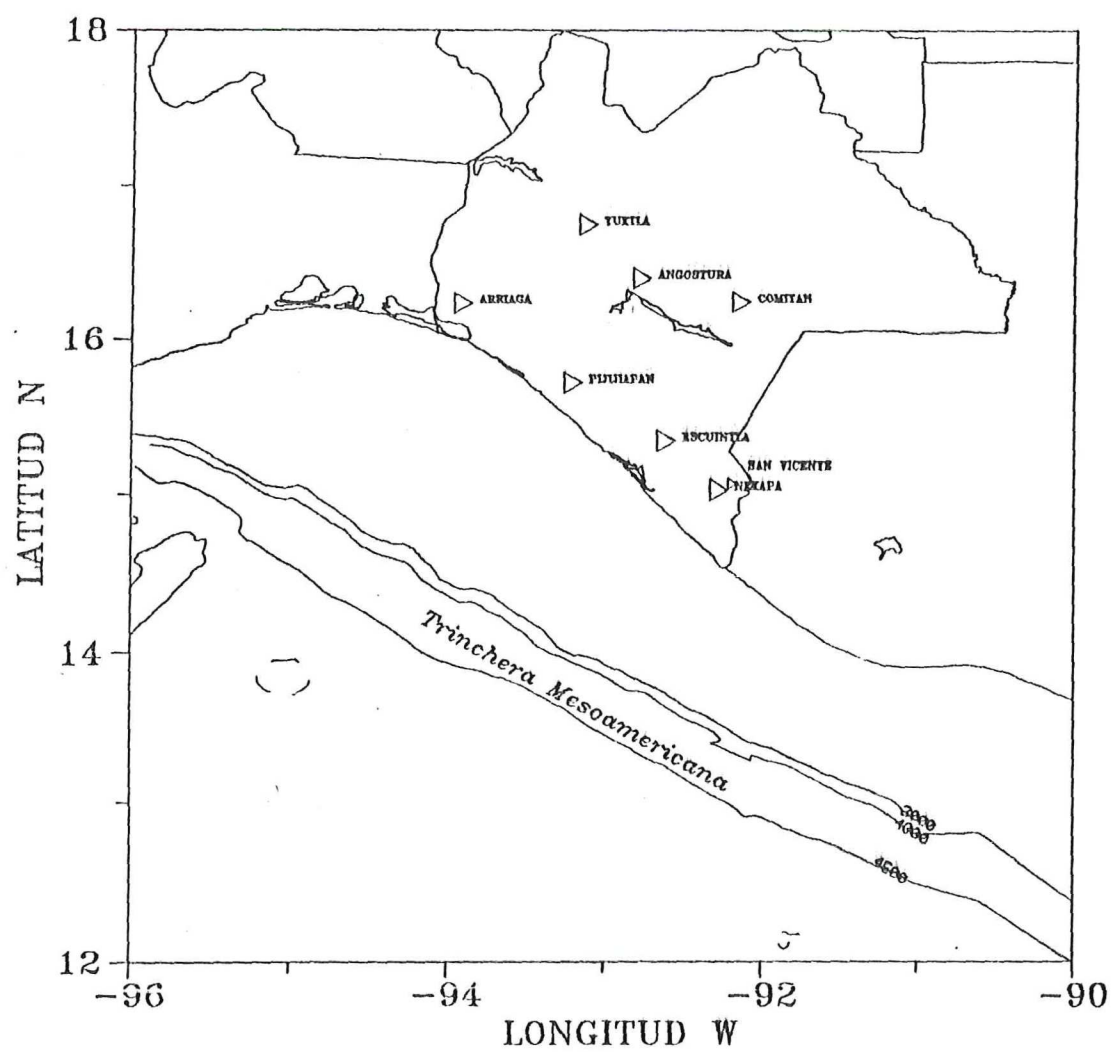


Fig 5 Ubicación de las estaciones sismológicas de la red de Chiapas.

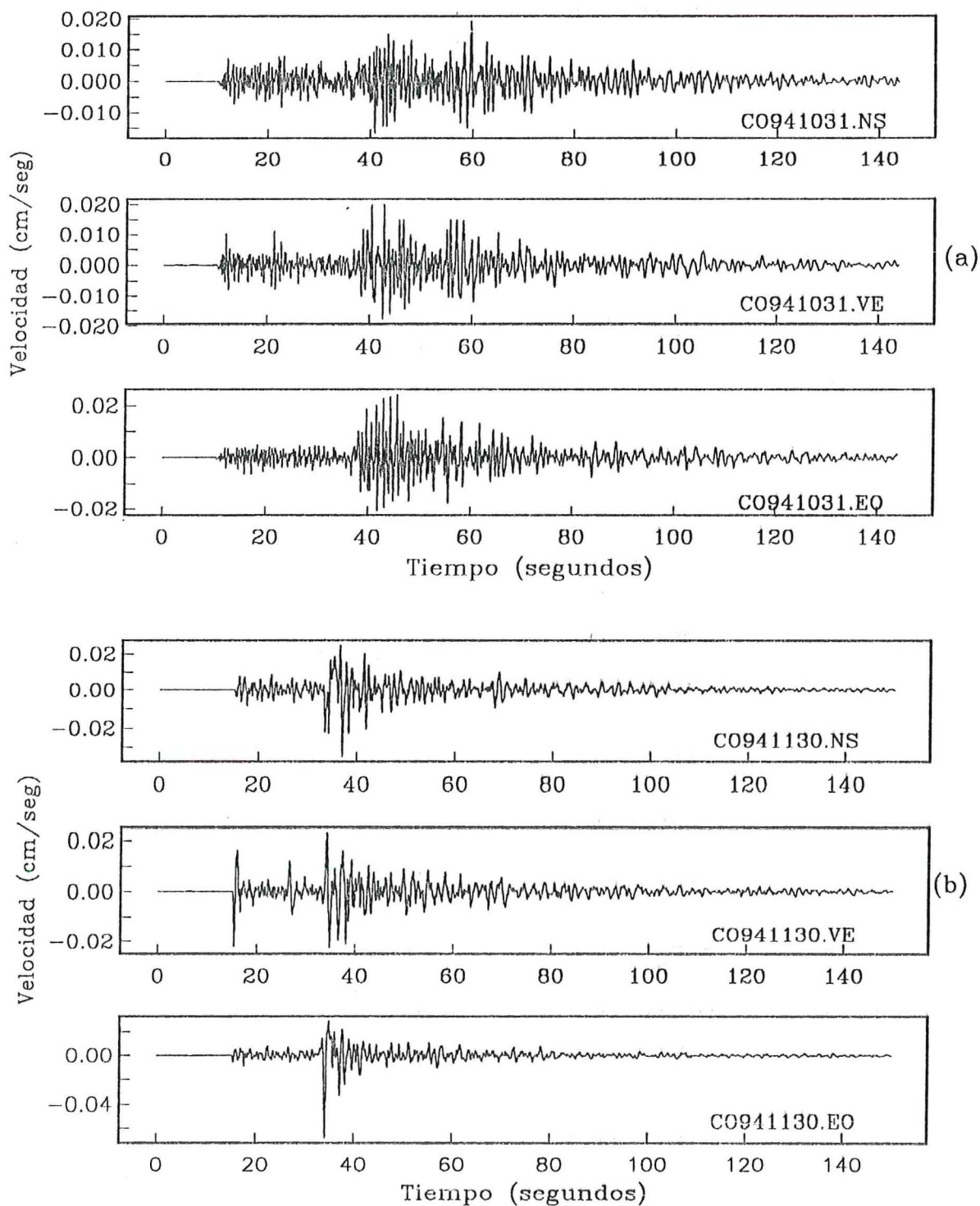


Fig. 6 Registros característicos de sismos detectados en la estación Comitán. (a) Superficial ($h \approx 20$ km), cercano a la trinchera. (b) Profundo ($h \approx 160$ km) zona central de Chiapas.

TABLA III. Ubicación geográfica de estaciones sísmicas en el estado de Chiapas.

ESTACIÓN	LATITUD N	LONGITUD W	ELEVACIÓN(m)	TIPO DE SUELO
Angostura (CFE)	16 04.89	92 46.04	500	Rocas sedimentarias
Pijijiapan	15 01.58	93 12.31	15	Granito
Tuxtla Gutiérrez	16 44.72	93 06.78	500	Rocas sedimentarias
Arriaga	16 44.28	93 53.54	50	Granito
Comitán	16 15.00	92 08.18	1500	Rocas sedimentarias
San Vicente	15 03.42	92 11.68	500	Andesitas
Escuintla	15 19.59	92 37 08	100	Sranito
Nexapa	15 03.51	92 15.42	500	Sedimentos

II.2 Instrumentación

El equipo consiste de tres grabadoras digitales Kinometrics SSR-1 (una de ellas de seis canales), una grabadora digital Sprengnether DR-2000, un acelerógrafo digital SSA-2 y tres sismógrafos analógicos Sprengnether MQ-800. Los sensores utilizados son: dos sismómetros Guralp CMG-3 ESP de periodo largo (ancho de banda de 50 a 0.01 HZ), tres acelerógrafos FBA-23 y tres sismómetros Mark L4-C de un segundo. La tabla IV describe la distribución del equipo en la red.

II.3 Localizaciones sísmicas

Las localizaciones de los eventos se llevaron a cabo con el programa HYPO71 (Lee y Lahr, 1972). Para localizar, el programa requiere de un modelo de la corteza, restringiéndose a placas planas lateralmente homogéneas que incluya la velocidad de ondas P y el grosor de cada capa, además de la relación de velocidades V_p/V_s .

Para cada localización sísmica, el programa calcula el error cuadrático medio (RMS), el error en la profundidad y el error epicentral. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que estos cálculos son relativos al modelo de corteza utilizado, de manera que un buen modelo de corteza y una geometría adecuada de la red implicarán buenas localizaciones.

Tabla IV Características del equipo instalado en cada estación.

ESTACION	GRABADORA	SENSOR
Tuxtla Gutiérrez SSR-1	(3 canales)	Guralp CMG 3ESP
Comitán SSR-1	(6 canales)	Guralp CMG 3ESP y FBA-23 (0.25g)
Arriaga SSR-1	(3 canales)	FBA-23 (1.0 g)
Pijijiapan MQ800	(1 canal)	Mark L4 C
Escuintla SSA-2	(3 canales)	FBA-23 (0.50 g)
San Vicente DR2000	(3 canales)	FBA-23 (0.25 g)
Nexapa MQ800	(1 canal)	Mark L4C
Angostura MQ800	(1 canal)	Mark L4

Tabla V Modelo de velocidades para un medio de capas planas lateralmente homogéneo (Castro-Escamilla, 1980).

Velocidad (km/s)	Profundidad (km)	Densidad (gr/cm ³)
5.00	0	2.7
6.10	4	2.9
6.95	20	3.0
7.60	31	3.1
8.20	43	3.4

II.4 Modelo de Corteza

Mencionábamos que, la determinación de buenas localizaciones dependerá primordialmente del modelo de corteza. Castro-Escamilla (1980) propone un modelo mostrado en la tabla V, aplicado a la parte occidental de Chiapas, éste modelo fue calculado utilizando la diferencia de tiempo de arribo de las fases S y Sp, así como las razones de sus amplitudes.

Un método que nos da una primera aproximación de un modelo de corteza, es el llamado método de Velocidades Apparentes Mínimas (VAM), que puede hacer uso de información sísmica (ver capítulo III-2), este método nos proporciona una primera aproximación de un modelo de velocidades en la corteza, y cuyos resultados se utilizarán para compararlos con el de Castro-Escamilla (1980).

El método VAM se basa en la refracción de ondas sísmicas para un medio lateralmente homogéneo y fue propuesto y aplicado por Matumoto y otros (1977) en Costa Rica y Suárez y otros (1992) en Guerrero. El método nos proporciona una primera aproximación de los rangos de velocidades y grosor de las capas, las bases se explican a continuación:

La velocidad aparente de un frente de ondas sísmico se define como:

$$VA = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad (1)$$

donde Δd es la diferencia en distancia epicentral y Δt es la diferencia de tiempos de arribos entre cada par de estaciones.

A una velocidad aparente VA_i ($i=1,2,\dots,n+1$) le corresponde una distancia d_i ($i=1,2,\dots,n$) obtenido del diagrama de velocidad aparente mínima, el tiempo de viaje de una onda refractada en la capa *enésima* está dada por (Matumoto *et al.*, 1977):

$$t_n = \frac{d}{V_n} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2H_i \cos\theta_{i,n}}{V_i} \quad (2)$$

donde d es la distancia epicentral con $d_{n+1} < d < d_n$ y H_i es el grosor de la *i-ésima* capa y $\theta_{i,n}$ es el ángulo de incidencia en la misma capa.

Una formula de recurrencia para el grosor H_i puede calcular a partir de la expresión (Matumoto *et al.*, 1977):

$$H_i = \frac{V_n}{\cos\theta_{n,n+1}} \left[\frac{d_n(V_{n+1} - V_n)}{2V_{n+1}V_n} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i}{V_i} (\cos\theta_{i,n} - \cos\theta_{i,n+1}) \right] \quad (3)$$

II.5 Relación entre Vp y Vs

Una forma generalizada de obtener la relación entre Vp y Vs se consigue utilizando un diagrama de Wadati. Éste consiste en graficar el tiempo de arribo de la onda P contra la diferencia en tiempo de arribo de la onda S menos el tiempo de arribo de la onda P ($t_s - t_p$). De esta forma podemos obtener, por un ajuste de mínimos cuadrados, la pendiente de la recta que está dada por:

$$m = k - 1 \quad (4)$$

donde $k = (V_p/V_s)$.

El módulo de Poisson es la medida de la razón de deformación transversal respecto a la longitudinal que sufren las rocas en la región es decir $\sigma = -e_t/e_l$, y en términos de k se puede expresar como:

$$\sigma = \frac{(k^2 - 2)}{2(k^2 - 1)} \quad (5)$$

II.6 Determinación del plano de falla

Un terremoto de origen tectónico puede considerarse como la ruptura de una parte de la corteza. Al producirse el sismo, se radía energía en todas direcciones. A la distribución acimutal de las amplitudes de las ondas sísmicas generadas por la radiación de energía se le conoce como patrón de radiación y depende del tipo de ondas radiadas (generalmente P o S). Este concepto es muy útil para el cálculo de la solución del plano de falla. Para su determinación, es común utilizar la polaridad de las ondas P. Se trata de un método analítico que consiste en proyectar las polaridades del primer arribo de todas las estaciones, sobre una esfera de radio unitario, los puntos proyectados sobre la esfera tiene coordenadas (θ, ϕ) , que corresponden al acimut y al ángulo de incidencia respectivamente. Estos valores se proyectan en una red estereográfica que puede ser de Schmidt o Wulf. En este trabajo se utilizó una red de Schmidt (igual área) y la proyección utilizada en los mecanismos es sobre el hemisferio inferior.

II.7 Determinación de parámetros de fuente

Si suponemos una fuente puntual, ya sea porque la dislocación es muy pequeña o por que estemos observando longitudes de onda muy largas comparadas con el tamaño de la ruptura, ésta puede ser representada por un conjunto de fuerzas llamado doble par. La magnitud de cada uno de los pares de fuerzas se llama momento sísmico (M_0) y caracteriza el tamaño de un sismo. El momento sísmico depende de la rigidez del medio, del área de ruptura y del desplazamiento promedio.

La profundidad del foco sísmico, la función de tiempo, la orientación de la falla y el momento sísmico son conocidos como parámetros de fuente sísmica. La determinación de estos parámetros involucra varias consideraciones, las cuales siguen siendo tema de investigación. Los cálculos obtenidos en este trabajo se hicieron utilizando la teoría de Brune (1970), la cual supone un modelo de una falla circular con caída de esfuerzo instantáneo, adecuado para terremotos de pequeña magnitud ($M < 5$) (Udias y Muñoz, 1989).

Siguiendo la teoría de Brune (1970), el momento sísmico se calcula a partir de las ondas S mediante la relación:

$$M_0 = \frac{4\pi\rho\beta^3 R\Omega_0}{KR_{\theta\phi}} \quad (6)$$

donde ρ es la densidad del medio en la fuente, β la velocidad de las ondas S, R es la distancia entre la fuente y receptor, $R_{\theta\phi}$ es el coeficiente del patrón de

radiación de las ondas S, K es el factor de amplificación de las ondas S, y Ω_0 se obtiene de la parte plana del espectro de amplitudes.

Suponiendo una fuente circular, la dimensión de la fuente o radio de la fuente puede calcularse a partir de la relación:

$$r = 2.34 \frac{\beta}{2\pi f_c} \quad (7)$$

Donde β es la velocidad de ondas S y f_c la frecuencia de esquina.

La caída de esfuerzos está definida como la diferencia de esfuerzos de cizalla que actúan sobre la superficie de una falla antes y después de un terremoto. Esta caída de esfuerzos es responsable de los fenómenos elásticos y no elásticos en la fuente y siguiendo a Brune (1970), puede calcularse mediante la relación:

$$\Delta\sigma = \frac{7M_0}{16r^3} \quad (8)$$

En el caso que se cuente con valores de M_0 y r obtenidos de varias estaciones, se puede utilizar el momento sísmico promedio (Archuleta *et al.*, 1982) calculado como:

$$\langle M_0 \rangle = \text{anti log} \left\{ \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \log M_{0_i} \right\} \quad (9)$$

donde M_{0_i} es el momento determinado por la ecuación (6) para la *iésima* estación ($i=1, N_s$) y donde N_s corresponde al número de estaciones utilizadas. El radio promedio de la fuente se calcula como el promedio aritmético:

$$\langle r \rangle = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} r_i \quad (10)$$

donde r_i es el radio sísmico determinado para las N_s estaciones obtenido de la ecuación (7). Por lo cual la caída de esfuerzos se puede obtener mediante la relación:

$$\langle \Delta \sigma \rangle = \frac{7 \langle M_{0_i} \rangle}{16 \langle r^3 \rangle} \quad (11)$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Estimación de errores de lectura de sismogramas

La fuente principal de errores en las localizaciones resulta tanto de la incertidumbre del modelo de corteza utilizado, como el de la incertidumbre en las lecturas de los tiempos de arribo de las ondas P y S. La lectura de los sismogramas analógicos se llevó a cabo con una regla graduada con marcas de 0.50 mm, resultando un error máximo estimado de 0.25 segundos (± 0.125) en las lecturas, y para para registros digitales (50 muestras/segundo) resulta un error máximo de 0.020 segundos (± 0.01)

Debido a que los errores en las localizaciones dependen del modelo usado, estos son difíciles de estimar y más aún cuando los eventos ocurren fuera de la red, como es el caso de los eventos situados cerca de la trinchera, que a pesar de no tener buena cobertura presentan residuales bajos calculados con el programa hypo71. Sin embargo, se tomaron como aceptables los eventos con residuales para tiempos de arribos de ondas P y S menores de ± 0.5 segundos y con valores de RMS menores de 1.0 segundo, el máximo error aceptado en las localizaciones tanto en ubicación epicentral como profundidad es de 10 km, garantizándose así un límite mínimo en la calidad de las soluciones.

En las salidas de HYPO71, se observó que los residuales para todas las estaciones no tienen un comportamiento sistemático, por lo cual no fue aplicado un factor de corrección a las mismas.

III.2 Método de Velocidades Aparentes Mínimas (VAM)

Para utilizar este método se incluyeron eventos registrados en la red de Chiapas, obteniendo localizaciones epicentrales por triangulación, lo cual puede hacerse con base en las tablas de Jeffreys-Bullen. Como no podemos determinar la profundidad de cada evento, supondremos inicialmente que estos ocurren en la superficie.

La selección de los eventos se basa en el principio que cada par de estaciones y la fuente tiendan a ser colineales, esto sin lugar a dudas es muy difícil, pero podremos garantizar una buena aproximación si incluimos únicamente los eventos cuya diferencia en acimut sea menor de 20 grados y la distancia entre estaciones-fuente cumpla con $\Delta_1 \leq 0.6\Delta_2$, donde Δ_1 es la distancia entre la fuente y la estación 1 y Δ_2 es la distancia entre la fuente y la estación 2.

La Figura 7 muestra el resultado de la aplicación del método VAM (descrito en el capítulo II) en la región de estudio. En ella se han identificado tres velocidades que se indican con líneas punteadas, las cuales corresponden a 3.8, 6.7 y 8.2 km/s, esta última quizá asociada con refracciones en la discontinuidad de Mohorovicic.

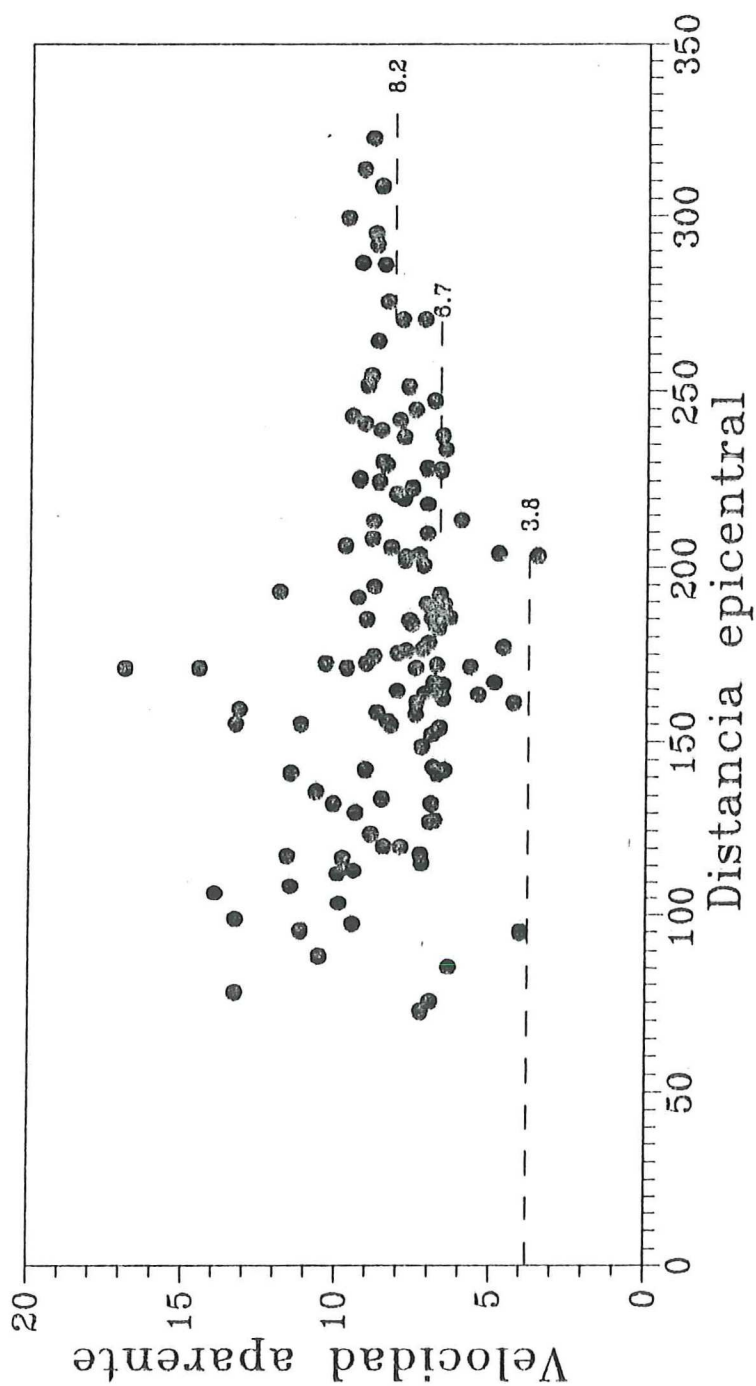


Fig. 7 Resultado gráfico de la Velocidad Aparente, un punto representa la VA de cada arribo como una función de la distancia epicentral.

Para obtener el grosor de las capas es necesario aplicar la ecuación (3), en nuestro caso se obtuvieron grosores muy grandes, (que resulta en una corteza de 80 km), lo cual no es posible para esta región. De acuerdo a Couch y Woodcock (1981), la corteza para el margen continental al oeste de Guatemala, tiene un grosor máximo de la corteza del orden de 40 km.

Comparando este modelo de velocidades con el de Castro (1980), vemos que la velocidad para el manto en ambos casos es de 8.2 km/s, la velocidad promedio de la corteza en el modelo de Castro es de 6.6, muy similar a la velocidad obtenida para la segunda capa obtenido por el método VAM. Este resultado nos llevó a la conclusión de que el modelo de Castro es adecuado para las localizaciones en Chiapas.

III.3 Relación V_p/V_s

Para el cálculo de la relación V_p/V_s se incluyeron eventos con tres o más lecturas claras de arribos de ondas S, este ajuste es mostrado en la Figura 8. Utilizando la ecuación (4) se obtuvo un valor de $(V_p/V_s)=1.71$, y utilizando la ecuación (5) obtenemos un módulo de Poisson de $\sigma=0.24$. Este valor es válido para toda la región de Chiapas como un buen promedio, ya que se incluyeron eventos de toda la región, pero habría que calcularse para cada zona (localmente) en particular. Éste es un valor ligeramente menor de lo que usualmente se supone para rocas de la corteza (0.25).

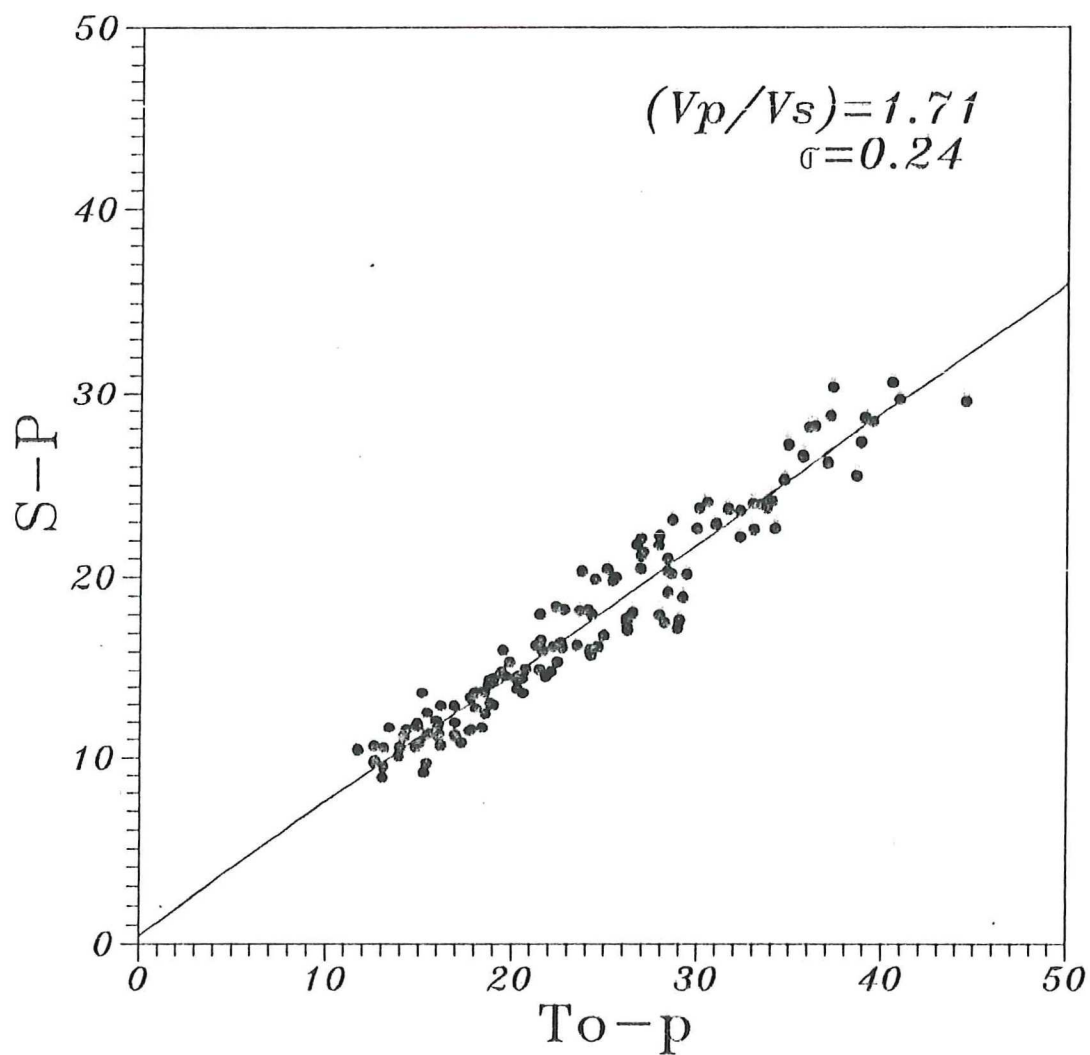


Fig. 8 Diagrama de Wadati obtenido a partir de eventos con tres o más lecturas de arribos de ondas S.

III.4 Localizaciones epicentrales

Ya se mencionó la extensa zona que abarca la red, si bien esta cobertura nos permite registrar la sismicidad de todo el sureste, también hay que mencionar que la baja ganancia de las estaciones (debido a que se encuentran en lugares sub-urbanos), no permitió localizar eventos con magnitudes menores de 3.8.

Se obtuvo la lectura de 760 sismos, de estos solamente fue posible localizar 308 eventos. La Figura 9 muestra los epicentros de todos ellos y se listan en el apéndice I incluyendo intervalos de error en localización hipocentral.

Con el fin de identificar la zona de Benioff-Wadatti se seleccionaron cuatro regiones. La Figura 10 muestra estas secciones, la orientación de éstas es en la dirección del movimiento relativo de la placa de Cocos, que es aproximadamente perpendicular a la trinchera. Una vista lateral de sismicidad para cada sección se pueden observar en las Figuras 11, 12, 13, 14 que muestran la sismicidad con la incertidumbre en profundidad. Las líneas punteadas corresponden a la tendencia de la zona de Benioff-Wadatti de donde se calcula el ángulo de buzamiento para cada una de ellas. En la sección A-A', la sismicidad se presenta difusa, por lo que no es posible definir un ángulo de buzamiento. Sin embargo, para las tres secciones restantes el ángulo de buzamiento es de aproximadamente 40° . Este ángulo es mayor que los encontrados para otras partes de la zona de subducción

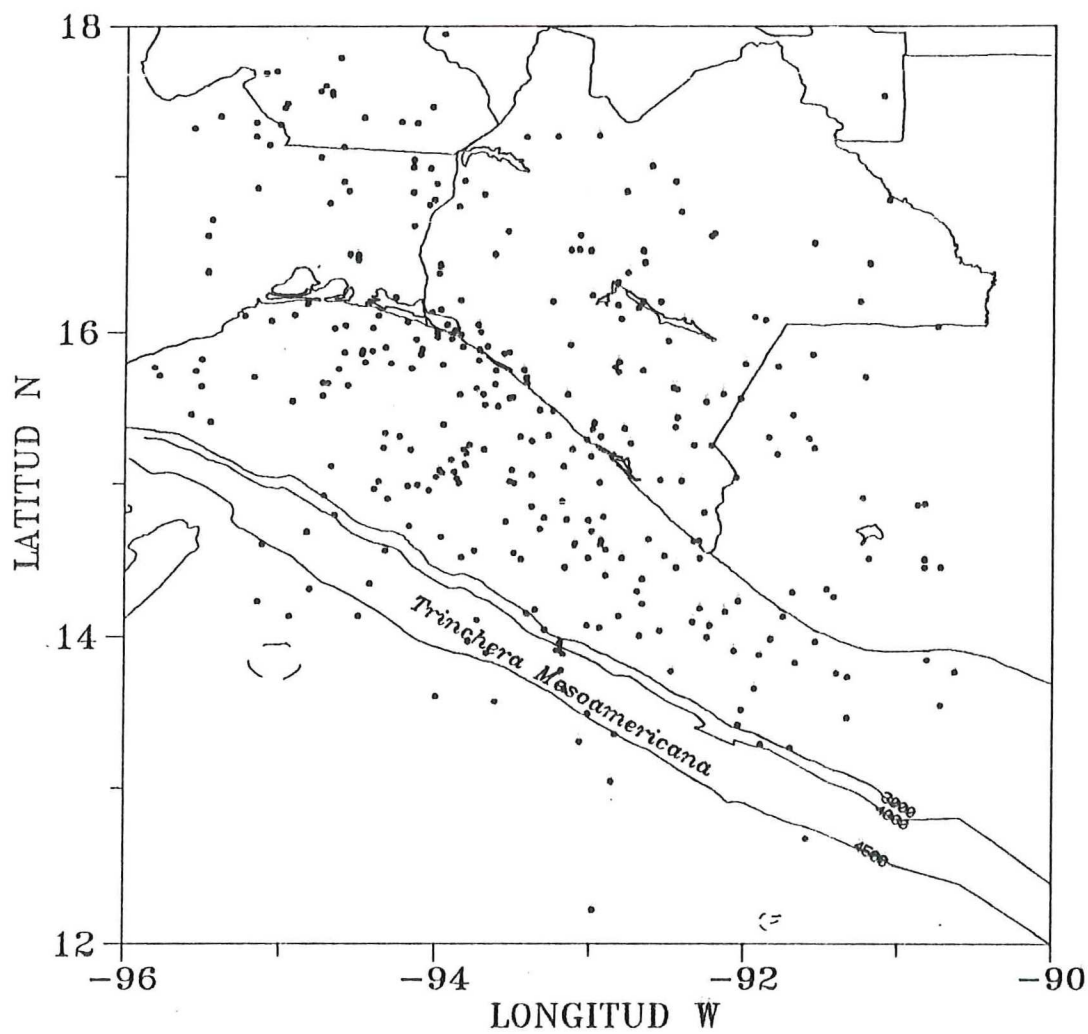


Fig. 9 Sismicidad global localizada con la red de Chiapas.

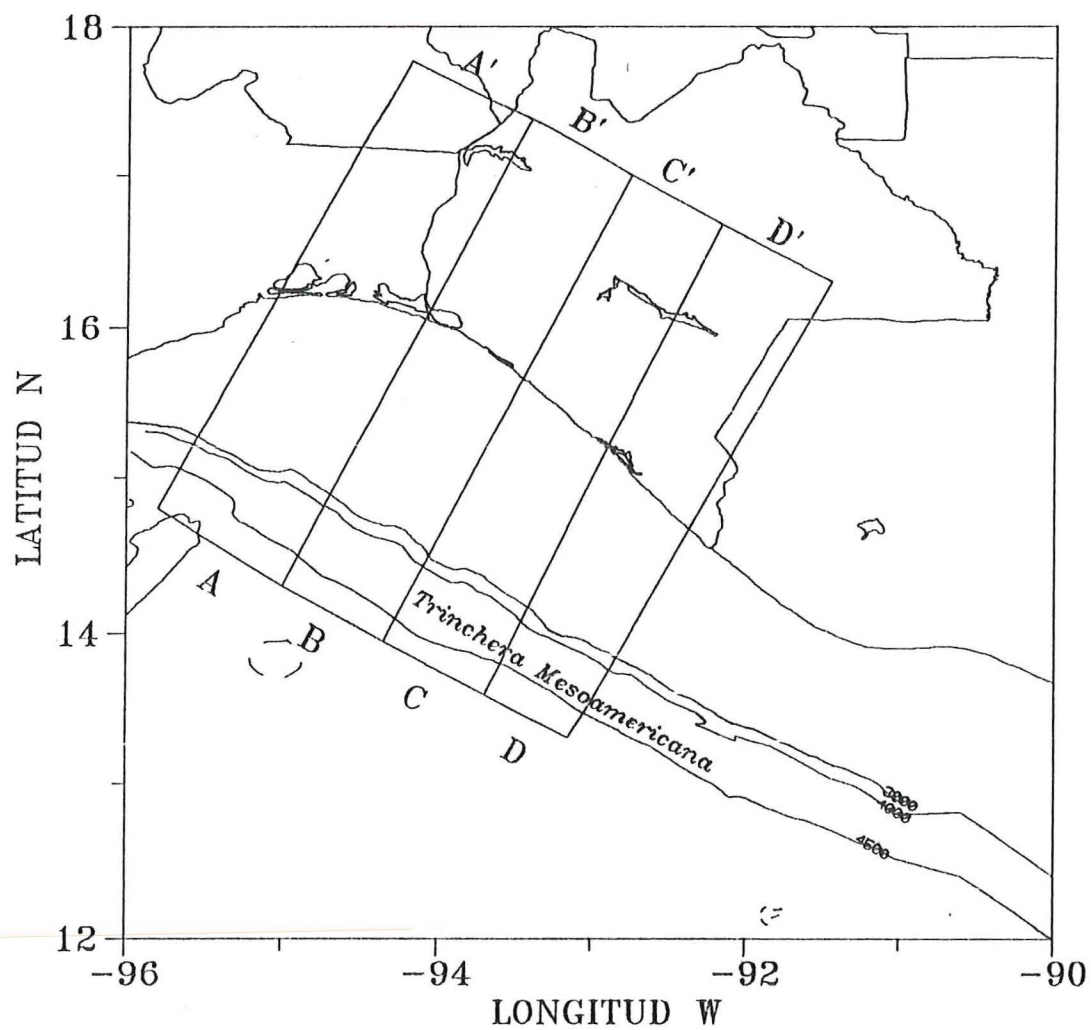


Fig.10 Localización de las regiones seleccionadas perpendiculares a la trinchera.

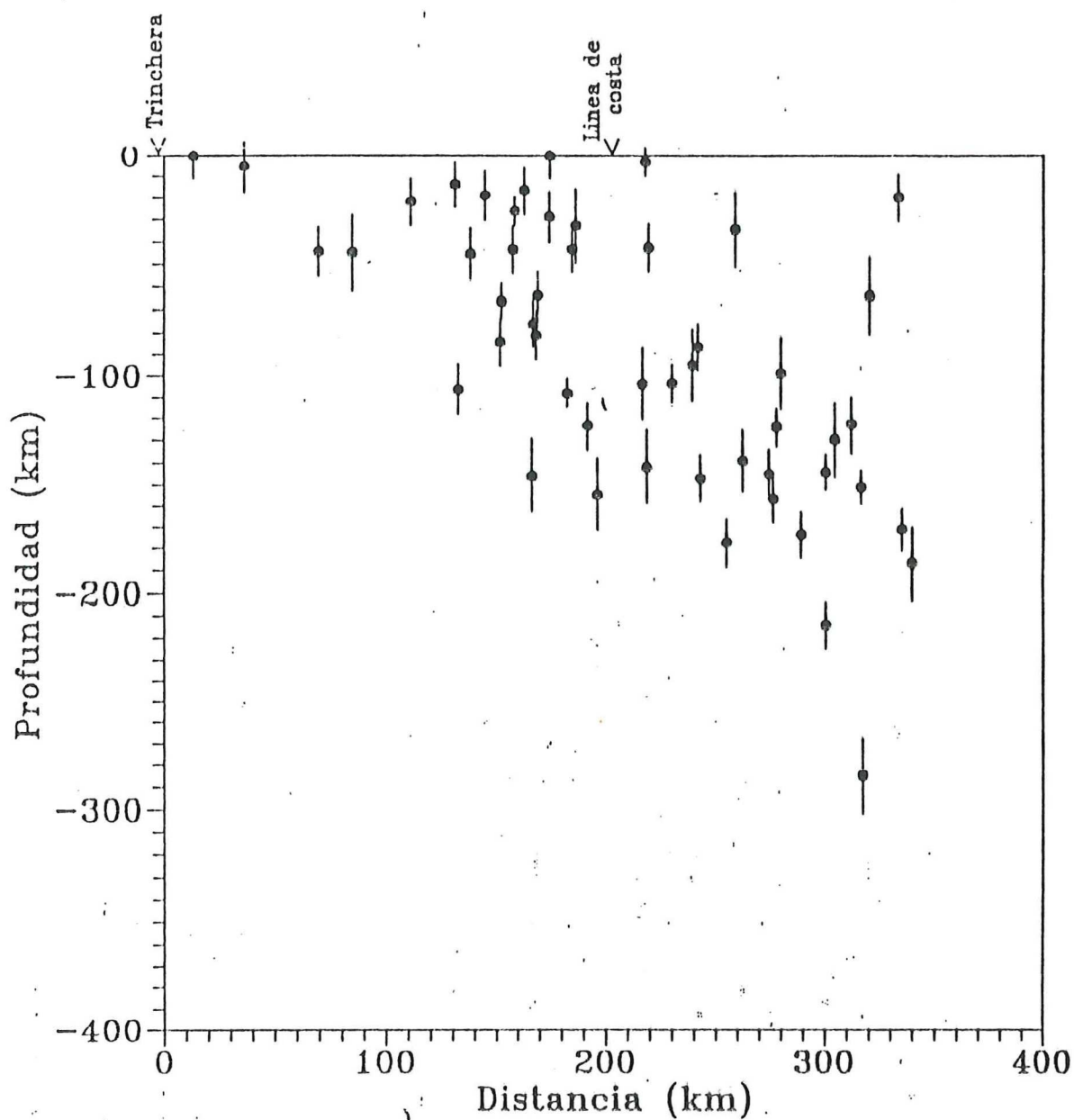


Fig. 11 Perfil de sismicidad correspondiente a la sección A-A', las barras corresponden a intervalos de error en profundidad calculados por HYPO71.

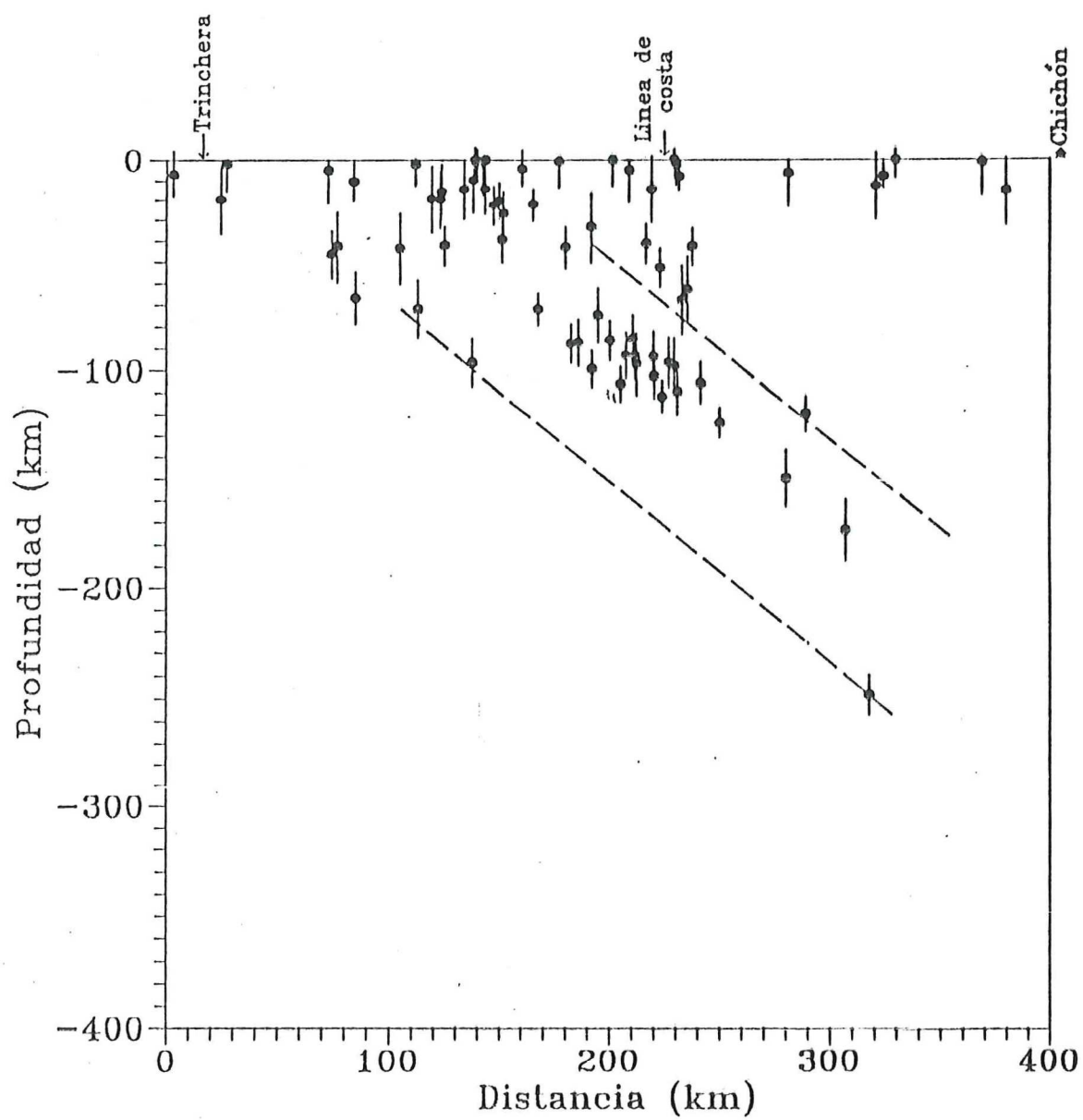


Fig. 12 Perfil de sismicidad correspondiente a la sección B-B', las líneas punteadas muestran la tendencia de la zona de Benioff-Wadati.

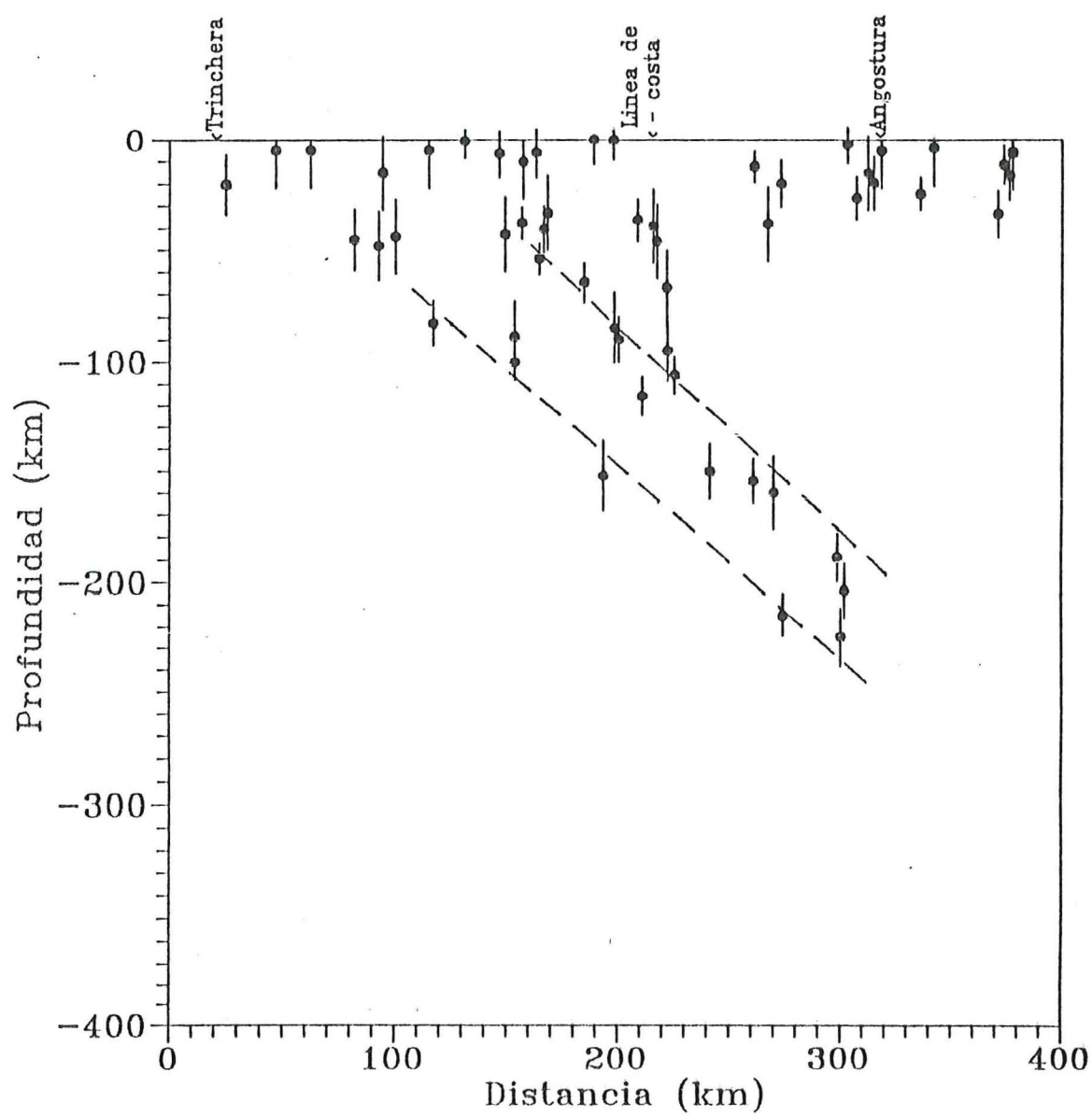


Fig 13 Perfil de sismicidad correspondiente a la sección C-C'.

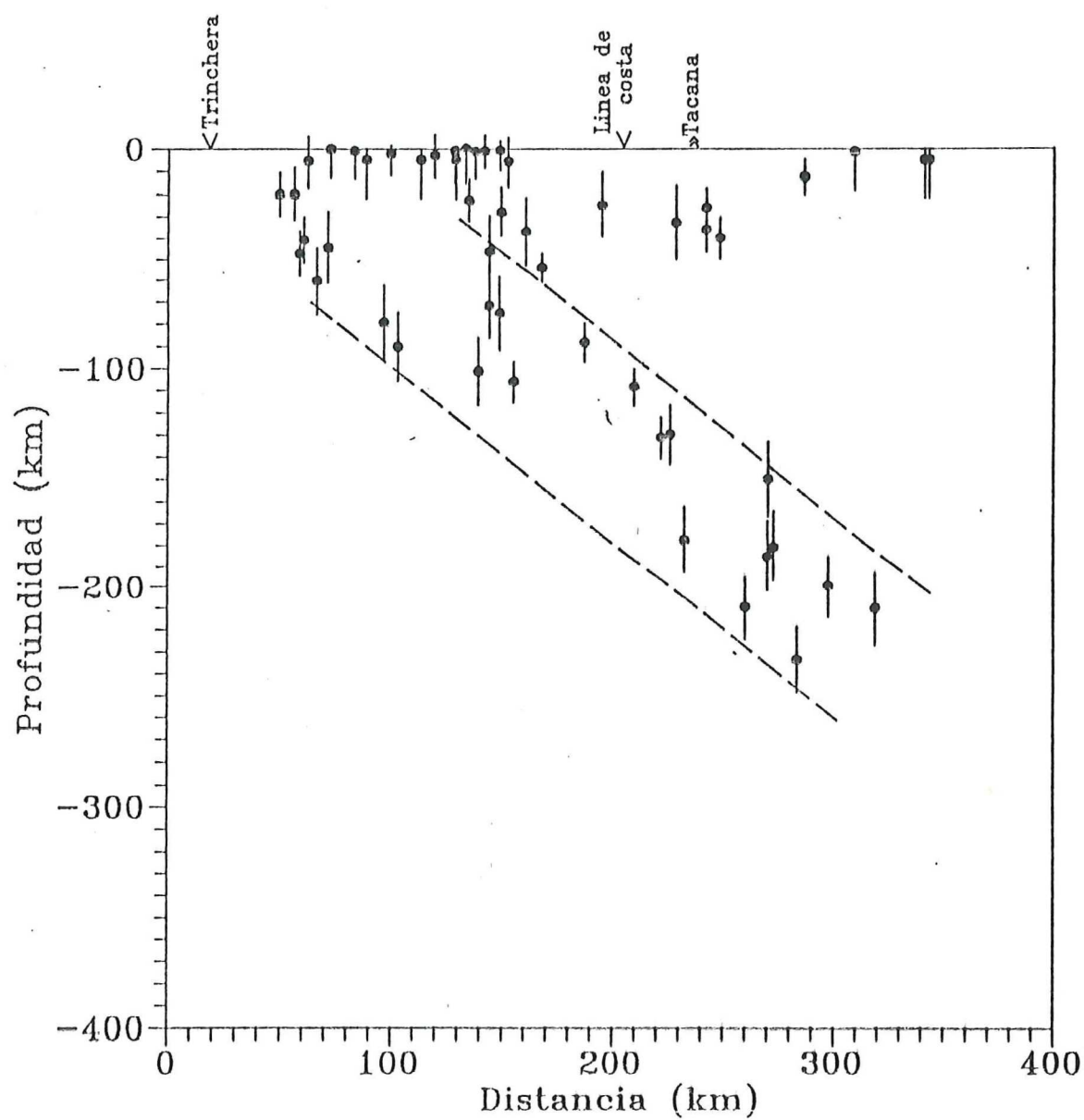


Fig 14 Perfil de sismicidad correspondiente a la sección D-D'.

en la Trinchera Mesoamericana: 15° Guerrero y 9° Jalisco, según Pardo y Suárez, (1995).

III.5 Solución de mecanismos focales

Se calcularon las soluciones de plano de falla utilizando la salida de HYPO71 (acimut y ángulo de incidencia). Para algunos eventos fue posible obtener su mecanismo focal simple. Sin embargo, para otros, aun registrados en todas las estaciones de la red, resultó infructuoso, por lo que se elaboraron mecanismos focales compuestos (ambos casos se incluyen en el apéndice II).

Para la determinación de un mecanismo focal compuesto suponemos que la microsismicidad es el resultado de patrones de esfuerzo y zonas de debilidad, por tanto podemos suponer que sus mecanismos focales se correlacionan unos con otros de una manera estadística. De esta manera se incluyen varios eventos de una misma zona en una esfera focal. Siguiendo esta metodología, se seleccionaron grupos de eventos que ocurrieron dentro de un radio de 10 km. Las soluciones de estos grupos de eventos se muestran en la Figura 15 y en la tabla VI se presentan los parámetros que los definen, así como las direcciones de los esfuerzos principales para cada uno de ellos. También hay que considerar que el mecanismo focal no permite identificar cuál de los planos es el de falla, por lo que es necesario resolver esta ambigüedad con información geológica y tectónica regional.

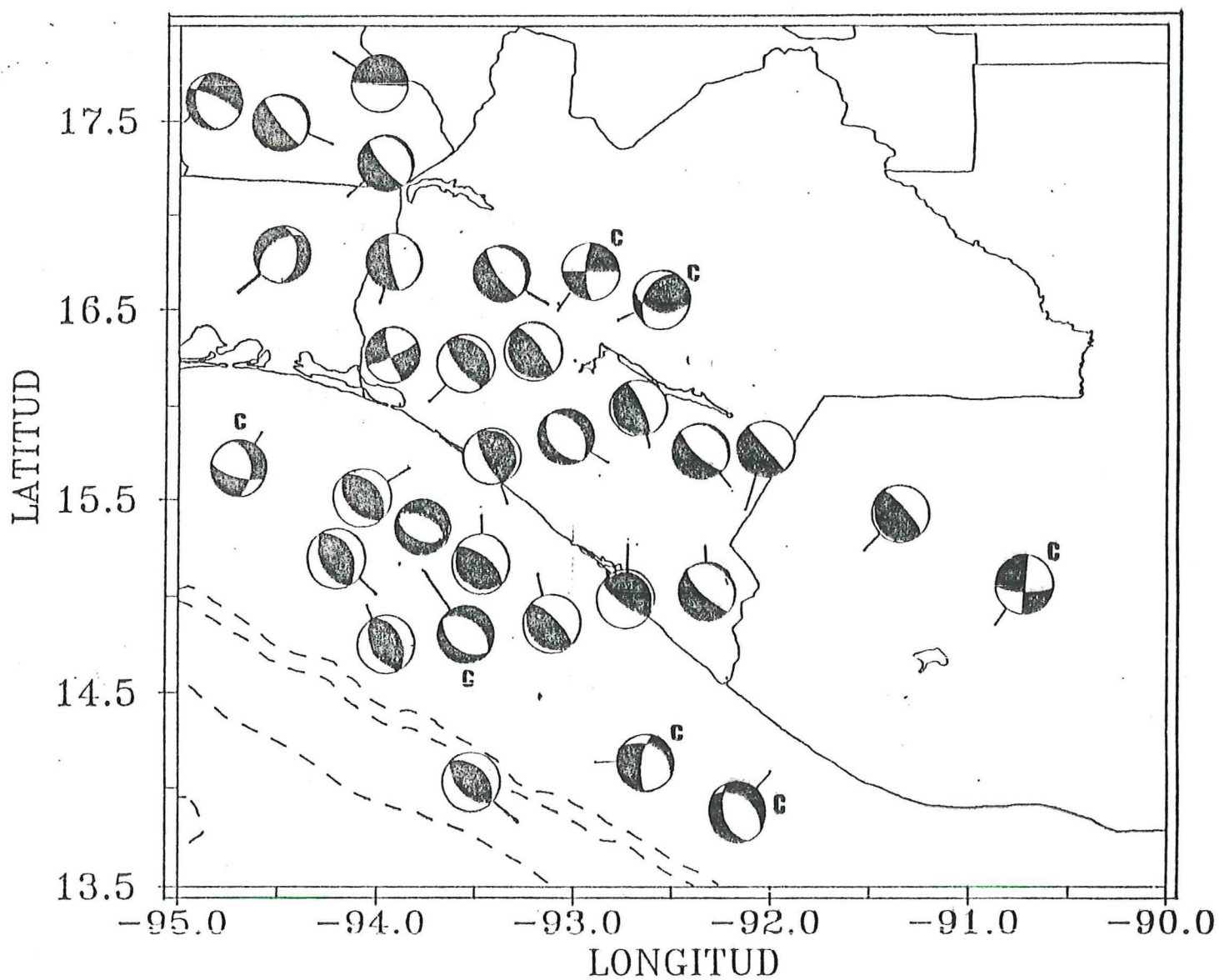


Fig 15 Solución de mecanismos focales en la region de estudio, los etiquetados con la letra 'C' corresponden a sismos asociados a la corteza continental

TABLA VI Solución de mecanismos focales

LOCALIZACION			PLANO A			PLANO B			T		P	
LAT.	LONG.	PROF	Φ	δ	λ	Φ	δ	λ	RUMBO	BUZ.	RUMBO	BUZ.
16.013N 93.885W	5		165.0	85.0	-168.7	74.0	78.7	-5.01	359.6	7.1	90.4	7.1
17.379N 94.234W	170		139	80.0	-90.0	319.0	10.0	-90	229.0	35.0	49.0	55.0
17.102N 94.151W	151		137.0	85.0	-90.0	317.0	5.0	-90.0	227.0	40.0	47.0	50.0
17.862N 94.231W	289		85.0	90.0	-90.0	265.0	0.0	-90.0	175.0	45.0	355.0	45.0
16.028N 93.735W	105		123.0	69.0	90.0	303.0	21.0	90.0	33.0	66.0	213.0	24.0
16.239N 92.996W	189		325.0	80.0	90.0	145.0	10.0	90.0	235.0	55.0	55.0	35.0
16.528N 93.135W	248		146.5	85.0	-90.0	326.5	5.0	-90.0	236.5	40.0	56.5	50.0
16.533N 93.988W	192		155.0	86.0	-90.0	335.0	4.0	-90.0	245.0	41.0	65.0	49.0
14.132N 92.866W	5		298.0	47.0	-158.6	193.0	74.5	-45.1	251.5	17.0	145.4	42.2
15.450N 92.136W	221		119.0	85.0	-90.0	299.0	5.0	-90.0	209.0	40.0	29.0	50.0
15.133N 93.766W	54		120.0	45.0	-90.0	300.0	45.0	-90.0	210.0	00.0	90.0	90.0
15.521N 92.226W	182		126.0	89.0	-90.0	306.0	1.0	-90.0	216.0	44.0	36.0	46.0
15.111N 93.179W	64		122.0	13.0	90.0	302.0	77.0	90.0	212.0	58.0	32.0	32.0
15.250N 92.333W	195		129.0	82.0	-90.0	309.0	8.0	-90.0	219.0	37.0	39.0	53.0
15.782N 92.619W	213		334.0	85.0	90.0	154.0	5.0	90.0	244.0	50.0	64.0	40.0
15.010N 94.004W	9		325.0	43.0	90.0	145.0	47.0	90.0	55.0	88.0	235.0	2.0
15.232N 91.528W	272		309.0	85.0	90.0	129.0	5.0	90.0	219.0	50.0	39.0	40.0
14.850N 90.870W	43		97.0	80.0	0.0	7.0	90.0	170.0	321.6	7.1	52.4	7.1
15.482N 93.334W	115		140.0	74.0	90.0	320.0	16.0	90.0	50.0	61.0	230.0	29.0
14.950N 94.048W	16		324.0	48.0	90.0	144.0	42.0	90.0	234.0	87.0	54.0	3.0
15.165N 93.883W	15		305.0	44.0	-90.0	125.0	46.0	-90.0	215.0	1.0	35.0	89.0
13.833N 93.280W	10		316.0	45.0	90.0	136.0	45.0	90.0	90.0	90.0	46.0	00.0
14.083N 92.000W	35		300.0	52.0	-111.8	153.0	43.0	-64.6	45.3	4.7	150.2	72.3
16.500N 93.083W	20		183.0	73.0	00.0	93.0	90.0	163.0	46.7	11.9	139.3	11.9
16.450N 92.776W	20		225.0	42.0	53.4	90.0	57.5	118.2	51.9	64.9	160.2	8.4
15.85.8N 94.581W	15		355.0	46.0	-33.9	110.0	66.4	-130.7	228.1	12.0	333.2	50.8
15.416N 93.466W	85		127.0	31.0	90.0	307.0	59.0	90.0	217.0	76.0	37.0	14.0
16.591N 94.706W	159		222.0	48.0	-56.2	357.0	51.9	-121.7	108.8	2.1	203.4	65.5
15.666N 93.833W	100		133.0	43.0	90.0	313.0	47.0	90.0	223.0	88.0	43.0	2.0
15.701N 92.827W	153		325.0	45.0	-90.0	145.0	45.0	-90.0	55.0	00.0	90.0	90.0
17.485N 94.998W	120		289.0	70.0	-120.6	169.0	36.1	-35.5	41.4	19.3	160.7	54.4
15.260N 92.723W	135		117.0	84.0	90.0	297.0	6.0	90.0	27.0	51.0	207.0	39.0

La Figura 15 muestra 32 mecanismos focales (simples y compuestos), encontrados para esta región, los etiquetados con la letra C, corresponden a eventos ocurridos en la corteza continental.

En las Figura 16, 17, 18 y 19 se muestran vistas laterales de las secciones A-A', B-B', C-C' y D-D' respectivamente, los mecanismos focales aquí indicados, se obtienen rotando la esfera focal 28° respecto a la vertical (perpendicular a la trinchera) y girándola posteriormente 90° respecto al eje N-S, esto nos da una vista lateral de dichos mecanismos.

La Figura 16, muestra la vista lateral de la sección A-A'. Como ya se mencionó anteriormente en este perfil no se define adecuadamente la zona de Benioff, esto probablemente se debe a que esta región muestra complejidades del sistema de subducción relacionados con la dorsal de Tehuantepec (Delgado-Argote y Carballido, 1990).

Las Figuras 17, 18 y 19 corresponden respectivamente a las proyecciones sísmicas de las secciones B-B', C-C', D-D'. En estas figuras se muestra en el recuadro de la parte inferior izquierda una representación gráfica de las direcciones de los esfuerzos principales.

Sección B-B'

En esta sección, se muestra en la Figura 17 que los mecanismos 1b a 5b, corresponden a sismos que ocurren en la corteza continental y presentan un estado mixto de esfuerzos, el mecanismo 6b es de tipo normal (en planta), que se produce

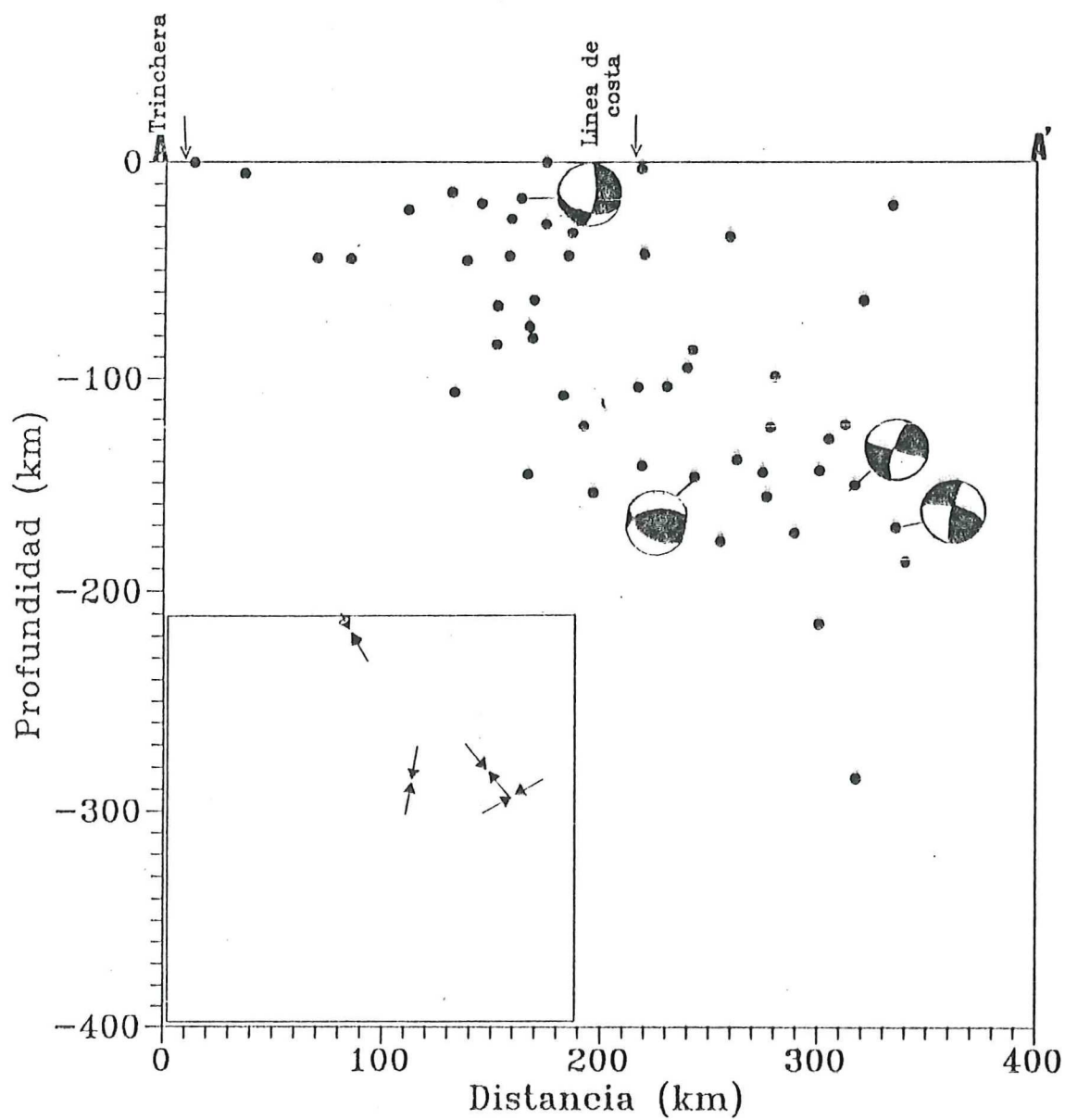


Fig. 16 Vista lateral de mecanismos focales correspondiente a la sección A-A'.

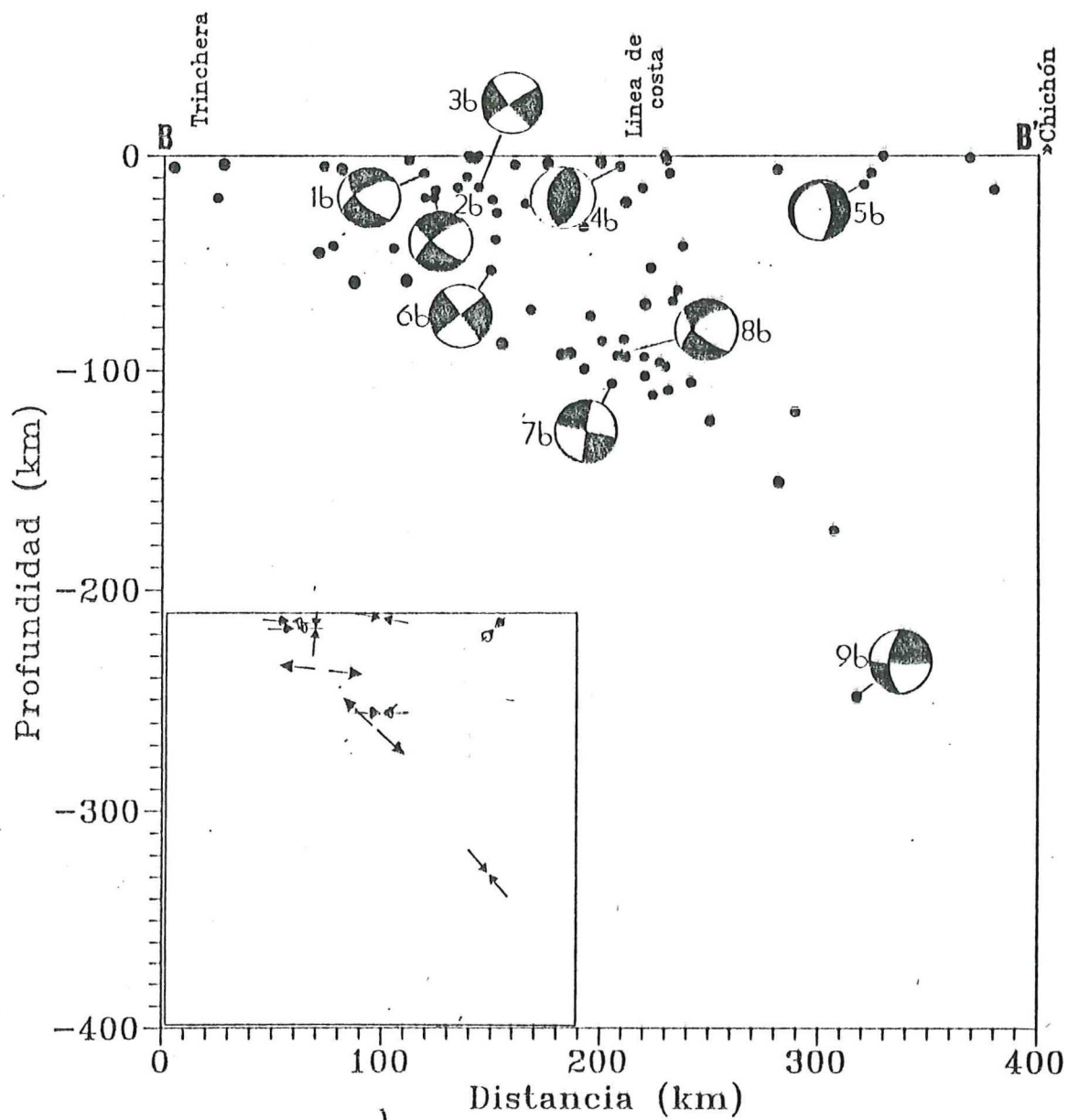


Fig.17

Vista lateral de mecanismos focales correspondiente a la sección B-B'.

quizá por el peso de la parte ya subducida de la placa, que la “jala” mientras se hunde en la astenósfera produciendo tensión, los mecanismos 7b y 8b que ocurren aproximadamente a 100 km de profundidad indican un régimen mixto de esfuerzos, el indicado como 9b ocurre aproximadamente a 250 km de profundidad, siendo de tipo inverso (en planta) produciéndose posiblemente por la resistencia del medio, ya que la placa tiene que atravesar la Litósfera a esta profundidad, esto implicaría que la placa Cocos se ha fusionado a profundidades mayores.

Sección C-C'

Los mecanismos (Figura 18) ubicados entre 60 y 100 km sugieren un régimen compresivo (1C, 2C) al igual que los ubicados a profundidades de 210 km (5C y 6C), posiblemente provocados por la resistencia del medio.

Sección D-D'

En la Figura 19 podemos observar que el mecanismo inverso cercano a la trinchera (1d) está posiblemente asociado a la zona de acoplamiento de las placas Cocos y Norteamérica. Nuevamente con tensión a los 140 km (2d), originados quizá por la “caída” de la placa a esta profundidad. Se observan mecanismos focales que sugieren compresión entre 170 y 240 km (3D, 4D, 5D), que al igual que las secciones B-B' y C-C' pueden ser producidos por la resistencia del medio.

No se observan sismos abajo de 280 km (según la sección A-A') por lo que podemos pensar que la profundidad máxima de la placa sea de este orden.

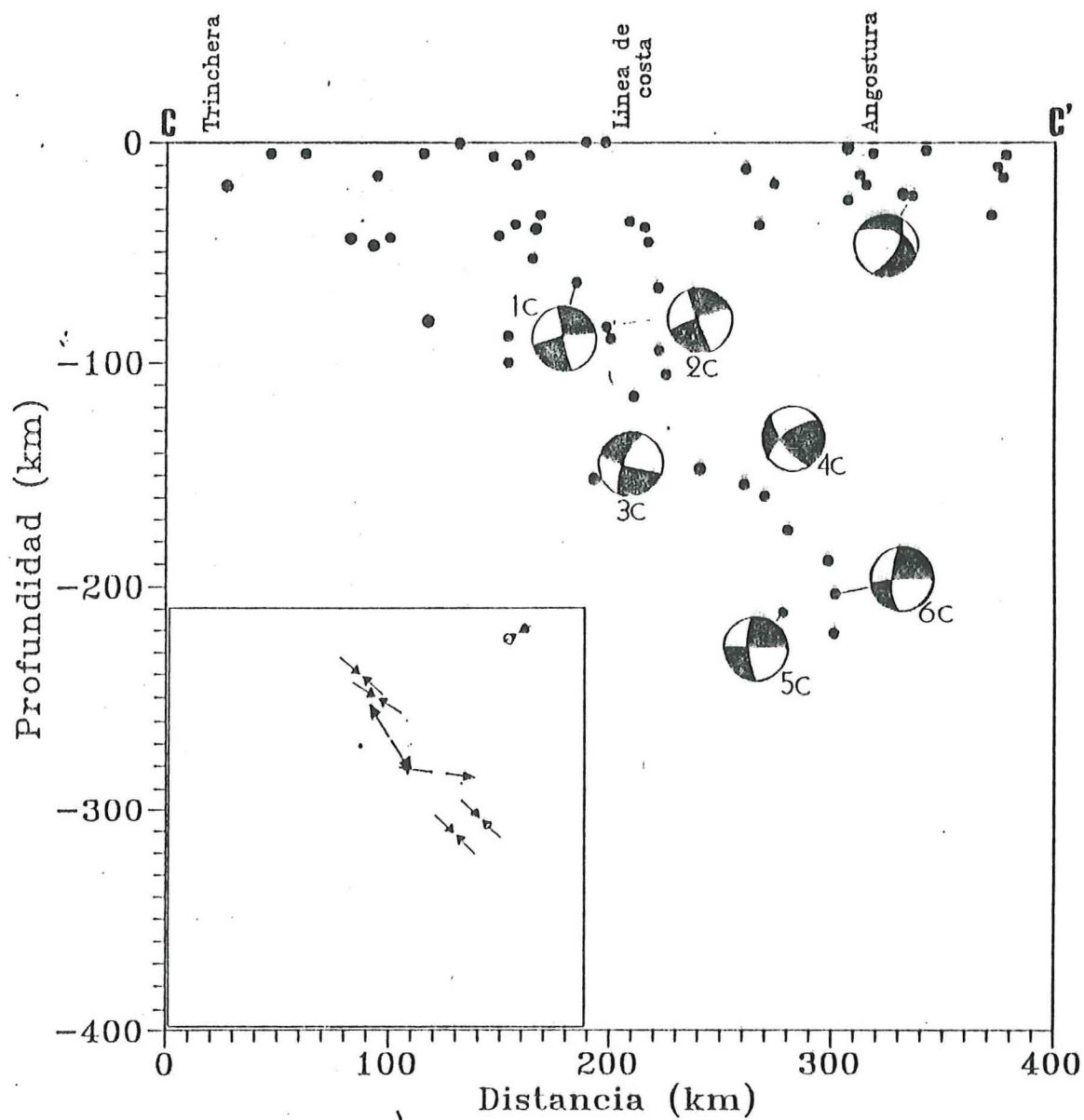


Fig. 13 Vista lateral de mecanismos focales correspondiente a la sección C-C'.

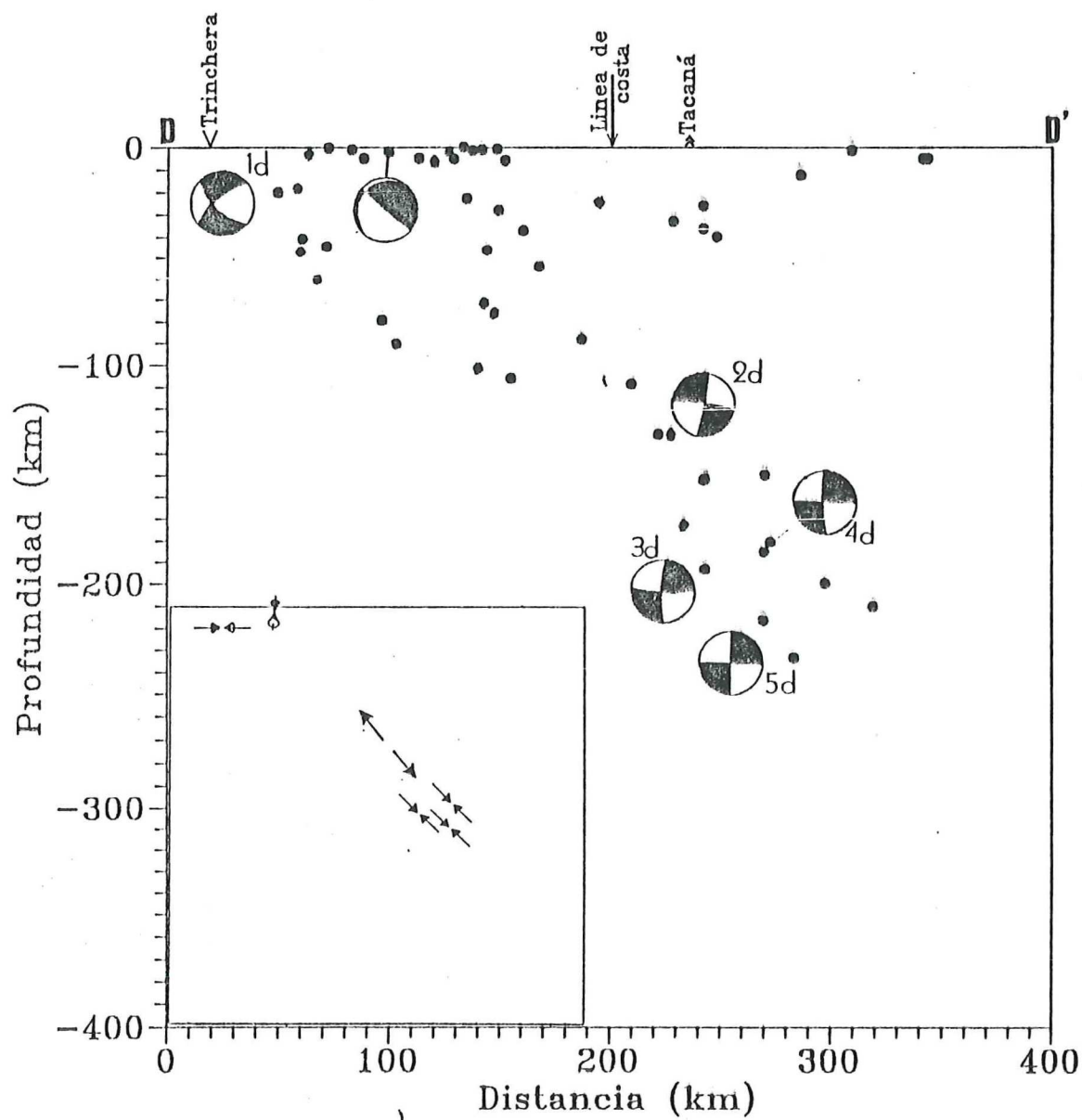


Fig. 19 Vista lateral de mecanismos focales correspondiente a la sección D-D'.

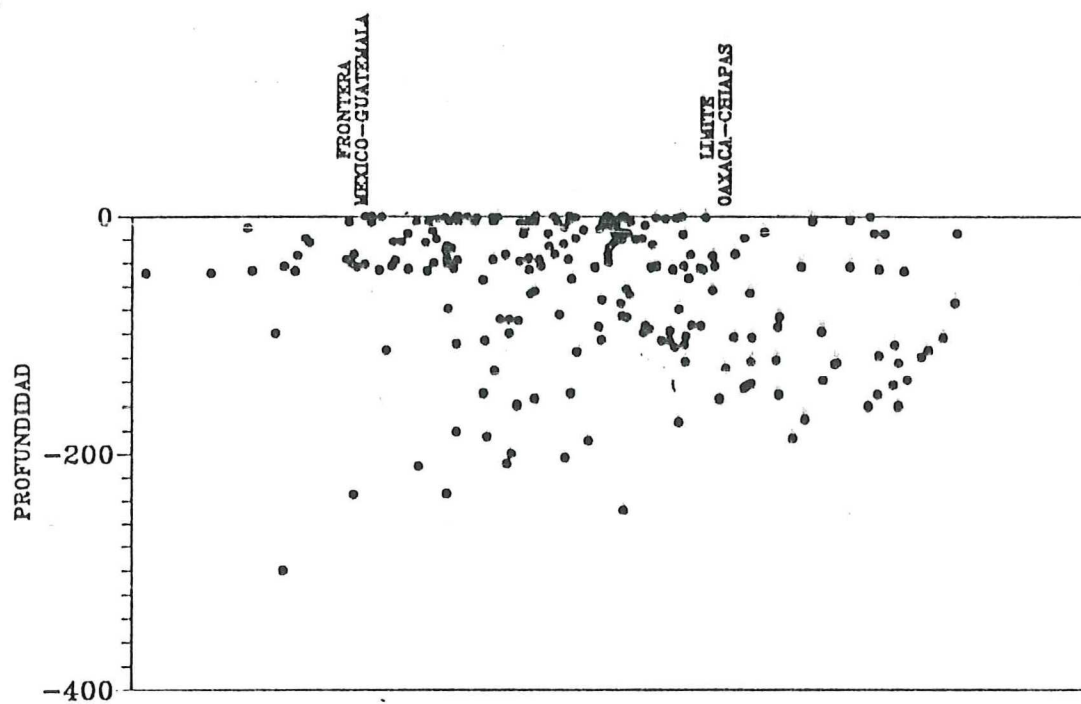
Por otro lado Isacks y Molnar (1969) sugieren que el régimen de esfuerzos en los límites de placas son de tipo compresivo, lo que concuerda en parte con la idea de profundidad máxima.

Como ya se mencionó, el régimen de esfuerzos de tensión se encuentra alrededor de 150 km de profundidad (secciones C-C' y D-D'), así como de compresivos en la "punta" de la placa, por lo tanto entre ellas debe haber una región de esfuerzo nulo (o muy pequeño). En la sección C-C', y D-D' pareciera que esto sucede, sin embargo, esto también puede ser debido a causa de la poca información con que se cuenta.

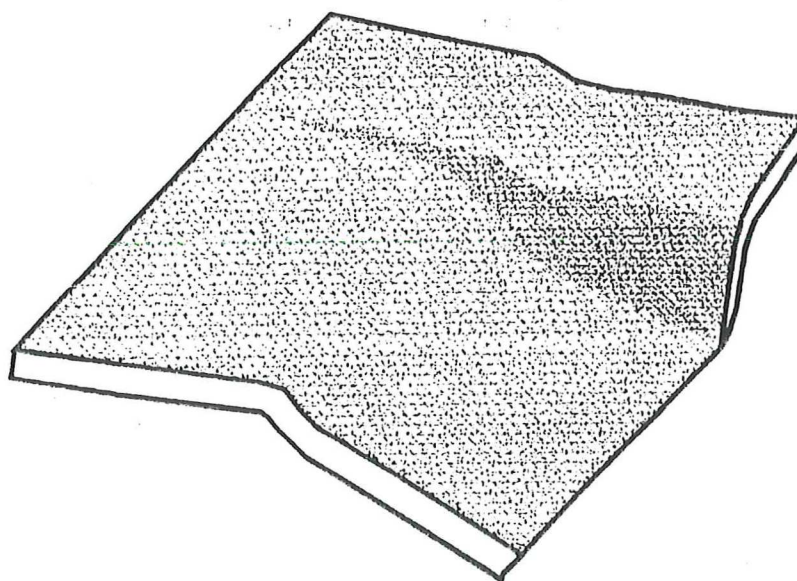
La Figura 20(a) muestra una sección paralela a la trinchera para la región de interés con datos generados por la red. La Figura 20(b) corresponde a un croquis de la subducción en la región de estudio, ésta se realizó utilizando los resultados de Pardo y Suárez (1995) que sugieren la variación lateral de 25 grados en la región de Oaxaca, a 30 grados hacia el Istmo de Tehuantepec y los resultados del presente trabajo que indica un ángulo de buzamiento de 40° para la parte correspondiente a Chiapas.

III.6 Parámetros de fuente

Se analizaron los registros de 14 eventos registrados en dos o más estaciones digitales. Para cada evento se seleccionaron ventanas de tiempo conteniendo el tren de ondas S. A esta ventana se le calculó el espectro de amplitud por medio de la transformada rápida de Fourier (FFT). La Figura 21 es



(a)



(b)

Figura 20 (a) Perfil de la sismicidad paralelo a la trinchera usando datos de la red de Chiapas.
 (b) Croquis de la placa subduccionada en la región de Chiapas.

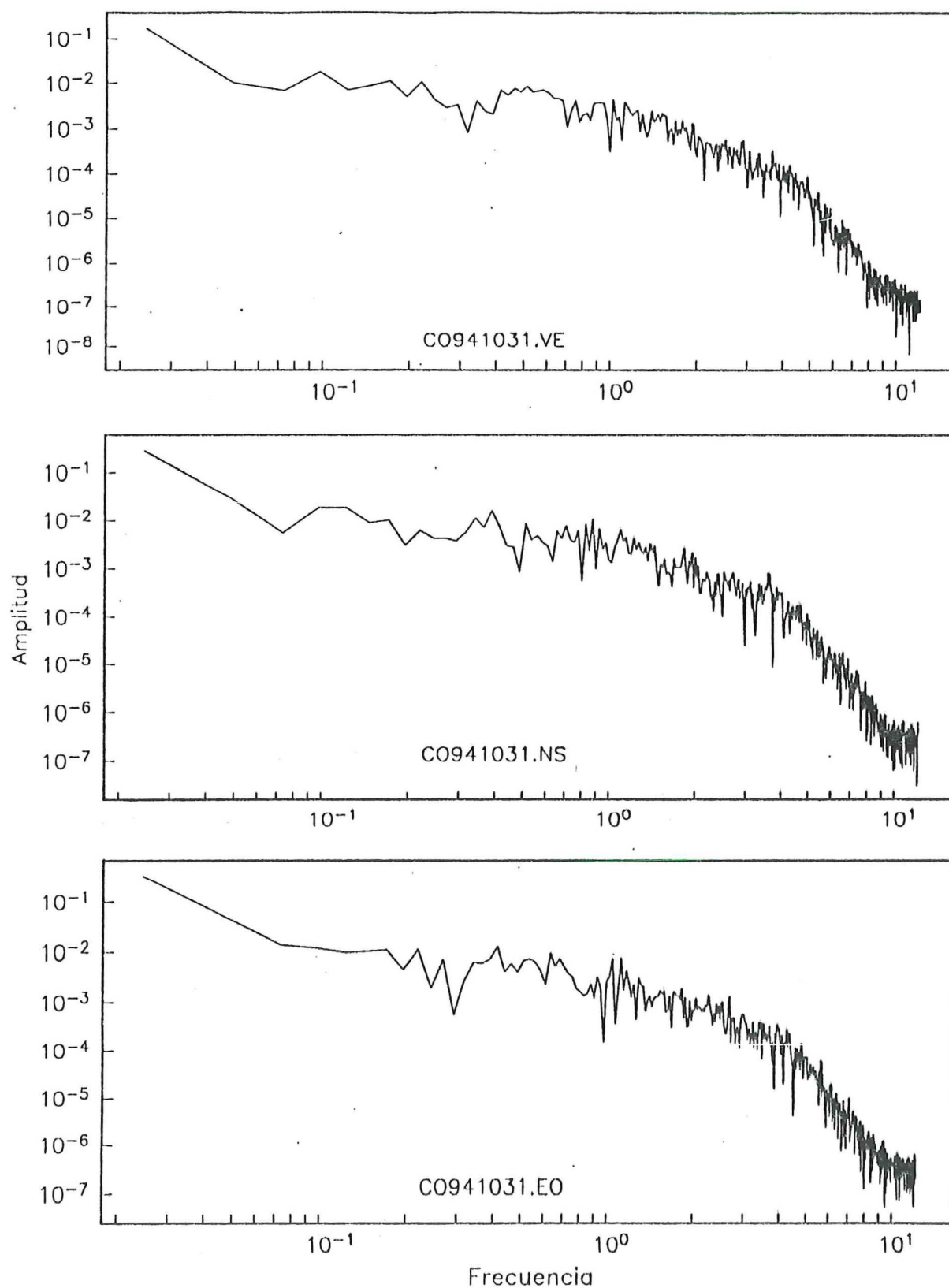


Fig. 21 Ejemplo de espectro de Fourier.

un ejemplo de un espectro de Fourier de un sismo registrado en la estación Comitán. Del espectro de desplazamiento se ajustó visulamente la parte plana del espectro (Ω) y la frecuencia de esquina f_c . La corrección del patrón de radiación se realizó como el promedio de la raíz cuadrática media sobre una esfera unitaria, dada por 0.62. Los espectros de Fourier fueron corregidos por un factor de $Q=350$ válido para la parte occidental de Chiapas (Payero, 1995) independientemente de la frecuencia. Además se corrigió por un factor de 2 por la amplificación de las ondas SH en la superficie. Para el cálculo del momento sísmico, dimensión de la fuente y caída de esfuerzos suponemos una velocidad de las ondas S de 3.5 km/s y una densidad de 2.9 g/cm³ para eventos someros, y para eventos profundos utilizamos una velocidad de 4.4 km/seg y densidad de 3.37 gr/cm³ en ambos casos tomados del modelo de Gutenberg (Aki y Richards, 1980). Estos valores de la velocidad de las ondas S y la densidad son los valores en la fuente. El cálculo de parámetros de la fuente es preliminar y sería conveniente analizar una mayor cantidad de sismos para estudiar la tendencia de caída de esfuerzos como función de la profundidad. El estudio de la caída de esfuerzos es de vital importancia, ya que está directamente relacionado con las aceleraciones producidas por el sismo, y por lo tanto útil para fines de riesgo sísmico.

La tabla VII muestra los parámetros de fuente de los eventos analizados y la figura 22 corresponde a la gráfica de momento sísmico contra radio de la fuente. Los momentos sísmicos obtenidos, están en el rango de 9.80×10^{20} a

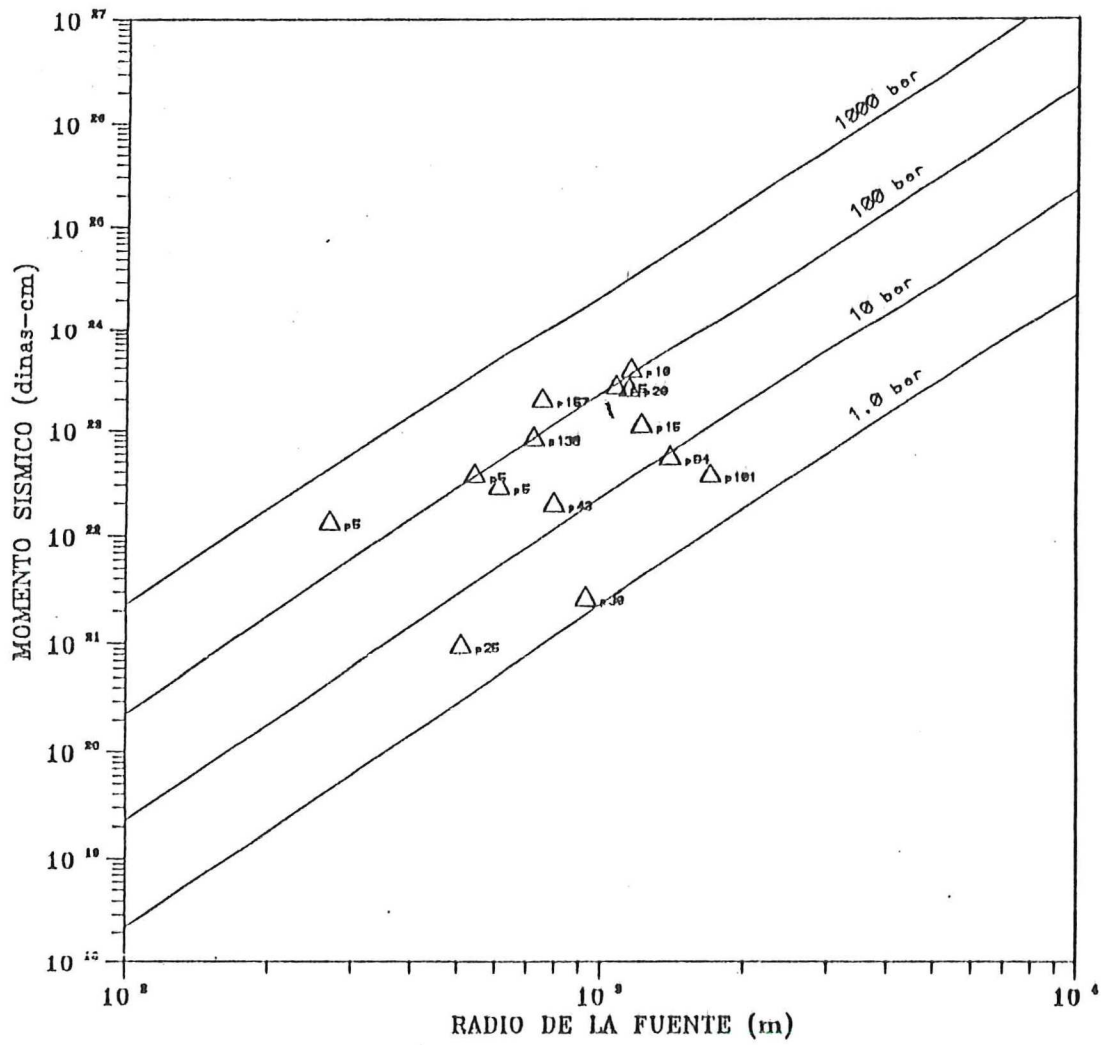


Fig. 22 Gráfica de momento sísmico vs radio de la fuente, las etiquetas corresponden a la profundidad.

2.65×10^{23} dinas-cm, y la caída de esfuerzo en el rango de 1.5 a 310 bares, no se observa una tendencia definida a incrementarse o disminuir con la profundidad, sin embargo, son pocos los eventos incluidos en este análisis, por lo que se sugiere un estudio detallado al respecto, con mayor número de eventos.

Tabla VII. Parámetros de fuente.

FECHA	HORA (GRAD.-MIN)	LONG(GRAD-MIN)	PROP.	Mo(dinas-cm)	r(m)	$\Delta\sigma$ (bar)
941031	172254.7	15-09	93-54 005	2.65E+23	1148	76.6
941203	045303.9	14-07	92-49 005	2.8E+23	1076	98.3
941207	013330.5	15-07	93-49 026	2.71E+21	933	1.5
941219	084129.9	15-34	94-43 019	1.18E+23	1221	28.0
950120	112914.0	14-12	92-40 005	3.89E+22	544	105.7
950126	231709.3	14-10	93-21 005	3.004E+22	611	57.6
950420	135733.4	15-44	95-33 043	2.06E+22	797	17.8
950313	044248.3	14-41	92-59 106	3.902E+22	1700	3.5
950127	162448.3	14-05	92-20 005	4.044E+23	1160	113.3
941116	173246.0	15-15	92-44 131	8.768E+22	723	101.5
941227	055939.7	14-10	92-17 005	1.395E+22	270	310.0
950418	154126.6	15-55	93-08 012	9.872E+20	510	3.3
941123	145512.7	15-00	92-56 088	5.82E+22	1400	9.3
941130	050313.8	15-43	92-49 154	2.06E+23	753	211.0

IV. CONCLUSIONES

El estudio de la sismicidad de fondo asociada a la zona de Benioff-Wadati, en la interfase de las placas de Cocos y Norteamérica, permitió definir la geometría de la zona de subducción, dirección de los esfuerzos principales y los parámetros de fuente para algunos de los sismos registrados en formato digital para la región de Chiapas, sin embargo, sería conveniente analizar mayor cantidad de sismos.

La sismicidad analizada incluye el periodo de junio de 1994 a mayo de 1995, de la red sismológica instalada desde abril de 1994. De ésta se estudiaron 321 temblores con magnitudes en el rango de 3.5 a 5.5, que definieron adecuadamente la zona de Benioff-Wadati al sureste del Istmo de Tehuantepec, sin embargo, al noroeste no está bien definida. Esta variación sugiere el cambio de pendiente en el buzamiento de la placa subducida, de Oaxaca hacia Chiapas.

Aunque no se obtuvieron suficientes soluciones de mecanismo focal a profundidades menores de 40 km, los esfuerzos al sureste del Istmo de Tehuantepec sugieren compresión, con tensión en la zona de doblamiento. Entre 170 y 240 km, los esfuerzos principales sugieren que la placa oceánica está bajo un régimen compresivo, con los esfuerzos principales en dirección de la subducción.

La zona de Benioff-Wadati tiene un ángulo de $40^\circ \pm 3^\circ$ grados en la zona de Chiapas. Los sismos localizados no permiten definir con claridad el ángulo en

la región noroeste, donde Pardo y Suárez (1995) sugieren la variación lateral de 25° en la región de Oaxaca, a 30 grados hacia el Istmo de Tehuantepec. Es necesario en el futuro estudiar la variación del ángulo de buzamiento de la placa de Cocos así como la dirección de los esfuerzos en la región donde la dorsal de Tehuantepec se subduce.

Aplicando la teoría de Brune (1970) a 14 eventos con momentos sísmicos en el rango de 9.80×10^{20} a 2.65×10^{23} dinas-cm, se determinan caídas de esfuerzos en el rango de 1.5 a 310 bares, no se observa una tendencia definida a incrementarse o disminuir con la profundidad, sin embargo, son pocos los eventos incluidos en éste análisis, por lo que se sugiere un estudio detallado al respecto, con mayor número de eventos.

BIBLIOGRAFIA

- Aki, K. y P. G. Richards. 1980. Quantitative seismology: Theory and methods. 1:557 pp.
- Aubouin, J. 1982. The Middle America trench in the geological framework of Central America. En : Sedlock, R. L., Ortega-Gutierrez, F. and Speed, R. C. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico. Special paper *Geol. Soc. Am.* **278**: 153 pp.
- Archuleta, R. J., E. Cranswick, C. Mueller y P. Spudich. 1982. Source parameters of the 1980 Mammoth Lakes, California, earthquake sequence. *Journal of geophysical Research*. **87**: 4595-4607 p.
- Astiz, L. y H. Kanamori. 1984. An earthquake doublet in Ometepepec, Guerrero, Mexico. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. **34**: 24-25 p.
- Astiz, L. 1987. I.- Source analisis of large earthquakes in Mexico II.- Study of intermediate depth earthquakes and interplate seismic coupling. California Institute of Technology. Ph. D. thesis. 284 pp.
- Burkart, B. 1983. Neogene north american-caribbean plate boundary across northern central america:offset along the Polochic fault. *Tectonophysics*. **99**: 251-270 p.
- Burkart, B., B. C. Deaton, G. Dengo y G. Moreno.1987. Tectonic wedges and offset of Laramide structures along the Polochic fault of Guatemala and

- Chiapas, Mexico-reaffirmation of large Neogene displacement. *Tectonics*. **6**: 411-422 p.
- Brune, J. N. 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *Journal of geophysical Research*. **75**: 4997-5009 p.
- Capaul, W. A. 1987. Volcanoes of the Chiapas volcanic belt, Mexico. MS Thesis, Michigan Technological University.
- Castro-Escamilla, R.R. 1980. Un modelo de la corteza terrestre para el sur de México mediante el usos de sísmos profundos. Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 75 pp.
- Chael, E. P. y G. S. Stewart. 1982. Recent large earthquakes along the Middle American Trench and their implications for the subduction process. *Journal of Geophisycal Research*. **87**: 329-338 p.
- Couch, R. y S. Woodcock. 1981. Gravity and structure of the continental margins of southwestern Mexico and northwestern Guatemala. *Journal of Geophysical Research*. **86**(B3): 1829-1840.
- Dean, B. W. y C. L. Drake. 1978. Focal Mechanism solutions and tectonics of the Middle America Arc. *J. Geol.* **86**; 111-128 p.
- Deaton, B. C. y B. Burkart. 1984. Time of sinistral slip along the Polochic fault of Guatemala, En: Carlson, R. L. and Kobayashi, K., eds.. Geodynamics of back-arc regions. *Tectonophysics*. **102**: 297-313 p.

- Delgado-Argote L. A. y Carbadillo E. A.. 1990. Análisis Tectónico del sistema transpresivo neogénico entre Macuspana Tabasco y Puerto Angel, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. de Geología, Revista, 9(1): 21-32 p.
- Dengo, G. 1989. La posición de Chiapas en relación a las placas litosféricas. En: Geología del estado de Chiapas. Comisión Nacional de Electricidad. Primera Edición. México D. F. 192 pp.
- Figueroa, J. 1976. Sismicidad de Chiapas. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Fisher, R. L. 1961. Middle America Trench: topography and structure. *Geol. Soc. Am. Bull.* 72: 703-720 p.
- Gose, W. A. y D. K. Swartz. Paleomagnetic results from Cretaceous sediments in Honduras, tectonics implications in Geology. En: De la Rosa Z. J.L., Ebo M. A., Dávila S. M..1989. Geología del estado de Chiapas. Comisión Nacional de Electricidad. primera edición. México D. F. 192 pp.
- Havskov, J., S. K. Singh, y D. Novelo. 1982. Geometry of the Benioff in the Tehuantepec area in southern Mexico. *Geof. Int.* 21: 325-330 p.
- Hanus, V. y J. Vanek. 1978. Subduction of the Cocos Plate and deep active fracture zones of Mexico. *Geof. Int.* 17:
- Isacks, B. y P. Molnar. 1969. Mantle earthquake mechanisms and the sinking of the lithosphere. *Nature.* 223: 1121-1124 p.

- Isacks, B. y P. Molnar. 1971. Distribution of stresses in the descending Lithosphere from a global survey of Focal-Mechanism solution of Mantle Earthquakes. *Reviews Geophys. Space Phys.* 9. 103 pp.
- Lee W.H.K y J.C. Lahr. 1972. HYPO71: A computer program for determinig hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U.S. Geol. Surv. Open-File Report, 100 pp.
- Matumoto, T., M. Ohtake, G. Latham y J. Umana. 1977. Crustal Structure in Southern Central America. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **77**(6): 2095-2114 p.
- McCann, W., S. Nishenko, L. Sykes, y J. Krause. 1979. Seismic gap and tectonics: seismic potential for major boundaries. *Pageoph.* **117**: 1082-1147 p.
- McKenzie, D. P. y W. J. Morgan. 1969. Evolution of triple juntions. *Nature.* 224: 125-133 p.
- McNally, K. C. y B. Minister. 1981. Nonuniform seismic slip rates along the Middle America trench. *J. Geophys. Res.*, 86: 4949-4959 p.
- Mercado, R. y W. I. Rose. 1992. Reconocimiento geológico y evaluación preliminar de peligrosidad del volcán Tacaná, Guatemala/México. *Geof. Int.*, **31**(3): 205-238 p.
- Minster, J. B. y T. H. Jordan. 1978. Present day plate motions. *J. Geophys. Res.*, **83**(11): 5331-5354 p.

- Molnar, P. y L. R. Sykes. 1969. Tectonics of the Caribbean and Middle America from focal mechanism and seismicity. *Geol. Soc. Am. Bull.* **80**: 1639-1684 p.
- Nixon, G. T. 1982. The relationship between Quaternary volcanism in central America and the seismicity and structure of subducted ocean lithosphere. *Geol. Soc. Am. Bull.* **93**: 514-523 p.
- Pardo, M. y G. Suárez. 1995. Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: seismic and tectonics implications. *J. Geophys. Res.* **100** (137): 12357-12372 p.
- Payero de Jesús, J. S. 1995. Estudio del factor de calidad Q_c en el Istmo de Tehuantepec, México. Tesis de Maestría. Instituto de Geofísica UNAM.
- Sanchez-Barreda, R. A. 1981. Geologic Evolution of the Continental margin of the gulf of Tehuantepec, in south-western Mexico. University of Texas at Austin. disertación doctoral (Inédita). 191 p
- Singh, S. K., L. Astiz, J. Havskov. 1981. Seismic gaps and recurrence periods of large earthquakes along the mexican subduction zone: a reexamination. *Bull. Seism. Soc. Am.* **71**(3): 827-843 p.
- Suárez G., J. P. Ligorria, L. Ponce. 1992. Preliminary crustal structure of the coast of Guerrero, Mexico, using the minimum apparent velocity of refracted waves. *Geof. int.* **31**(3): 247-252 p.

- Shipley, T., K.J. McMillen, J.S. Watkins, J.C. Moore, J.H. Sandoval-Ochoa and J.L. Worzel. 1980. Continental margin and lower slope structures of the Middle American trench near Acapulco (México). *Marine Geol.* **35**: 65-82p.
- Stoiber, R. E., y M.J. Carr. 1977. Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America. *Bull. Volcanol.* **37**: 304-325 p.
- Udias, A. y D. Muños. 1989. Física de la Tierra. *Universidad Complutense de Madrid*. 376 pp.
- Watkins, J. S., K.J. McMillen, S. B. Bachman, T. H. Shipley, J. C. Moore, , and Angevine Charles. 1982. Tectonic synthesis, Leg66 transect and vicinity: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. **66**: 837-849 p.
- Yamamoto, J. and B.J. Mitchell. 1988. Rupture mechanics of complex earthquakes in southern Mexico. *Tectonophysics*, **154**: 25-40 p.

APENDICE I

FECHA	h-	m-	s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	.RMS	EH	EP.
940603	0342	46.58	16-38.79	93-32.53	173.58	4.15	0.92	7.2	7.0	
940603	2023	18.01	13-45.67	92-28.77	005.15	4.96	0.18	2.5	1.3	
940604	1802	36.89	16-55.46	95-09.53	200.00	4.22	0.91	7.3	2.1	
940604	1902	42.98	14-51.48	90-52.57	046.63	4.39	0.00	8.6	3.4	
940604	2230	53.96	14-30.04	90-50.00	224.67	4.64	0.54	2.7	6.5	
940604	2231	33.19	15-54.40	93-40.48	008.07	4.57	0.72	0.9	0.9	
940607	0213	04.90	15-06.80	94-40.54	010.50	4.63	0.63	1.1	3.5	
940607	0845	55.68	13-57.40	93-12.02	019.99	4.55	0.44	8.7	5.0	
940608	0623	32.05	16-54.32	94-34.16	177.68	4.42	0.37	4.5	8.9	
940609	0039	28.36	15-26.99	91-41.49	023.99	-----	0.55	1.2	9.6	
940609	1223	27.44	15-52.57	94-24.88	081.19	4.31	0.02	5.3	5.9	
940616	1618	15.81	15-33.44	93-31.86	087.47	4.17	0.27	4.7	9.8	
940616	2140	09.34	15-47.48	94-17.76	075.98	4.02	0.16	5.3	8.7	
940617	1627	36.75	15-11.49	91-47.60	005.59	4.64	0.49	2.6	6.0	
940620	1013	03.59	14-47.53	94-39.22	042.87	-----	0.34	4.7	8.6	
940622	0206	35.78	15-44.32	92-40.00	159.81	4.27	0.79	9.1	9.5	
940624	0609	51.14	15-02.26	92-03.59	022.22	-----	0.35	6.3	8.3	
940624	0823	06.27	15-23.30	93-57.34	023.00	4.70	0.59	3.9	7.0	
940624	1452	33.50	16-49.09	94-03.14	145.18	4.15	0.35	6.8	5.6	
940627	1333	29.52	17-18.75	95-34.18	015.05	4.57	0.35	4.9	8.6	
940629	1422	17.43	13-44.94	91-24.30	101.50	4.66	0.99	7.8	9.4	
940701	1636	28.11	15-53.87	94-19.79	154.83	4.67	0.35	9.9	8.2	
940704	2136	59.30	13-02.43	92-51.98	101.50	5.56	0.22	7.8	5.6	
940709	0730	18.07	14-27.00	92-26.89	017.90	4.53	0.60	8.9	7.9	
940710	1539	19.94	14-33.56	93-45.51	045.18	4.48	0.44	3.9	9.5	
940711	1530	36.46	18-33.40	93-41.19	010.50	4.78	0.49	4.5	3.2	
940711	1951	48.93	13-16.85	91-53.85	049.00	4.86	0.04	1.4	4.5	
940712	1046	11.24	14-03.27	92-56.72	002.33	4.63	0.45	2.6	3.0	
940716	0812	36.28	15-22.22	92-27.23	129.97	4.16	0.30	9.8	8.9	
940716	1257	30.52	15-41.74	95-10.47	022.06	4.14	0.16	7.9	5.6	
940717	0124	45.23	15-45.70	92-50.75	150.00	4.09	0.09	6.7	7.6	
940720	0043	36.53	15-14.00	94-20.26	072.00	4.49	0.77	5.7	6.7	
940723	0555	39.84	15-00.61	94-22.27	002.25	5.29	0.24	3.8	4.2	
940727	1635	25.87	16-06.43	95-14.16	046.79	4.08	0.50	6.7	5.8	
940729	2310	06.48	15-51.09	94-06.18	087.97	4.60	0.14	5.9	8.7	
940730	0926	21.04	13-38.67	91-56.37	040.50	4.28	0.16	9.9	6.2	
940731	0511	32.55	15-18.20	91-50.90	149.00	4.71	0.86	7.9	9.9	
940731	0611	44.49	15-51.40	94-28.90	016.80	4.35	0.00	2.3	4.3	
940805	1647	18.40	14-41.93	93-19.99	082.49	4.45	0.92	4.5	5.6	
940806	0515	44.20	15-27.24	95-34.67	054.33	5.36	0.93	5.4	6.8	
940806	1538	02.35	14-37.20	92-20.11	120.82	4.03	0.99	7.9	2.5	
940806	2152	56.41	14-30.11	93-27.22	048.00	4.40	0.59	4.8	9.4	
940809	1925	16.00	13-43.34	91-20.04	106.48	4.48	0.40	5.8	4.8	
940809	2356	55.25	13-54.50	93-13.32	060.50	4.14	0.31	2.1	4.2	
940810	0546	17.43	15-54.17	93-50.24	005.34	4.74	0.45	1.4	3.8	

FECHA	h-	m-	s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	RMS	EH	EP.
940816	1157	45.04	14-07.55	91-45.28	019.21	4.82	0.53	9.7	9.9	
940816	2115	41.32	13-54.45	93-12.39	005.29	5.17	0.56	5.8	5.2	
940817	1306	39.50	18-01.64	94-09.70	250.59	4.65	0.93	9.4	9.2	
940819	0714	38.55	14-52.92	93-11.34	005.98	4.18	0.04	4.5	2.5	
940819	0730	49.34	14-37.33	92-56.23	005.78	4.42	0.42	4.5	2.8	
940819	1533	50.74	17-33.27	94-45.32	045.92	3.95	0.18	2.3	9.3	
940819	1916	21.01	15-05.12	93-58.67	001.54	4.26	0.70	0.1	0.1	
940819	1947	23.52	13-32.03	90-43.78	048.67	4.28	0.22	4.7	7.3	
940820	1332	31.15	16-43.12	95-27.18	047.40	-----	0.91	6.5	7.2	
940820	1710	00.21	15-01.71	93-52.35	005.65	4.37	0.32	1.3	1.7	
940820	1716	59.03	15-06.67	93-10.73	064.43	4.60	0.28	2.2	2.3	
940821	1450	48.25	13-30.23	92-01.43	046.90	4.11	0.72	9.5	9.5	
940821	1541	16.43	15-36.96	92-26.63	150.00	4.18	0.25	9.2	9.9	
940821	1922	42.18	17-11.09	94-36.29	125.00	3.99	0.00	3.2	4.5	
940822	0455	41.56	14-22.58	92-40.00	046.59	3.85	0.91	1.9	2.5	
940822	0630	50.39	16-12.50	93-51.08	124.30	3.61	0.00	0.1	0.0	
940822	0827	51.17	14-45.50	93-01.21	037.37	3.99	0.78	8.9	6.3	
940822	1458	39.18	15-57.26	93-54.41	112.02	3.30	0.05	0.5	0.4	
940822	1837	43.71	15-04.01	93-57.65	005.21	3.71	0.36	0.7	1.0	
940822	2338	07.41	15-46.04	91-47.42	210.70	-----	0.00	1.9	1.6	
940823	0502	12.62	16-13.70	94-15.95	103.62	3.74	0.17	2.1	1.3	
940823	0628	20.10	15-39.37	94-44.04	066.45	4.04	0.78	1.3	2.3	
940823	0720	32.01	14-04.10	93-01.68	079.62	4.57	0.29	9.8	9.2	
940824	1251	13.14	11-00.77	92-40.00	249.00	4.35	0.06	3.2	8.2	
940824	1315	40.28	17-28.34	94-58.22	160.71	4.26	0.55	9.6	9.7	
940824	1655	46.04	15-44.34	93-37.29	015.00	4.03	0.14	9.8	8.9	
940824	1720	01.09	14-44.87	93-33.21	005.55	4.05	0.19	1.7	1.3	
940825	1923	41.82	15-34.87	93-51.21	099.48	3.54	0.06	1.6	0.7	
940825	2114	41.18	15-19.81	94-19.75	005.39	4.14	0.92	9.5	4.3	
940826	0400	29.43	13-52.89	93-10.84	044.73	4.57	0.37	9.1	7.8	
940826	0512	02.64	14-30.59	93-01.22	001.45	4.15	0.67	5.3	2.7	
940826	0611	47.71	13-59.54	92-14.95	032.95	4.06	0.62	8.9	8.9	
940826	0634	21.23	13-28.83	93-01.12	045.26	4.35	0.45	9.2	7.6	
940826	2128	20.70	16-30.07	93-37.69	080.17	3.48	0.16	1.3	1.6	
940827	0541	03.30	17-15.39	95-10.29	138.98	4.60	0.56	9.8	8.6	
940827	2303	59.44	16-49.61	94-41.58	139.17	5.08	0.01	3.9	3.2	
940828	0149	34.41	15-44.96	94-37.83	145.91	4.24	0.28	2.2	7.1	
940829	0916	35.51	16-12.00	94-25.87	142.06	4.15	0.85	9.1	5.7	
940829	1610	44.13	15-03.10	93-23.23	033.00	4.37	0.67	6.0	7.0	
940830	1936	26.43	16-46.24	92-25.26	005.84	4.30	0.99	1.2	4.9	
940902	1231	04.70	14-02.48	93-18.08	047.37	4.28	0.00	5.8	4.0	
940906	1103	20.40	13-49.12	91-40.53	086.97	4.70	0.50	5.4	7.5	
940906	1536	29.44	17-32.93	94-40.83	005.51	4.56	0.75	6.3	6.3	
940907	2036	28.00	13-24.41	92-02.65	010.40	4.56	0.41	7.9	6.5	
940908	2112	54.88	15-26.01	92-26.42	177.87	-----	0.74	9.5	7.9	

FECHA	h- m- s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	RMS	EH	EP.
940909	0856 51.93	13-58.74	91-50.11	042.96	4.64	0.65	5.6	7.6
940910	1327 02.79	13-59.01	91-49.99	027.27	-----	0.67	3.9	6.3
940914	0449 15.42	14-35.99	95-07.27	005.43	4.13	0.57	5.9	5.6
940914	1254 45.96	16-00.75	93-53.09	001.99	4.82	0.78	4.3	5.0
940917	0456 54.11	16-05.21	92-48.44	019.68	5.25	0.82	7.8	9.1
940917	0612 05.92	17-31.45	91-06.63	037.96	4.09	0.72	6.9	5.7
940917	0732 24.99	19-07.33	90-37.56	208.73	4.63	0.24	9.6	8.9
940918	0615 51.78	13-35.64	94-00.00	101.50	4.48	0.15	9.2	6.5
940920	0614 06.29	16-23.32	95-28.59	015.38	5.06	0.07	9.7	9.5
940922	0118 25.38	14-37.37	92-18.09	012.14	4.65	0.56	2.3	3.4
940922	0427 45.94	16-04.37	95-03.95	084.23	4.32	0.40	5.3	7.0
940924	0952 39.87	14-43.08	94-10.38	046.56	4.46	0.95	5.9	6.4
940924	1751 52.69	15-30.35	93-36.39	001.00	4.27	0.68	9.8	8.2
940924	1833 00.45	15-42.35	95-46.96	015.03	4.83	0.65	4.3	1.9
940925	1301 00.03	16-57.01	94-00.23	173.59	4.15	0.03	2.3	5.1
940926	1043 37.00	16-06.49	94-22.57	123.55	3.92	0.42	6.7	9.6
940927	1328 13.20	16-58.26	93-49.70	214.71	3.60	0.85	2.5	6.2
940927	2315 44.85	14-08.66	93-24.81	001.15	4.35	0.57	5.3	5.9
940930	0558 56.68	13-53.50	93-40.71	020.37	4.23	0.95	1.9	4.7
940930	1347 29.35	15-11.89	93-48.73	096.55	4.21	0.75	4.3	9.6
941002	0039 47.87	15-21.37	92-59.45	045.78	-----	0.45	8.2	4.1
941003	0047 38.17	15-51.89	94-35.73	043.59	3.86	2.49	9.3	2.6
941003	0644 49.19	14-27.00	93-10.29	090.40	-----	0.67	5.9	7.3
941003	1329 29.14	16-02.50	94-35.29	029.00	4.68	0.08	9.9	7.9
941004	1658 23.31	15-30.96	93-41.46	075.11	4.95	0.64	6.0	9.9
941005	0312 47.06	14-01.96	92-33.24	042.50	3.91	1.92	1.8	4.7
941005	0648 20.66	15-38.18	95-30.94	040.61	-----	1.67	5.3	8.4
941005	2257 13.03	16-10.65	92-49.77	203.72	3.29	0.24	5.9	4.5
941006	0153 30.68	14-38.92	93-58.12	043.80	3.82	0.55	5.8	3.7
941006	1008 05.13	15-46.93	93-57.69	106.46	4.06	0.07	1.4	1.3
941009	1445 41.71	17-12.03	95-05.06	143.27	4.21	0.00	2.2	4.9
941009	2100 48.18	17-21.00	95-10.29	177.49	-----	0.27	5.1	7.9
941012	2252 19.52	17-27.07	94-01.80	020.00	4.13	1.82	3.5	2.6
941013	1350 47.95	15-39.20	94-42.02	106.37	5.17	0.97	3.4	3.3
941014	1001 16.36	14-18.70	94-48.77	006.99	-----	0.98	8.9	1.4
941014	1427 10.48	16-07.93	94-01.90	097.28	-----	0.72	0.2	5.0
941016	1546 08.77	14-27.00	90-50.00	010.50	-----	2.38	3.1	5.0
941017	1108 51.64	14-45.45	93-01.25	101.50	4.46	0.82	2.3	5.7
941017	1756 51.96	15-28.49	93-14.91	152.15	4.16	1.10	6.5	9.4
941018	0307 32.33	11-47.34	90-50.00	121.06	5.06	0.83	5.0	7.9
941018	1125 52.45	16-08.90	93-58.54	041.66	4.80	0.54	9.4	4.3
941020	1452 49.39	13-57.93	91-32.63	043.06	4.47	0.55	9.5	5.1
941022	0404 56.14	14-00.15	92-41.13	111.20	4.31	0.52	6.3	3.6
941027	0143 57.68	14-31.41	92-31.46	072.00	-----	0.03	9.8	2.7
941027	0348 51.84	15-00.58	93-31.82	037.55	3.71	0.08	0.6	0.6

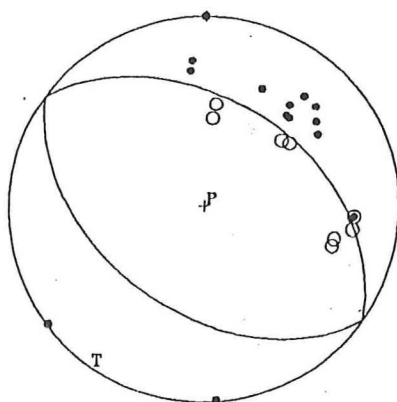
FECHA	h-	m-	s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	RMS	EH	EP.
941027	0526	25.59	16-11.23	94-26.66	103.89	3.58	0.00	9.4	2.0	
941027	0726	07.17	15-39.36	93-25.21	094.76	4.34	0.63	7.1	3.8	
941028	1257	25.83	14-57.17	94-02.86	016.06	4.72	0.82	7.1	8.8	
941028	1330	09.10	14-53.85	94-18.64	043.84	3.65	0.92	1.8	5.0	
941028	2323	16.87	13-46.11	93-11.51	041.11	4.62	0.57	4.2	1.3	
941029	0429	45.83	14-51.90	90-49.90	010.25	4.73	0.51	3.1	7.3	
941029	0903	54.84	15-38.91	93-37.56	085.95	4.12	0.85	4.6	5.6	
941029	1105	50.73	15-33.29	92-01.92	012.38	3.96	0.23	1.0	1.2	
941030	1520	14.32	15-13.38	93-07.40	005.05	3.89	0.60	2.1	2.6	
941030	1638	40.66	14-32.52	93-30.00	005.00	3.67	0.85	5.1	5.1	
941031	1722	54.71	15-09.27	93-54.38	020.74	5.06	0.83	2.9	5.6	
941101	0737	27.22	14-59.29	94-07.33	020.00	4.45	0.96	7.9	7.0	
941101	1714	08.09	15-51.96	93-32.03	063.13	4.37	0.38	9.0	6.0	
941101	1758	16.60	15-51.57	93-34.01	067.91	3.74	0.30	9.4	6.1	
941101	2124	42.13	15-41.53	93-25.35	105.58	3.96	0.68	2.0	0.9	
941102	0549	37.92	17-03.34	94-09.29	122.76	4.04	0.52	6.1	4.9	
941102	1130	53.86	14-09.07	93-25.23	005.62	4.53	0.50	3.4	4.6	
941103	2031	21.29	14-20.81	94-25.57	002.02	4.79	0.15	8.2	9.1	
941104	0116	49.31	14-13.89	95-09.03	045.76	5.33	0.04	7.5	3.2	
941104	0116	54.71	14-40.88	94-50.00	005.41	5.31	0.82	5.6	3.2	
941104	1723	19.33	15-28.92	93-20.03	115.46	4.21	0.41	2.4	4.2	
941105	0002	15.16	17-06.11	94-09.05	151.15	4.39	0.04	1.0	0.6	
941105	0002	16.07	16-53.82	94-09.37	156.75	4.38	0.49	4.5	9.8	
941105	1303	59.13	16-31.69	93-08.08	248.68	4.22	0.10	1.8	1.0	
941106	0450	00.38	15-47.99	92-49.17	037.95	3.48	0.55	3.4	1.2	
941106	1025	28.98	16-30.00	94-33.67	003.19	-----	0.64	2.3	4.5	
941107	0829	52.50	15-56.61	92-30.10	200.21	3.82	0.44	7.7	5.1	
941107	2129	43.29	16-11.16	94-50.00	005.31	4.09	0.41	1.2	5.2	
941108	1038	52.79	15-02.33	94-00.20	014.83	3.99	0.33	8.2	9.5	
941108	1554	10.29	15-32.28	94-55.60	013.95	3.66	0.36	4.0	2.9	
941109	1730	46.59	14-17.36	91-41.66	022.72	4.80	0.06	9.6	6.6	
941109	2014	43.29	14-30.46	92-17.73	022.17	4.52	0.35	9.1	7.7	
941110	0243	26.00	14-36.22	93-06.24	001.06	3.87	0.12	0.8	1.3	
941110	0413	25.72	16-01.42	94-39.46	063.77	3.74	0.41	3.1	6.9	
941110	1002	11.76	15-48.75	93-44.00	094.09	3.71	0.67	4.7	5.0	
941110	1159	40.98	15-53.20	94-05.75	093.53	3.99	0.29	3.9	1.7	
941110	1909	01.81	16-14.32	92-59.76	189.09	3.80	0.46	3.7	2.6	
941110	2140	38.14	13-45.37	90-38.32	070.22	4.31	0.26	3.6	7.6	
941111	0627	04.59	15-18.93	93-16.66	084.46	3.78	0.70	8.9	5.0	
941111	1414	33.74	17-41.44	95-02.46	120.03	-----	0.01	0.2	0.3	
941112	1232	50.46	17-26.69	94-59.20	125.34	4.22	0.13	3.3	3.3	
941113	1035	26.76	15-17.21	93-01.74	036.21	4.54	0.95	2.9	7.1	
941114	0250	43.26	15-34.98	93-42.23	086.63	3.78	0.31	2.3	2.2	
941115	0110	02.54	13-38.32	93-10.33	020.14	4.60	0.92	2.9	2.3	
941115	0603	21.85	15-00.00	93-30.00	010.00	3.99	0.75	9.7	4.7	

FECHA	h-	m-	s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	RMS	EH	EP.
941115	2347	00.17		17-20.16	95-00.99	110.14	3.68	0.00	4.8	5.3
941116	0732	10.39		16-51.05	94-01.07	144.27	3.90	0.03	1.1	0.4
941116	1732	46.09		15-15.81	92-44.63	131.50	5.02	0.79	2.8	3.1
941116	1858	30.07		14-23.94	92-54.45	005.11	4.71	0.93	8.7	7.1
941117	2208	55.66		15-57.04	94-08.07	093.92	4.22	0.44	3.6	4.1
941118	0156	53.61		16-09.62	92-41.70	026.23	3.71	0.82	3.0	3.0
941118	1156	01.97		17-35.53	94-43.40	151.28	3.84	0.29	4.2	3.9
941118	1836	13.55		16-00.00	93-43.33	043.00	4.23	0.40	2.2	3.7
941119	1604	45.62		14-45.72	93-09.67	100.00	3.86	0.76	1.5	2.4
941120	0119	06.42		14-55.06	94-43.46	044.86	4.11	0.94	7.1	5.2
941120	0527	31.48		16-06.71	94-54.99	043.56	3.84	0.30	3.3	9.7
941120	0601	19.96		16-31.84	93-04.92	013.34	3.65	0.00	4.9	6.3
941120	0835	14.26		15-37.58	92-28.23	185.60	3.70	0.47	9.6	6.4
941120	0853	24.40		15-15.00	92-13.20	040.20	4.27	0.38	3.1	2.7
941120	1541	59.09		16-48.37	93-51.71	129.59	3.66	0.66	2.9	3.7
941120	1556	31.07		14-46.33	93-18.31	006.30	4.21	0.49	3.9	5.0
941121	2102	20.45		16-02.18	90-45.33	010.50	3.92	0.12	2.9	4.1
941122	0556	07.15		16-29.66	94-30.46	086.75	3.97	0.21	4.6	1.8
941122	0700	59.76		15-53.12	93-43.67	096.73	3.61	0.65	4.7	5.0
941122	0836	20.89		16-04.10	94-11.27	042.84	4.41	0.49	3.7	2.0
941123	1455	12.74		15-00.19	92-56.74	088.51	5.02	0.46	2.1	2.7
941124	0306	02.06		15-15.00	92-20.00	026.10	4.25	0.35	1.9	1.6
941124	2333	55.14		16-37.28	93-04.53	005.20	3.58	0.25	1.8	2.0
941125	0216	54.70		17-03.90	92-36.74	011.26	3.70	0.30	5.0	2.3
941125	0357	21.07		15-17.71	91-35.30	041.32	4.15	0.47	7.7	6.8
941125	0430	35.50		15-13.28	94-09.88	001.61	-----	0.22	1.4	0.3
941125	0611	22.21		15-05.16	93-30.83	053.67	3.84	0.54	0.4	0.7
941126	0956	40.08		15-34.99	92-08.63	234.27	3.98	0.60	8.3	4.8
941126	1501	14.44		15-04.51	93-53.35	014.72	4.15	0.64	5.9	8.6
941126	1840	49.61		14-04.14	92-13.79	043.32	4.20	0.68	9.8	6.9
941127	0346	10.87		14-13.86	92-02.78	037.25	4.45	0.93	5.2	8.1
941127	0440	46.82		13-27.14	91-20.18	048.53	4.50	0.15	5.8	3.3
941127	0757	21.86		15-10.62	93-00.10	089.61	3.68	0.57	3.6	3.8
941127	0902	18.19		17-22.93	94-28.33	125.99	4.14	0.09	2.2	1.8
941127	1138	16.32		17-46.82	94-37.46	119.27	4.11	0.29	5.9	9.7
941128	0242	20.43		14-09.51	92-07.83	040.53	4.27	0.83	0.8	5.3
941129	0100	51.85		17-15.43	93-13.53	016.00	-----	0.32	0.6	1.6
941129	0324	24.54		16-31.42	93-00.45	008.07	3.45	0.01	0.1	0.1
941129	1133	22.53		17-31.72	94-40.66	160.84	4.15	0.35	9.8	7.0
941130	0503	13.84		15-43.81	92-49.47	154.63	5.00	0.57	3.6	4.4
941130	0522	49.70		15-51.06	91-33.84	101.50	-----	0.53	6.5	9.1
941130	1301	40.20		14-17.75	92-42.01	022.76	4.21	0.90	2.7	2.1
941130	1425	04.84		14-33.83	92-54.34	005.89	4.38	0.41	2.2	2.5
941130	2027	23.35		14-58.86	94-10.97	019.76	3.75	0.83	9.7	9.1
941130	2321	52.29		14-15.57	91-25.49	100.00	4.64	0.05	8.9	1.0

FECHA	h- m- s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	RMS	EH	EP.
941201	0505 40.08	14-33.56	94-19.60	005.01	4.04	0.90	9.6	3.7
941201	0748 58.39	15-21.60	92-47.03	033.15	3.28	0.32	4.3	2.1
941202	0945 48.02	15-33.80	93-30.52	005.01	4.16	6.46	8.4	9.0
941202	1707 35.28	15-44.62	93-26.28	000.06	3.49	0.33	1.7	3.2
941203	0453 03.96	14-07.78	92-49.22	005.01	5.17	0.84	9.9	8.1
941203	1950 47.11	15-52.66	94-28.62	033.00	4.62	0.77	4.5	2.6
941203	1950 49.28	15-00.89	92-24.93	025.00	4.64	7.80	1.9	3.4
941204	1016 30.61	14-30.39	91-11.68	101.50	4.14	0.11	8.9	4.3
941204	1415 08.15	14-30.82	93-50.41	150.00	3.97	0.52	0.1	0.2
941205	1012 02.09	16-57.79	94-36.06	099.01	4.05	0.04	8.9	5.6
941206	0102 23.32	17-56.56	93-57.42	004.62	4.15	0.18	9.6	9.7
941206	0646 38.70	15-13.84	91-33.12	271.43	3.98	0.19	8.2	3.1
941206	1643 59.22	16-12.00	93-15.18	006.44	3.71	0.24	9.5	8.8
941206	1910 11.31	14-54.23	91-14.21	034.02	4.24	0.78	8.4	8.3
941206	2119 56.72	17-21.26	94-13.89	171.29	4.08	0.23	3.2	2.4
941207	0133 30.50	15-07.66	93-49.30	026.93	4.25	0.65	4.1	3.5
941207	0910 04.24	15-13.30	93-49.73	004.34	4.11	0.25	1.0	0.7
941207	2101 40.91	16-28.17	94-30.42	095.01	4.36	0.71	8.2	5.6
941208	1831 39.35	15-13.40	93-41.84	072.13	3.86	0.10	0.6	0.6
941208	2229 32.48	15-31.99	92-15.38	181.08	3.55	0.87	7.0	8.0
941209	0907 42.12	15-06.97	93-48.87	039.64	4.02	0.48	2.0	1.7
941209	1611 36.34	15-58.99	93-50.97	098.25	3.58	0.77	5.7	6.1
941210	1135 27.37	16-40.82	94-08.98	124.00	3.56	0.16	2.0	1.4
941210	1619 20.99	16-22.91	93-59.21	034.64	5.60	0.04	5.9	1.5
941211	0056 29.96	17-20.74	94-07.82	187.02	4.11	0.00	8.1	3.6
941212	0556 05.92	15-01.17	92-33.10	108.75	3.93	0.15	1.6	1.3
941212	0848 24.42	13-58.04	93-47.79	005.01	4.15	0.92	5.3	2.8
941212	2303 51.47	14-46.76	92-55.27	054.51	3.70	0.01	0.1	0.2
941214	0405 11.07	15-00.00	93-51.48	010.00	4.22	0.97	9.0	7.6
941215	1216 03.75	13-20.64	92-50.55	046.00	4.35	0.97	3.2	6.2
941216	0555 08.52	15-23.91	92-58.82	066.74	3.76	0.27	6.9	3.1
941216	1103 57.04	14-50.78	93-23.18	042.74	3.90	0.69	8.7	9.7
941218	1204 29.77	17-40.80	95-06.47	114.71	4.46	0.29	5.3	8.1
941218	2048 20.24	15-15.14	93-47.37	022.69	4.18	0.10	1.2	1.0
941219	0113 05.03	16-00.00	94-00.00	053.00	3.50	0.38	2.3	1.3
941219	0318 21.59	17-23.38	95-24.13	104.07	4.38	0.14	5.6	9.0
941219	0841 29.97	15-34.41	94-43.94	019.05	-----	0.04	4.8	6.6
941219	1004 57.92	15-45.27	94-09.74	033.70	-----	0.09	3.2	8.7
941219	1006 21.52	14-07.84	94-29.96	019.87	4.24	0.36	9.8	9.0
941219	1032 04.51	16-53.06	93-41.97	063.98	3.98	0.88	2.6	4.7
941220	1859 49.74	15-58.08	93-59.79	102.77	3.80	0.53	3.2	3.0
941221	1655 07.44	17-15.73	92-57.37	024.94	4.59	0.28	7.1	2.4
941222	1241 43.70	13-52.50	91-54.49	101.50	3.98	0.48	5.4	6.9
941223	0402 19.12	16-02.90	93-44.30	106.02	3.73	0.24	2.8	2.2
941226	1535 25.08	16-02.88	93-56.11	109.80	3.75	0.19	3.8	2.7

FECHA	h-	m-	s	LATITUD N	LONGITUD W	PROF.	MAG	.RMS	EH	EP.
941227	0014	52.76		14-30.69	92-48.03	028.10	4.31	0.54	4.4	3.7
941227	0559	39.77		14-10.69	92-17.72	005.21	4.61	0.96	7.6	4.6
941228	0042	28.19		14-07.84	94-56.68	045.89	4.25	0.67	1.1	2.6
941230	1224	01.00		14-27.08	90-43.94	110.55	4.14	0.14	9.4	9.4
950101	0823	27.72		13-50.16	90-48.98	296.13	-----	0.21	9.2	9.5
950101	1214	10.28		13-15.40	91-42.31	044.97	-----	0.42	6.8	0.3
950111	0537	51.16		14-37.93	92-37.61	075.38	-----	0.38	2.6	1.4
950111	0537	51.16		14-37.93	92-37.61	075.38	-----	0.38	1.9	0.0
950111	0730	16.41		15-37.18	93-44.78	043.48	-----	0.42	7.4	3.8
950112	0733	49.02		14-57.73	94-23.92	066.95	-----	0.27	0.9	1.5
950116	0716	20.97		15-47.87	94-27.63	026.31	-----	0.32	9.6	0.0
950118	1925	26.19		15-49.21	95-30.91	045.20	-----	0.23	7.2	4.1
950120	0645	12.52		15-41.76	91-13.32	005.01	-----	0.52	4.0	7.8
950120	1129	14.09		14-12.73	92-40.00	005.14	-----	0.90	1.8	6.2
950123	0913	15.68		16-54.14	92-46.46	033.48	-----	0.98	3.8	9.2
950124	0319	45.65		16-01.62	94-24.65	108.12	-----	0.08	6.1	9.8
950125	0403	47.30		13-33.47	93-37.31	049.29	-----	0.78	5.9	2.9
950125	0403	55.85		16-04.72	91-52.36	005.01	-----	0.79	1.2	4.8
950125	1056	33.66		14-45.65	93-09.73	088.44	-----	0.75	9.5	9.8
950126	2037	18.48		16-19.57	92-49.83	019.27	-----	0.28	5.4	4.7
950126	2317	09.34		14-10.36	93-21.71	005.01	-----	0.23	9.3	5.8
950126	2357	02.48		16-12.00	91-15.42	114.00	-----	0.14	7.3	2.8
950127	0106	52.40		16-26.79	91-11.65	037.95	-----	0.09	8.9	6.3
950127	0119	48.23		15-34.84	93-09.26	006.41	-----	0.93	4.1	7.4
950127	0119	48.23		15-34.84	93-09.26	006.41	-----	0.93	3.2	5.4
950127	1039	28.90		16-05.97	91-56.58	005.01	-----	0.96	5.6	8.2
950127	1624	48.37		14-05.51	92-20.54	005.57	4.50	0.04	9.6	4.7
950129	0728	27.07		16-27.00	92-39.39	024.24	-----	0.05	0.6	0.8
950129	1221	29.95		16-58.10	92-27.54	001.41	-----	0.40	1.4	3.2
950215	0818	46.37		15-47.16	92-00.18	001.32	4.08	0.81	6.5	4.3
950313	0442	48.32		14-41.03	92-59.74	106.23	4.34	0.30	2.7	3.5
950406	1101	58.48		17-15.13	93-25.52	001.24	-----	0.89	2.3	5.1
950417	0739	46.79		16-36.99	92-13.54	011.04	-----	0.14	1.9	3.2
950417	1022	39.83		17-07.19	94-45.14	003.74	4.03	0.44	9.9	9.9
950418	1541	26.66		15-55.02	93-08.29	012.08	-----	0.56	0.3	0.8
950420	1357	33.42		15-44.25	95-33.15	043.63	-----	0.30	1.4	2.3
950426	0112	08.07		16-12.00	92-33.16	005.01	-----	0.04	4.3	8.0
950427	0506	56.99		14-18.59	91-28.18	043.00	-----	0.16	3.4	5.6

APENDICE II



15.165 93.883 15.00
 Φ δ λ

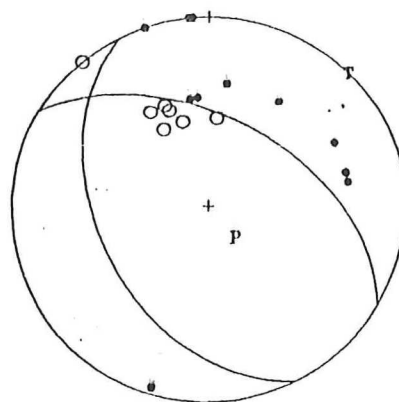
A: 305.0 44.0 -90.0

B: 125.0 46.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 215.0 1.0

P: 35.0 89.0



14.083 92.000 35.00
 Φ δ λ

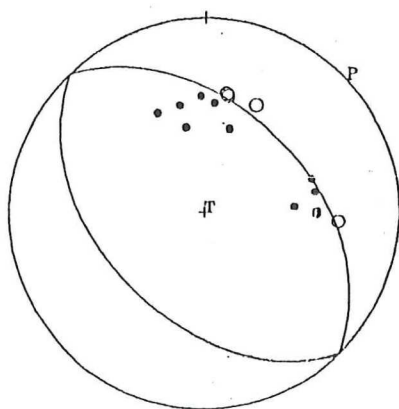
A: 300.0 52.0 -111.8

B: 153.0 43.0 -64.6

RUMBO BUZAMIENTO

T: 45.3 4.7

P: 150.2 72.3



13.833 93.280 10.00
 Φ δ λ

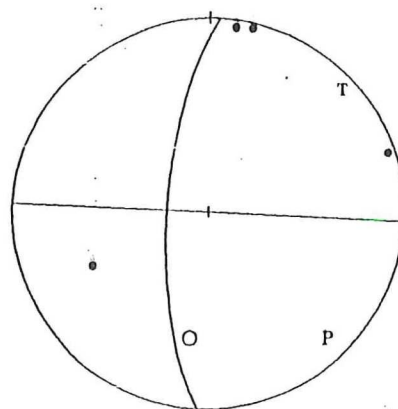
A: 316.0 45.0 90.0

B: 136.0 45.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 90.0 90.0

P: 46.0 0.0



16.500 93.083 20.00
 Φ δ λ

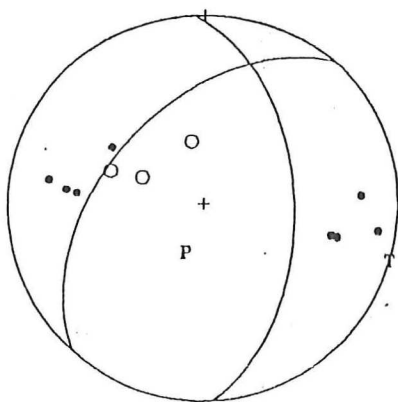
A: 183.0 73.0 0.0

B: 93.0 90.0 163.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 46.7 11.9

P: 139.3 11.9



16.591 94.706 159.04

Φ δ λ

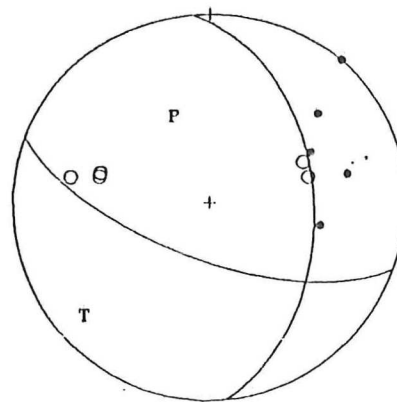
A: 222.0 48.0 -56.2

B: 357.0 51.9 -121.7

RUMBO BUZAMIENTO

T: 108.8 2.1

P: 203.4 65.5



15.858 94.581 14.69

PHI DIP RAKE

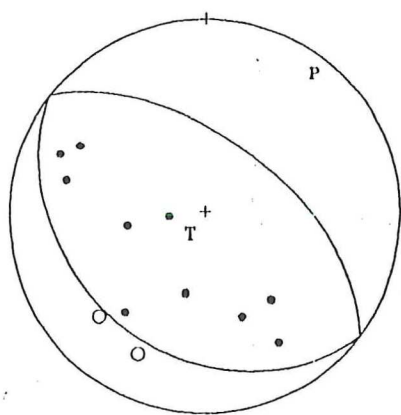
A: 355.0 46.0 -33.9

B: 110.0 66.4 -130.7

RUMBO BUZAMIENTO

T: 228.1 12.0

P: 333.2 50.8



15.416 93.466 85.33

Φ δ λ

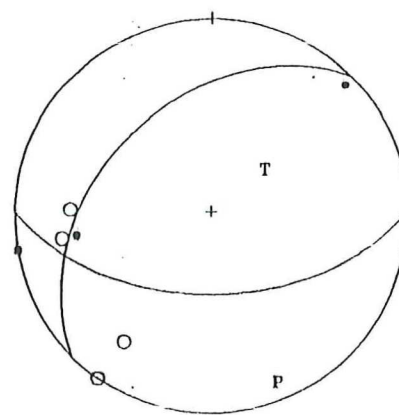
A: 127.0 31.0 90.0

B: 307.0 59.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 217.0 76.0

P: 37.0 14.0



16.450 92.776 20.00

Φ δ λ

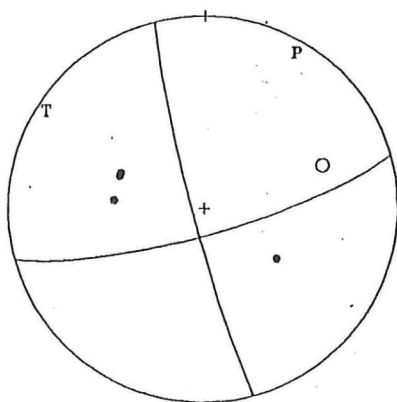
A: 225.0 42.0 53.4

B: 90.0 57.5 118.2

RUMBO BUZAMIENTO

T: 51.9 64.9

P: 160.2 8.4



16.013 93.885 5.00

Φ δ λ

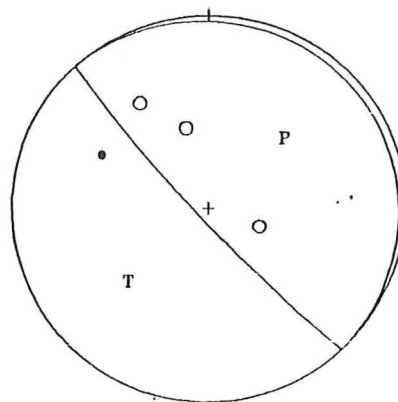
A: 165.0 85.0 -168.7

B: 74.0 78.7 -5.1

RUMBO BUZAMIENTO

T: 299.1 4.4

P: 30.0 11.5



17.102 94.151 151.15

Φ δ λ

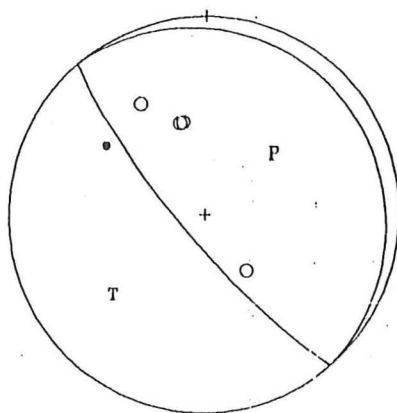
A: 137.0 85.0 -90.0

B: 317.0 5.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 227.0 40.0

P: 47.0 50.0



17.379 94.234 170.02

Φ δ λ

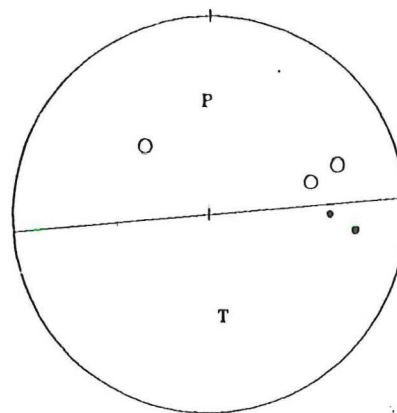
A: 139.0 80.0 -90.0

B: 319.0 10.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 229.0 35.0

P: 49.0 55.0



17.862 94.231 289.55

Φ δ λ

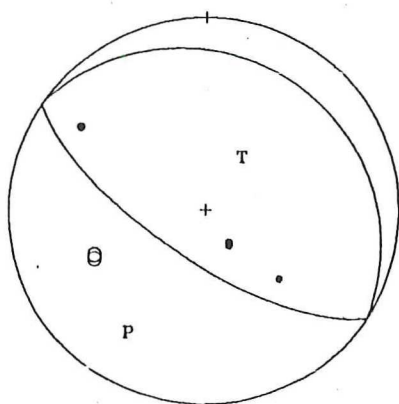
A: 85.0 90.0 -90.0

B: 265.0 0.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 175.0 45.0

P: 355.0 45.0



16.028 93.735 105.35

Φ δ λ

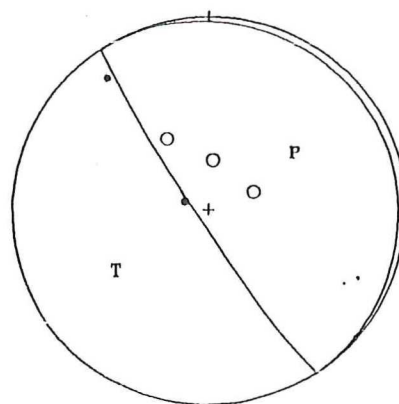
A: 123.0 69.0 90.0

B: 303.0 21.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 33.0 66.0

P: 213.0 24.0



16.528 93.135 248.68

Φ δ λ

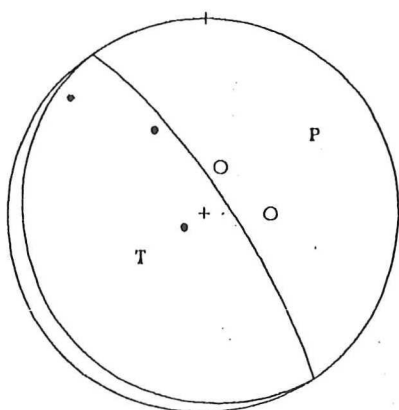
A: 146.5 85.0 -90.0

B: 326.5 5.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 236.5 40.0

P: 56.5 50.0



16.239 92.996 189.09

Φ δ λ

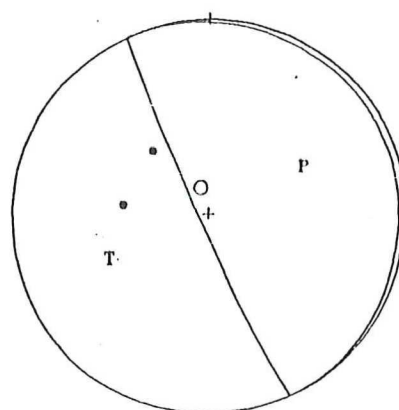
A: 325.0 80.0 90.0

B: 145.0 10.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 235.0 55.0

P: 55.0 35.0



16.533 93.988 192.20

Φ δ λ

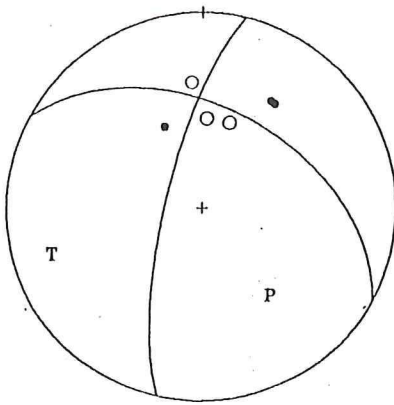
A: 155.0 86.0 -90.0

B: 335.0 4.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 245.0 41.0

P: 65.0 49.0



14.132 92.866 00.46

 Φ δ λ

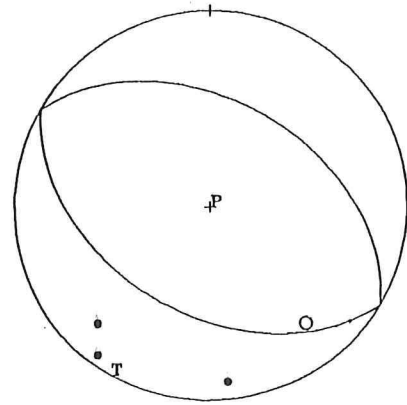
A: 298.0 47.0 -158.6

B: 193.0 74.5 -45.1

RUMBO BUZAMIENTO

T: 251.5 17.0

P: 145.4 42.2



15.133 93.766 54.02

 Φ δ λ

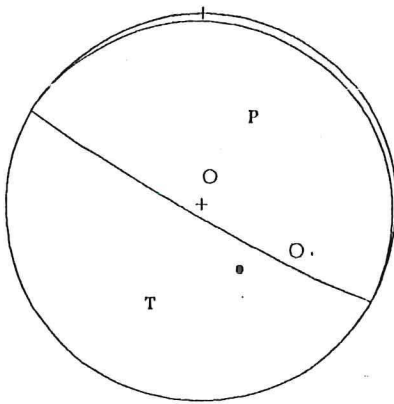
A: 120.0 45.0 -90.0

B: 300.0 45.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 210.0 0.0

P: 90.0 90.0



15.450 92.136 221.83

 Φ δ λ

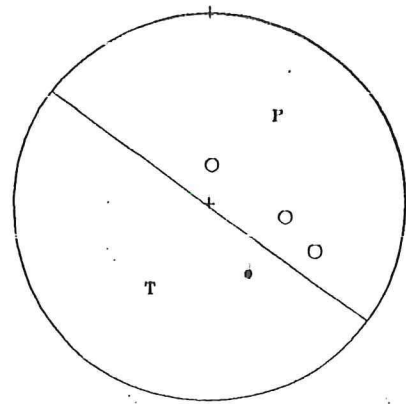
A: 119.0 85.0 -90.0

B: 299.0 5.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 209.0 40.0

P: 29.0 50.0



15.521 92.226 182.02

 Φ δ λ

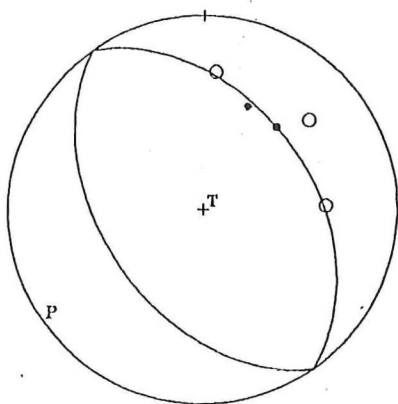
A: 126.0 89.0 -90.0

B: 306.0 1.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 216.0 44.0

P: 36.0 46.0



15.010 94.004 9.09

Φ δ λ

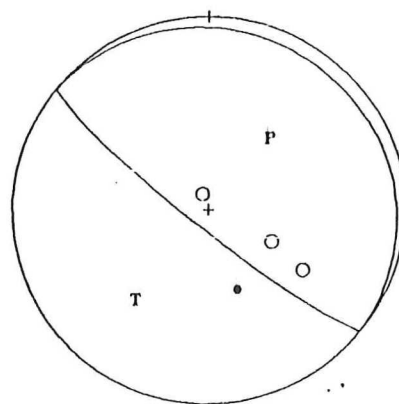
A: 325.0 43.0 90.0

B: 145.0 47.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 55.0 88.0

P: 235.0 2.0



15.250 92.333 195.51

Φ δ λ

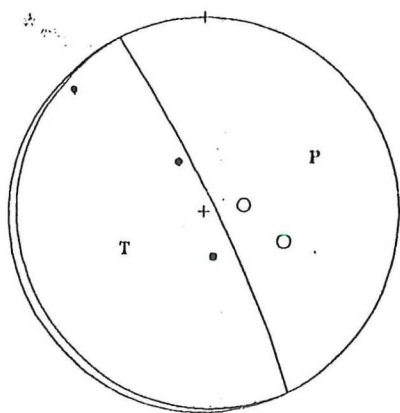
A: 129.0 82.0 -90.0

B: 309.0 8.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 219.0 37.0

P: 39.0 53.0



15.782 92.619 213.00

Φ δ λ

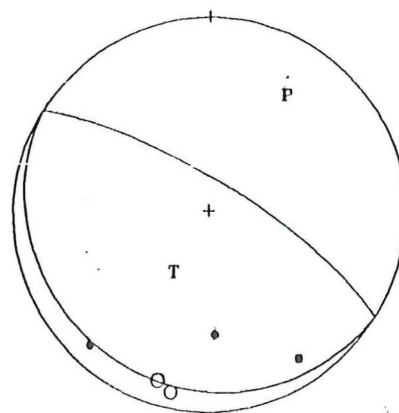
A: 334.0 85.0 90.0

B: 154.0 5.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 244.0 50.0

P: 64.0 40.0



15.111 93.179 64.43

Φ δ λ

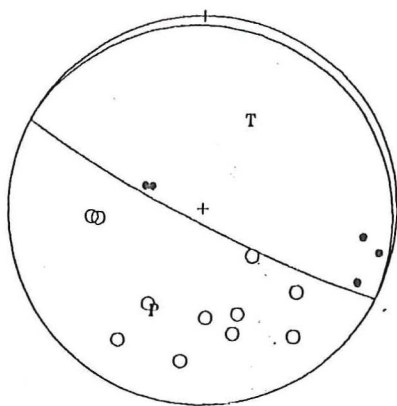
A: 122.0 13.0 90.0

B: 302.0 77.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 212.0 58.0

P: 32.0 32.0



15.260 92.723 135.41

Φ δ λ

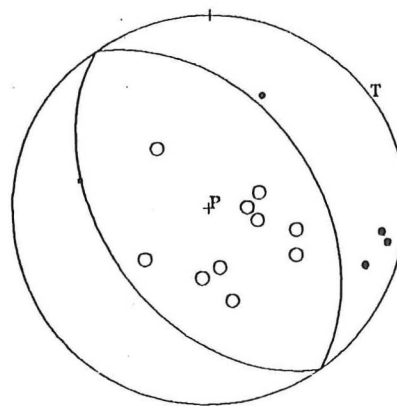
A: 117.0 84.0 90.0

B: 297.0 6.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 27.0 51.0

P: 207.0 39.0



15.701 92.827 153.40

Φ δ λ

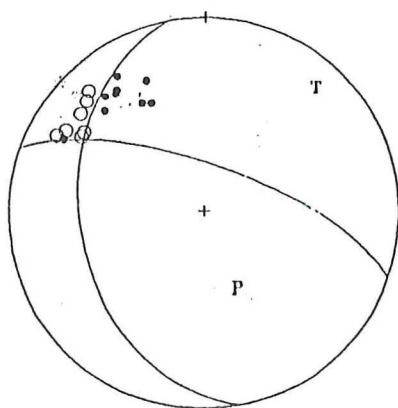
A: 325.0 45.0 -90.0

B: 145.0 45.0 -90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 55.0 0.0

P: 90.0 90.0



17.485 94.998 120.12

Φ δ λ

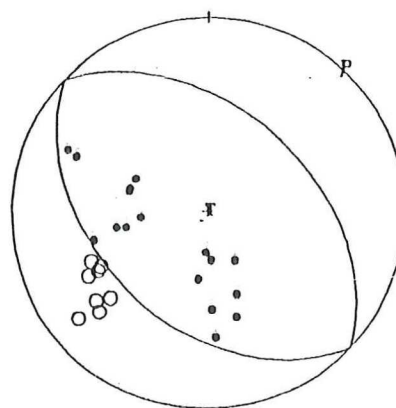
A: 289.0 70.0 -120.6

B: 169.0 36.1 -35.5

RUMBO BUZAMIENTO

T: 41.4 19.3

P: 160.7 54.4



15.666 93.833 100.00

Φ δ λ

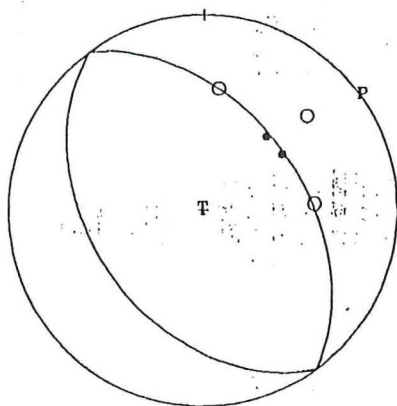
A: 133.0 43.0 90.0

B: 313.0 47.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 223.0 88.0

P: 43.0 2.0



14.950 94.048 16.06

Φ δ λ

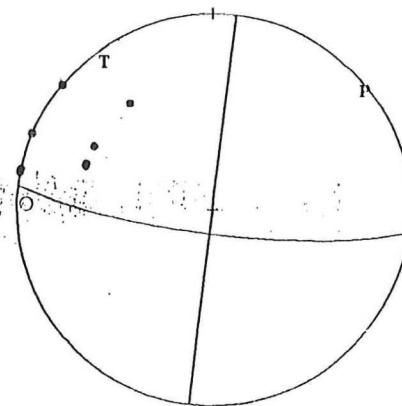
A: 324.0 48.0 90.0

B: 144.0 42.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 234.0 87.0

P: 54.0 3.0



14.850 90.870 043.19

Φ δ λ

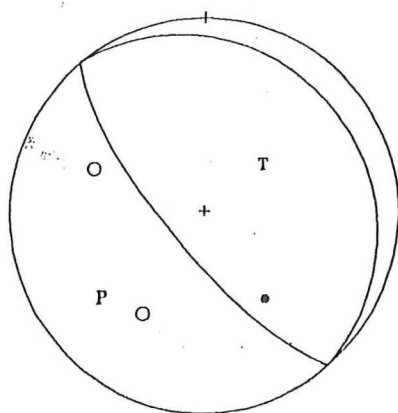
A: 97.0 80.0 0.0

B: 7.0 90.0 170.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 321.6 7.1

P: 52.4 7.1



15.482 93.334 115.46

Φ δ λ

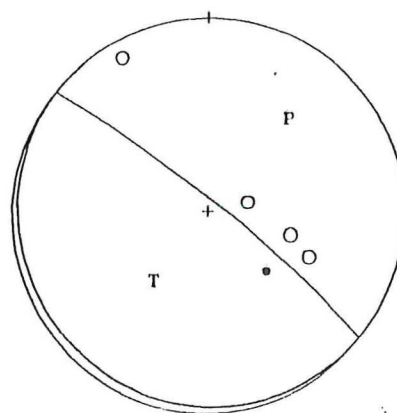
A: 140.0 74.0 90.0

B: 320.0 16.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 50.0 61.0

P: 230.0 29.0



15.232 91.528 272.28

Φ δ λ

A: 309.0 85.0 90.0

B: 129.0 5.0 90.0

RUMBO BUZAMIENTO

T: 219.0 50.0

P: 39.0 40.0