

*ESTUDIO DEL MECANISMO DE REAJUSTE LITOSTATICO
POSTERIOR AL EVENTO DE OAXACA ($M_s = 7.8$)
DEL 29 DE NOVIEMBRE DE 1978*

R. E. RUIZ-KITCHER*

RESUMEN

Se analizó la actividad sísmica ($M_L \geq 3.0$) del 1 al 12 de diciembre de 1978, posterior al terremoto de Oaxaca del 29 de noviembre de 1978.

Las soluciones de mecanismo focal para 9 réplicas mayores ($M_L \geq 4.0$) asociadas al terremoto principal, así como las soluciones de mecanismos compuestos para 13 eventos de magnitud menor, muestran un predominio de fallamiento normal y rumbo paralelo a la trinchera mesoamericana. Estos resultados sugieren un reajuste tensional que provoca un rompimiento en bloques en forma escalonada a lo largo de la zona de Benioff en el área. Esta situación puede ser común a los terremotos principales asociados a la zona de subducción de la costa central de Oaxaca.

ABSTRACT

The aftershock seismic activity ($M_L \geq 3.0$) related to the Oaxaca earthquake of November 29, 1978 was analysed for the period from December 1 to 12, 1978.

Focal mechanism solutions for 9 main aftershocks ($M_L \geq 4.0$) and composite mechanisms for 13 low magnitude aftershocks associated to the principal event show normal faulting with a trend striking parallel to the Mesoamerican Trench. These results suggest a tensional adjustment which causes downstepped block faulting parallel to the Benioff zone in the area. This mechanism may be common to the main earthquakes related to the subduction in the central Oaxacan coastal region.

* *Instituto de Geofísica, UNAM, MEXICO.*

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es hacer algunas aportaciones que ayuden al mejor entendimiento de los fenómenos que dan origen y acompañan a los terremotos en la parte central de la región costera de Oaxaca.

Una técnica útil para este propósito es la del mecanismo focal, proceso mediante el cual es posible visualizar el tipo de falla que da origen a un terremoto y la dirección de su movimiento. Se utilizaron las réplicas asociadas al temblor del 29 de noviembre de 1978 ($M_s = 7.8$). Estos datos se recabaron en el campo como parte del proyecto Oaxaca (Ponce, 1977-78) con una red sísmica portátil de 14 estaciones (Tabla 1) apoyadas por estaciones de las redes Nacional y Mundial.

Tabla 1

Estación	Lat N	Long W	Elev.
CHI	15 56.02	97 07.64	60
CPO	15 56.51	96 27.47	445
MCO	16 13.99	96 43.00	1675
PGO	15 47.40	96 43.44	40
PXO	15 44.88	96 17.54	44
SCO	16 04.91	97 03.97	275
VMO	15 51.07	97 03.83	3
1	15 58.20	97 14.70	0
2	15 57.96	97 24.48	0
3	15 51.18	97 03.84	0
4	15 48.72	96 56.94	0
5	15 40.38	96 29.22	0
6	15 43.92	96 33.24	0
7	15 43.56	96 33.48	0
8	15 50.10	96 18.90	0

Las coordenadas geográficas se encontraron utilizando cartas topográficas de la Secretaría de la Defensa Nacional, escala 1:100 000.

Se obtuvo la solución del mecanismo focal individual y compuesto para algunas de las réplicas y se investigó la relación de dichas soluciones con la Geología, la Tectónica y los mecanismos de los precursores del evento principal y de las réplicas.

El área estudiada forma parte de la placa Continental Americana y se localiza entre los 15° y 17° Lat.N y 96° y 98° Long.W (Fig. 1). La región está limitada por la placa de Cocos hacia el sur. El movimiento de esta última placa en dirección noroes-

te forma, al interaccionar con la placa Continental Americana, una zona de subducción cuyo rasgo fisiográfico se denomina Trincheras Mesoamericanas o Fosa de Acapulco (Molnar y Sykes, 1968) (Fig. 1).

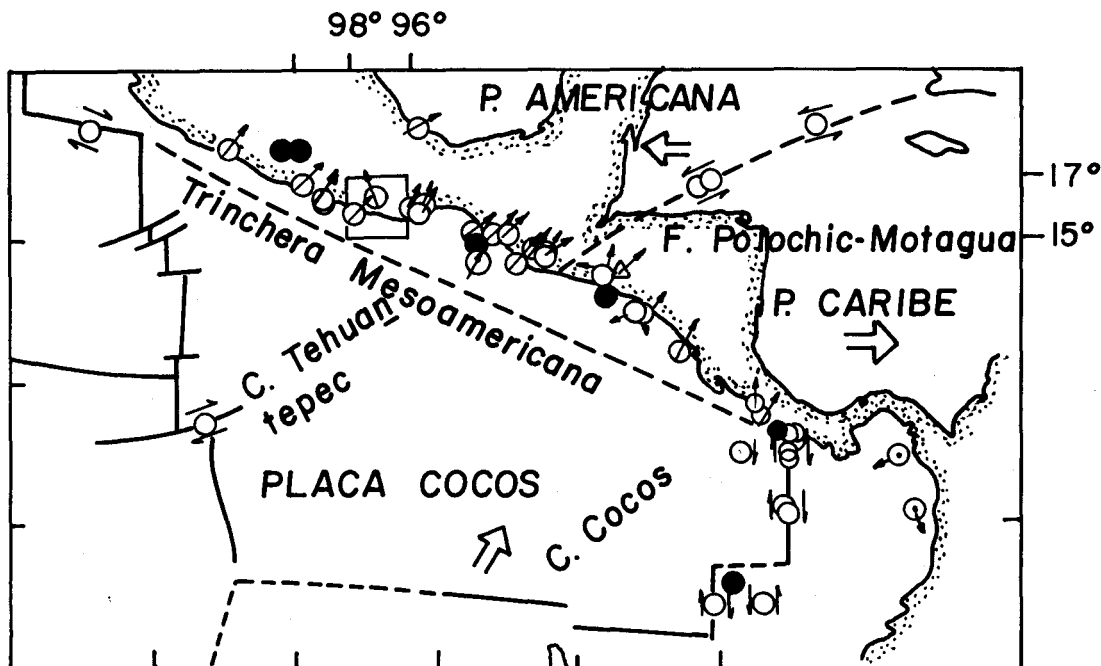


Fig. 1. Azimuts de los vectores de deslizamiento para la región de Mesoamérica. El sentido del movimiento para fallas de desplazamiento lateral se representa por un par de flechas antiparalelas que rodean a un círculo abierto, para fallas inversas por una flecha a través de un círculo abierto y para fallas normales por círculos negros. Se ilustra la subducción de la placa de Cocos hacia el noreste en México y Guatemala y el movimiento lateral de derecha de la zona de fractura de Panamá.

(Modificado de Molnar y Sykes, 1969).

La placa de Cocos presenta, a su vez, dos cordilleras submarinas poco estudiadas, con rumbo NE, que se consideran de poca actividad sísmica: la cordillera de Tehuantepec y la de Cocos. Otro rasgo tectónico importante es la falla lateral Polochic-Motagua en el sureste de México (Fig. 1).

El terremoto de Oaxaca del 29 de noviembre de 1978 es de particular interés por el hecho de haber ocurrido dentro de un tramo de quietud sísmica previamente identificado por Kelleher (1973) con base en la historia sísmica del Arco Mesoamericano.

Más tarde Ohtake *et al.* (1978) propusieron la ocurrencia de un gran terremoto, basándose en un decrecimiento significativo de la sismicidad superficial de la región.

La región estudiada en este trabajo ha sido objeto de diversos estudios de mecanismo focal. Molnar y Sykes (1969) estudian la subducción de la placa de Cocos en el Arco Mesoamericano, obteniendo direcciones y velocidades entre las placas (Fig. 1).

Dean y Drake (1978) encontraron soluciones de falla normal para eventos superficiales localizados en el borde externo de la fosa, así como para eventos de profundidad intermedia al interior del continente; contrariamente, los eventos superficiales en el margen interno de la fosa y cerca de la costa presentan fallamiento inverso.

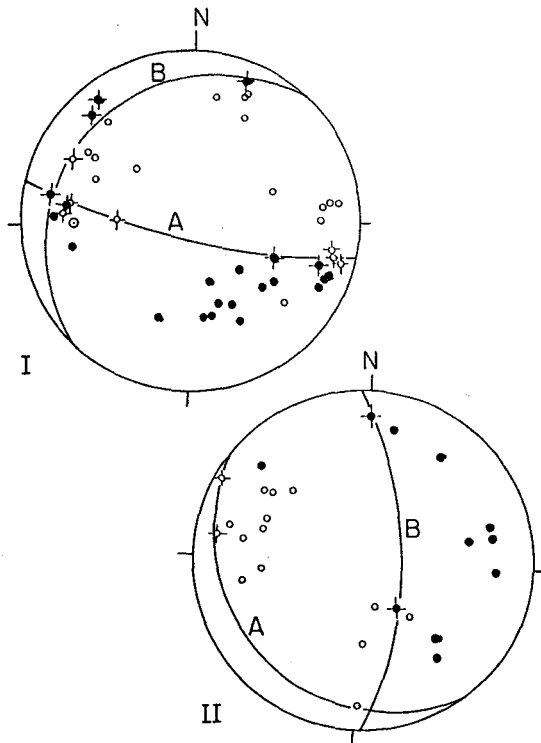


Fig. 2. Solución del Mecanismo focal compuesto para los premonitores de la tendencia I. (Hemisferio Superior) ($\phi = 282^\circ$, $\delta = 80^\circ$, $\lambda = 72^\circ$).

Solución del mecanismo focal compuesto para los premonitores de la tendencia II (Hemisferio Superior) (● = compresión, ○ = dilatación). ($\phi = 1770^\circ$, $\delta = 72^\circ$, $\lambda = 78^\circ$).

(Modificado de González, 1979).

Mota (1979) estudia la interacción de la placa de Cocos con la Americana para la zona costera de Oaxaca-Chiapas. Analizando algunos mecanismos focales obtiene la solución de falla de cobijadura con un ángulo de buzamiento de 19° , congruente con el esquema geométrico que se tiene para la zona.

Stewart y Chael (1979) hallan una solución de fallamiento inverso con una inclinación de 14° para el mecanismo focal del temblor de Oaxaca, del 29 de noviembre de 1978. González (1979), Ponce *et al.* (1977-78), al estudiar los sismos premonitores del mismo temblor, encontraron dos grupos con solución de mecanismo focal compuesto de tipo de falla normal, una con rumbo 282°N y la otra con rumbo 177°N (Fig. 2); tales tendencias son congruentes con los lineamientos epicentrales de los premonitores.

INTERPRETACION DE SISMOGRAMAS

Para la realización de este trabajo se analizaron los sismogramas correspondientes a los días 10. al 12 de diciembre de 1978, inclusive. Durante este período las 14 estaciones se hallaban bajo las mismas condiciones de filtraje, lo cual hace homogénea la muestra.

LOCALIZACION HIPOCENTRAL

Por el carácter local de la información, la localización hipocentral y la determinación de magnitudes se llevó a cabo con el programa Hypo 71 (Lee y Lahr, 1975), con el siguiente modelo de capas (Ponce *et al.*, 1977-78):

Capa	Vel. P	Prof.
1	4.4 km/seg	5.0 km
2	5.6 km/seg	12.0 km
3	6.4 km/seg	22.0 km
4	8.2 km/seg	Mayor de 22.0 km

con una relación de velocidades $VP/VS = 1.78$. Los máximos errores tolerados en el programa de la localización fueron:

Epicentro ERH = 3 km
 Profundidad ERZ = 3 km
 RMS = 0.5 seg

todos los errores asociados con la lectura de los arribos de las ondas P y S son considerados dentro del RMS.

Para calcular la magnitud de los eventos, el programa Hypo 71 usa la siguiente fórmula (Lee *et al.*, 1972):

$$M(Z) = a + b \log z + cD$$

Z = Duración del evento en segundos (coda)

D = Distancia epicentral en kilómetros

Los coeficientes son constantes que dependen de las características del instrumento registrador y de la región en estudio. Los coeficientes aquí utilizados fueron los calculados por González (1980), para el área de estudio.

En la tabla 2 se listan los eventos localizados durante el período seleccionado, su localización se muestra en la Fig. 3.

TABLA 2

No.	Fecha	Tiempo Origen	Lat. N	Long. W	Prof	ML	Datos	RMS
23	1 Dic	04:08:02.3	15°45'	97° 14'	17 km	3.5	12	0.20
25	1 Dic	06:01:10.5	15°32'	96° 51'	7	3.7	10	0.16
26	1 Dic	09:30:45.1	15°41'	97° 13'	17	3.6	10	0.24
27	1 Dic	16:32:23.9	15°51'	96° 51'	15	3.4	10	0.22
28	1 Dic	18:44:45.8	15°50'	97° 13'	11	3.3	14	0.47
30	1 Dic	21:07:46.1	16°09'	96° 37'	14	3.3	16	0.34
31	1 Dic	22:31:57.7	16°06'	96° 51'	23	3.0	18	0.19
32	1 Dic	23:51:16.7	15°47'	96° 54'	17	3.0	19	0.34
34	2 Dic	01:58:45.6	16°02'	96° 59'	17	3.8	12	0.35
35	2 Dic	03:24:15.3	15°32'	96° 41'	13	4.8	20	0.35
36	2 Dic	03:25:13.4	15°31'	96° 47'	19	3.1	10	1.13
37	2 Dic	03:28:39.9	15°34'	96° 41'	14	3.5	14	0.37
38	2 Dic	03:55:45.8	15°34'	96° 44'	12	4.0	9	0.15
39	2 Dic	05:36:01.7	15°29'	96° 44'	10	4.7	18	0.30
40	2 Dic	06:14:54.9	15°32'	96° 42'	14	3.5	15	0.28
42	2 Dic	11:58:39.3	15°46'	97° 06'	17	3.1	15	0.32
43	2 Dic	17:09:35.4	15°54'	96° 48'	17	3.1	17	0.30
44	2 Dic	20:27:36.2	15°44'	96° 49'	13	4.0	13	0.40
45	2 Dic	23:10:23.4	16°02'	97° 00'	18	3.4	15	0.29
46	2 Dic	23:19:23.5	15°44'	96° 50'	17	3.0	13	0.39
47	2 Dic	23:28:25.1	15°30'	96° 51'	14	3.1	15	0.20
48	2 Dic	23:34:24.1	15°31'	96° 49'	17	4.0	18	0.28
49	3 Dic	01:22:39.6	16°04'	96° 56'	28	3.0	18	0.25
50	3 Dic	03:51:18.1	15°54'	97° 04'	11	3.2	14	0.29

...Cont. Tabla 2.

No.	Fecha	Tiempo Origen	Lat. N	Long. W	Prof	ML	Datos	RMS
51	3 Dic	04:37:36.6	15°37'	96° 48'	19 km	3.8	13	0.25
52	3 Dic	04:45:59.4	15°45'	96° 48'	16	3.0	14	0.26
53	3 Dic	09:02:15.0	15°36'	96° 49'	18	3.8	14	0.24
54	3 Dic	10:33:32.5	16°00'	96° 45'	36	3.6	20	0.39
55	3 Dic	13:48:41.5	15°37'	96° 54'	18	3.2	15	0.28
55	3 Dic	13:48:41.5	15°37'	96° 54'	18	3.2	15	0.28
56	3 Dic	22:19:44.1	15°40'	96° 48'	14	3.1	16	0.38
57	4 Dic	01:09:41.9	15°52'	96° 07'	27	4.4	19	0.30
58	4 Dic	03:31:16.5	15°52'	96° 48'	17	3.3	16	0.31
59	4 Dic	09: 26:43.2	15°31'	96° 40'	11	3.3	15	0.26
60	4 Dic	10:34:51.4	15°38'	96° 39'	16	3.9	17	0.36
61	4 Dic	10:53:03.0	15°53'	96° 47'	19	3.0	19	0.31
62	4 Dic	14:41:14.4	16°02'	97° 00'	17	3.2	19	0.29
63	4 Dic	15:59:19.8	15°43'	96° 49'	17	3.3	17	0.23
64	4 Dic	17:59:50.7	15°38'	96° 32'	12	3.2	15	0.33
65	4 Dic	21:07:17.9	15°32'	96° 47'	13	3.1	18	0.24
67	5 Dic	05:10:16.4	15°57'	97° 10'	17	3.1	17	0.33
68	5 Dic	06:32:26.2	15°43'	97° 18'	11	4.2	21	0.26
69	5 Dic	06:39:57.4	15°43'	97° 16'	10	3.1	14	0.21
70	5 Dic	08:25:26.9	15°52'	96° 49'	16	3.3	17	0.29
71	5 Dic	08:59:44.6	15°43'	97° 18'	7.0	4.0	19	0.25
72	5 Dic	11:55:44.4	16°00'	97° 12'	20	4.0	21	0.32
73	5 Dic	13:01:29.8	15°37'	96° 47'	17	3.9	22	0.29
74	5 Dic	13:02:26.2	15°37'	96° 48'	16	3.4	14	0.29
75	5 Dic	13:40:00.7	15°47'	96° 48'	16	3.0	18	0.26

...Cont. Tabla 2

No.		Tiempo Origen	Lat. N	Long. W	Prof	ML	Datos	RMS
76	5 Dic	14:15:27.4	15°52'	96° 44'	12	4.0	20	0.36
77	5 Dic	18:10:39.1	15°45'	96° 55'	17	3.3	19	0.25
78	5 Dic	19:21:32.1	15°45'	96° 48'	18	4.0	16	0.22
79	5 Dic	23:41:32.7	15°36'	96° 45'	24	4.2	17	0.46
80	5 Dic	23:46:39.2	15°55'	96° 56'	20	3.4	18	0.40
81	6 Dic	02:24:24.9	15°41'	96° 27'	13	3.6	15	0.27
82	6 Dic	04:34:12.2	15°40'	96° 32'	12	3.4	14	0.23
83	6 Dic	06:35:42.6	16°00'	96° 52'	20	3.3	21	0.23
84	6 Dic	06:47:46.6	16°02'	96° 47'	25	3.5	19	0.20
85	6 Dic	11:27:30.2	16°02'	96° 44'	32	3.1	20	0.21
88	6 Dic	19:28:34.1	15°29'	96° 55'	13	3.6	19	0.38
89	7 Dic	00:19:43.4	15°46'	97° 13'	14	3.3	19	0.32
90	7 Dic	00:49:00.5	16°04'	96° 43'	19	3.6	17	0.31
91	7 Dic	03:27:08.0	15°54'	97° 11'	10	3.5	17	0.37
92	7 Dic	04:22:04.4	15°46'	96° 56'	17	3.6	18	0.38
93	7 Dic	04:56:01.7	15°48'	96° 55'	15	3.4	21	0.35
94	7 Dic	06:24:02.4	15°33'	96° 41'	11	3.1	20	0.31
95	7 Dic	16:50:09.6	15°51'	97° 05'	15	3.6	16	0.33
96	7 Dic	23:52:00.8	16°02'	96° 50'	21	3.8	16	0.40
97	8 Dic	00:27:10.9	16°02'	96° 48'	33	3.6	17	0.27
98	8 Dic	04:21:07.3	15°44'	96° 48'	17	3.4	19	0.29
99	8 Dic	07:31:57.5	15°36'	96° 48'	18	3.4	20	0.24
100	8 Dic	08:23:22.3	15°56'	96° 59'	23	3.5	17	0.36
101	8 Dic	10:51:43.4	15°48'	96° 47'	19	4.2	18	0.29
102	8 Dic	10:55:38.5	15°29'	96° 27'	18	3.6	16	0.24

...Cont. Tabla 2.

No.	Fecha	Tiempo Origen	Lat. N	Long. W	Prof'	ML	Datos	RMS
103	8 Dic	19:20:27.6	16°06'	96° 50'	14	3.1	15	0.39
104	9 Dic	08:40:18.2	15°35'	96° 50'	18	4.1	18	0.23
105	9 Dic	10:16:22.4	15°52'	96° 50'	14	3.2	19	0.43
106	9 Dic	11:01:47.6	15°40'	96° 52'	18	4.0	17	0.18
107	9 Dic	15:40:09.3	16°04'	96° 45'	19	3.6	12	0.27
108	9 Dic	18:05:12.8	15°43'	96° 22'	20	3.4	12	0.19
109	10 Dic	02:22:29.7	15°41'	97° 32'	16	3.4	14	0.34
110	10 Dic	02:35:55.1	15°40'	97° 08'	16	3.3	16	0.23
111	10 Dic	03:31:47.3	15°40'	97° 09'	15	3.3	17	0.30
112	10 Dic	08:53:05.8	15°38'	96° 42'	22	3.4	15	0.40
113	10 Dic	12:28:04.4	15°39'	97° 09'	16	3.5	14	0.21
114	10 Dic	14:50:56.3	16°04'	96° 46'	19	3.1	17	0.23
116	11 Dic	01:06:44.0	16°03'	96° 48'	21	4.1	17	0.20
118	11 Dic	02:23:06.8	15°43'	96° 49'	17	4.0	18	0.31
119	11 Dic	03:23:41.5	15°40'	96° 50'	15	3.7	16	0.25
123	11 Dic	15:28:40.9	15°30'	96° 51'	15	4.2	18	0.34
124	11 Dic	15:42:01.7	15°34'	96° 47'	16	3.1	20	0.28
128	12 Dic	00:05:58.9	15°40'	96° 46'	18	3.1	22	0.47
129	12 Dic	02:48:46.6	15°57'	97° 11'	20	3.2	26	0.35
130	12 Dic	04:07:04.5	16°02'	96° 48'	23	3.0	26	0.23
137	12 Dic	14:00:27.9	16°08'	96° 56'	22	4.1	20	0.28
139	12 Dic	18:17:17.7	15°51'	96° 59'	15	3.4	24	0.44

Para la determinación del mecanismo focal se usó el método de la polaridad de la onda P. La Fig. 4 es una muestra del tipo de registros utilizados.

Algunos eventos tuvieron registros con carácter nodal, lo que facilitó la elección de la orientación de los planos.

Para la representación gráfica de los datos se usó una proyección estereográfica del hemisferio superior de la esfera focal en una red de Schmidt o igual área.

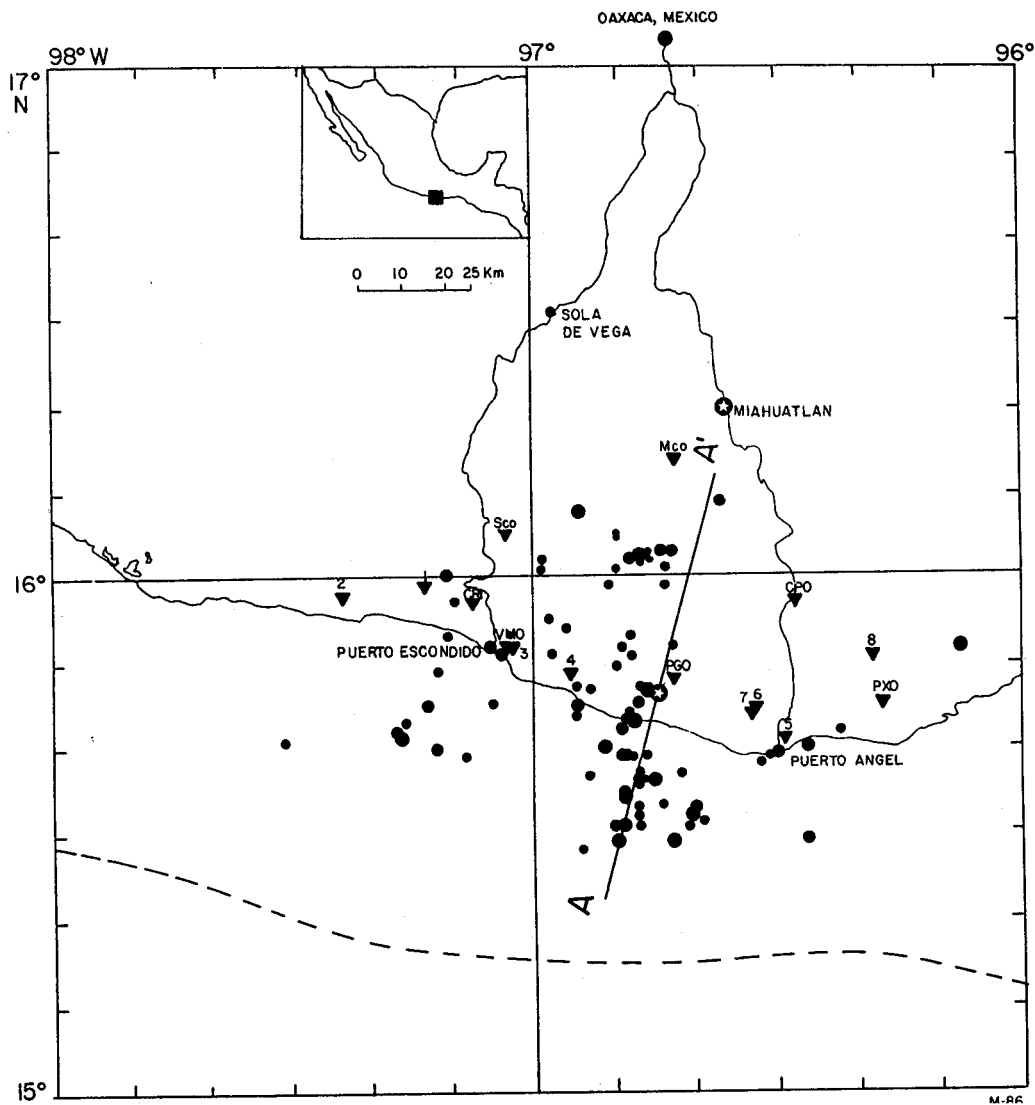


Fig. 3. Localización epicentral de las réplicas ($M_L \geq 3.0$) del 1-12 diciembre de 1978. \odot Evento principal. ∇ estación.

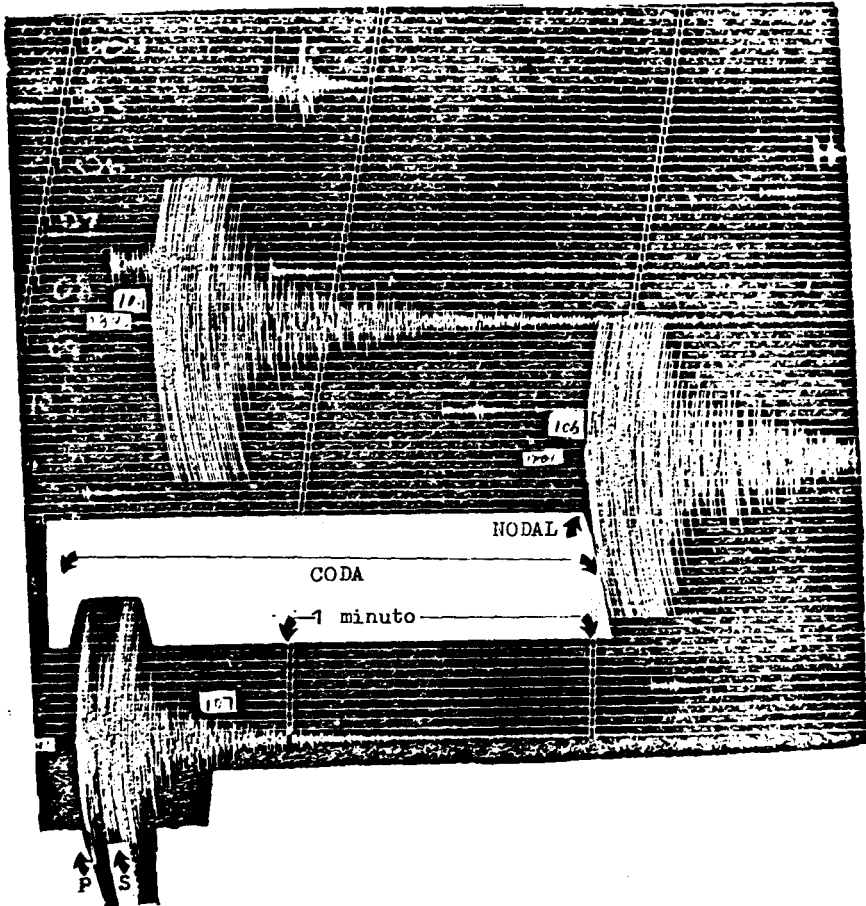


Fig. 4. Sismograma tipo estación 5 fecha 781209.

DATOS Y RESULTADOS

Del período seleccionado del 1o. al 12 de diciembre de 1978 se localizó un total de 95 réplicas (Tabla 2; Fig. 3) de magnitud $M_L \geq 3.0$.

El 70% de actividad de magnitud mayor de 3.5 localizada en este trabajo se distribuye al sur del evento principal; mientras que las réplicas cuya magnitud está entre 3.0 y 3.5 se distribuyen de manera uniforme al norte y al sur del evento principal.

A lo largo de la línea A-A' (Fig. 3) se hizo un perfil de profundidades (Fig. 5), el

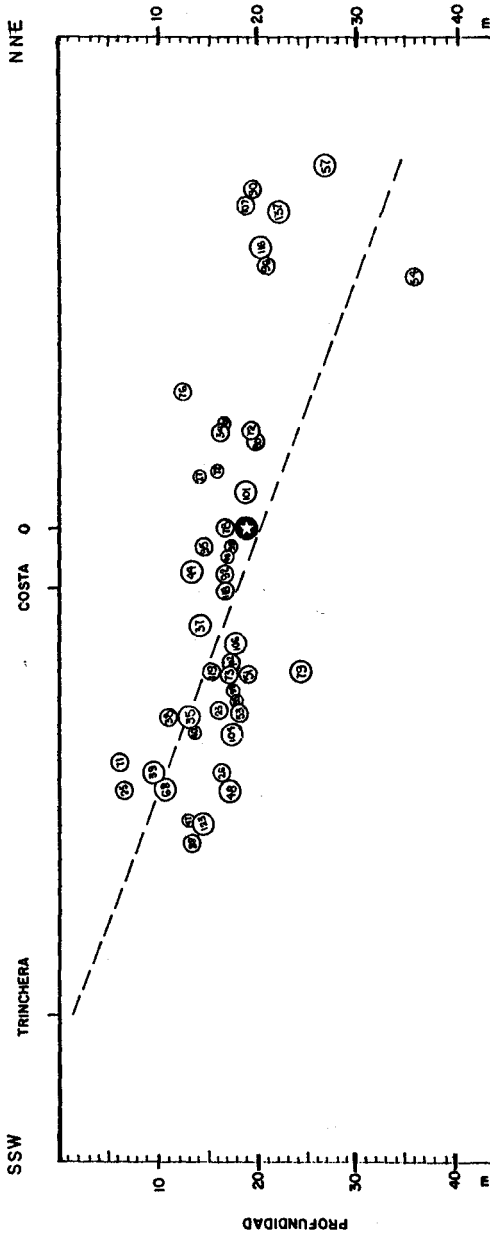


Fig. 5. Corte en profundidad A-A' en dirección aproximadamente perpendicular a la Trinchera Mesoamericana. Se muestran 35 hipocentros de eventos de $M_L \geq 3.0$ significativos en este trabajo y su correlación con la zona de Benioff propuesta para el área.

cuál muestra que los hipocentros de las réplicas se encuentran principalmente entre los 10 y 25 km de profundidad.

En la figura 6 se puede ver que los eventos son más profundos a medida que se aleja uno de la trinchera en dirección al Continente. Los sismos localizados son compatibles con la zona de Benioff propuesta para el área (Mota, 1979).

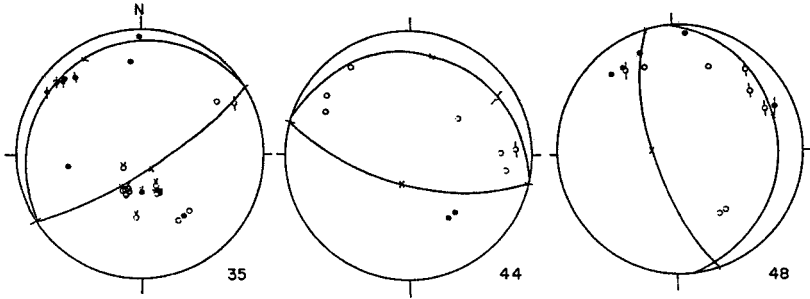


Fig. 6a Patrones de Polaridades y su solución

- compresión ○ dilatación ⊙ nodal
- ⊙ estación Red Mundial.

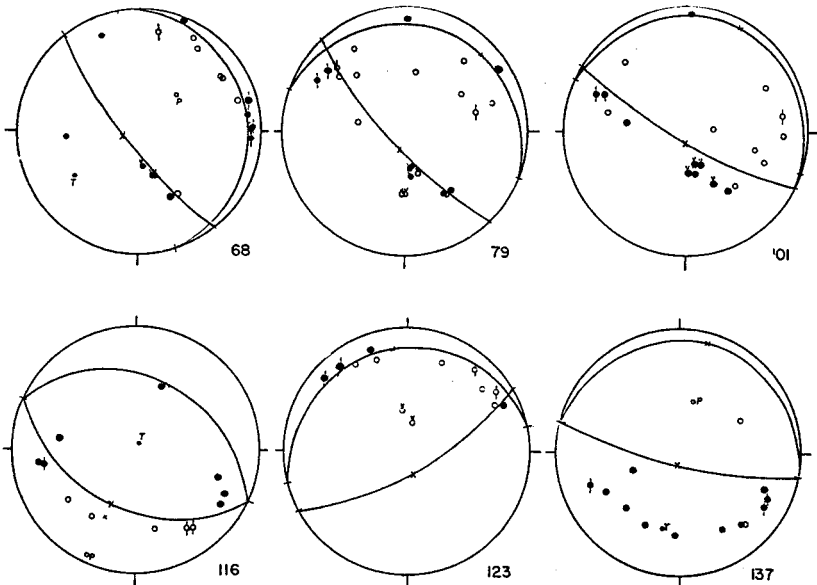


Fig. 6b

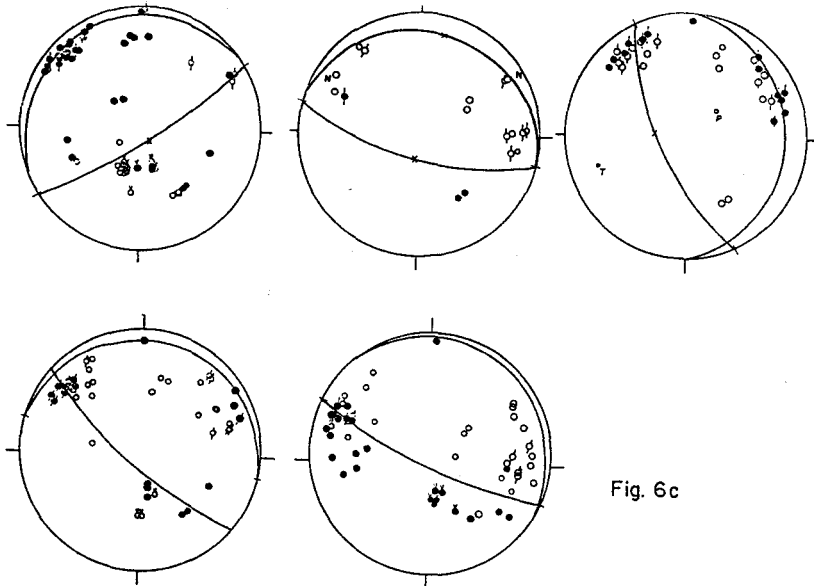


Fig. 6c

Fig. 6. Patrones de polaridades y sus soluciones. Hemisferio Superior. ● = compresión, ○ = dilatación, ◆ = nodal; ○● = estación red mundial.

Para un buen control en la elaboración de los patrones de polaridades de cada evento, se utilizaron aquellos que se registraron en un mínimo de 11 estaciones locales y de los cuales se pudieron leer al menos 9 polaridades. De acuerdo con su magnitud se tienen los siguientes grupos:

Réplicas mayores ($M_L \geq 4.0$)	19 eventos
medias ($4.0 > M_L \geq 3.5$)	26 eventos
menores ($3.5 > M_L \geq 3.0$)	50 eventos

Fue posible incorporar polaridades registradas en la Red del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y las reportadas en el (ISC) para algunos eventos. El carácter nodal de las polaridades observadas apoyó la selección de planos nodales que separan las dilataciones de las compresiones para la solución del mecanismo focal de los eventos. De acuerdo con esto se obtuvo la solución del mecanismo focal para los eventos 35, 44, 48, 68, 79, 101, 116, 123 y 137.

La figura 6 muestra los patrones de las polaridades y los planos nodales encontrados para éstos; la tabla 3 muestra los datos de cada solución de mecanismo focal. La

figura 7 presenta la localización epicentral de los eventos, así como la semiesfera superior de la representación estereográfica de su solución; se observa que el tipo de fallamiento dominante es normal y que el rumbo preferencial de las soluciones es aproximadamente paralelo a la trinchera, excepto para las réplicas 35 y 123 con rumbo NE.

Tabla 3

Evento Núm.	Plano Nodal A			Plano Nodal B			Tipo de falla	Consistencia %
	Az(ϕ)	Bz(δ)	Dz(λ)	Az(ϕ)	Bz(δ)	Dz(λ)		
35	58	80	90	238	10	90	inversa	80
44	283	70	-90	103	20	-90	normal	100
48	343	70	-85	176	20	-102	normal	86
68	320	80	-85	163	12	-112	normal	94
79	316	78	-96	110	12	-62	normal	92
101	300	80	-92	112	10	-81	normal	87
116	114	50	90	294	40	90	inversa	100
123	240	75	-84	80	16	-89	normal	100
137	282	80	-90	102	10	-90	normal	92

Para evaluar las soluciones de mecanismo obtenidas definimos el porcentaje de consistencia como el total de polaridades leídas (100%) menos el porcentaje de polaridades inconsistentes con las predominantes en una zona. Todos los eventos con solución de mecanismo focal individual tienen consistencia igual o mayor del 80%.

Para los mecanismos compuestos se formaron grupos con los patrones de polaridades, para los eventos cuya localización hipocentral y ocurrencia en el tiempo fueran próximas entre sí. De acuerdo con esto se tienen los siguientes grupos: I = 35, 37, 38, 39, 40; II = 44, 46; III = 47, 48, 53; IV = 73, 79, 99; V = 76, 78, 98, 101.

La figura 6 muestra los patrones de polaridades y los planos nodales obtenidos para éstos. La tabla 4 muestra los datos de cada solución y la figura 7 presenta la localización epicentral de los eventos de cada grupo, así como la representación estereográfica de su solución compuesta.

Las soluciones del mecanismo focal compuesto encontradas apoyan la solución del mecanismo individual de los eventos 35, 44, 48, 79 y 202 involucrados en dichos grupos, así como la orientación y tipo de fallamiento en dichas soluciones. Los valores de consistencia son generalmente mayores o iguales a 80%.

INTERPRETACION Y DISCUSION

De las soluciones del mecanismo focal obtenidas puede observarse un predominio de fallamiento normal (Fig. 7), en éstas se optó por el plano nodal más cercano a la vertical como el plano de falla, porque se ha observado que físicamente es más frecuen-

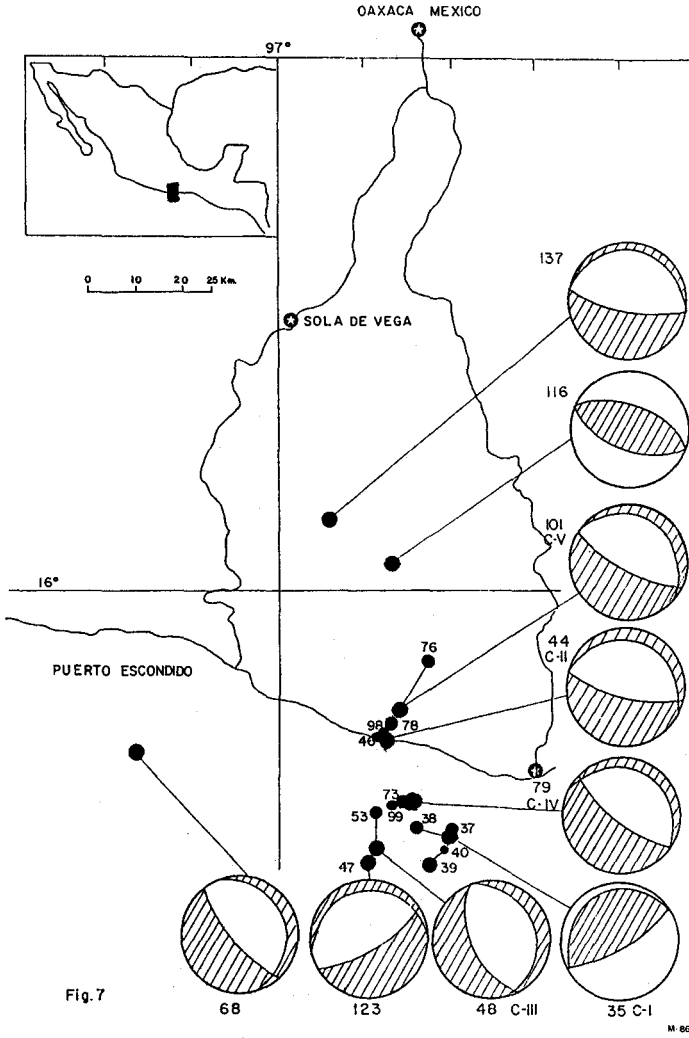


Fig. 7

Fig. 7. Localización epicentral de las réplicas para las cuales se obtuvo solución de mecanismo individual representado en red estereográfica. Los círculos marcados con C corresponden a las soluciones de mecanismo focal compuesto para los eventos unidos por líneas. Los números romanos corresponden al grupo de eventos (Tabla 4).

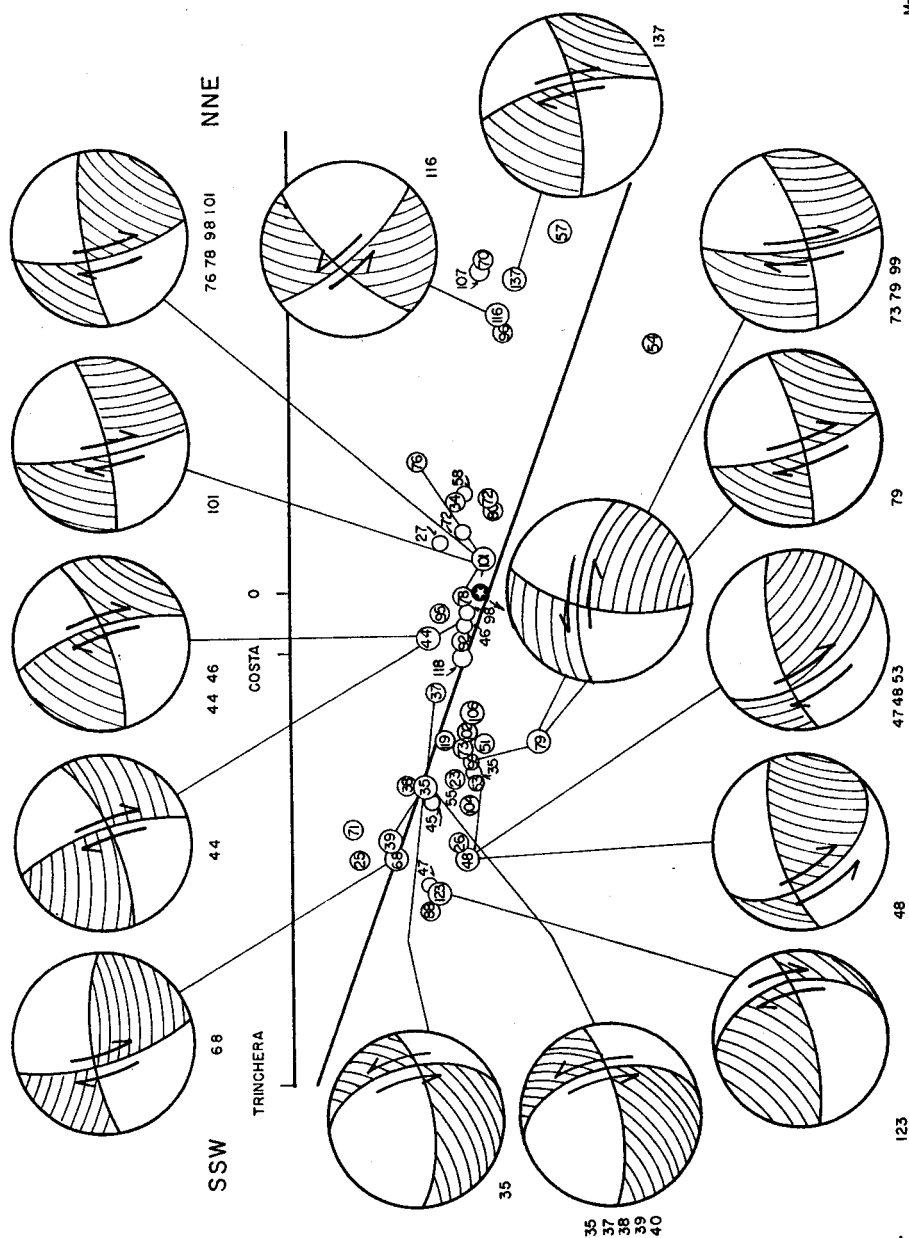
te (Mogi, 1963b) dada la geometría de la región. En las tablas 3 y 4 de datos de los mecanismos obtenidos, el plano nodal A es el más cercano a la vertical.

Tabla 4

Grupo	Evento Núm.	Plano Nodal A			Plano Nodal B			Tipo de falla	Consistencia %
		A _Z	B _Z	D _Z	A _Z	B _Z	D _Z		
I	35	56	80	90	236	10	90	inversa	71
	37								80
	38								80
	39								82
	40								89
II	44	284	70	-90	104	20	-90	normal	100
	46								86
III	47	334	70	-81	178	22	-104	normal	90
	48								86
	53								64
IV	73							normal	100
	79	310	88	-94	104	12	-64		100
	99								75
V	76							normal	100
	78	296	80	-87	132	12	-107		100
	98								92
	101								84

Las soluciones de este tipo para los eventos 68, 44, 101 y para los grupos II = 44, 66 y V = 76, 78, 98, 101 pueden asociarse a la placa continental, dada su posición con respecto al plano de Benioff propuesto, mientras que las soluciones para los eventos 123, 48, 79 y los grupos III = 47, 48, 53 y IV = 73, 79, 99 pueden asociarse a la placa que subduce, por la misma razón que el grupo anterior. Al considerar en su conjunto las soluciones en un corte normal, la posición de los planos considerados como plano de falla sugieren un rompimiento en bloques en forma escalonada.

En la figura 8 se muestran las localizaciones hipocentrales de los eventos con solución del mecanismo focal, así como su representación estereográfica de la semiesfera sureste proyectada en un corte A-A' (Fig. 4) perpendicular a la trincheras. Se observa la relación de las soluciones del mecanismo con la geometría de la zona de subducción en Oaxaca y el evento principal.



M-86

Fig. 8. Ubicación hipocentral de las réplicas y evento principal para los cuales se obtuvo solución de mecanismo focal, donde se presenta la semiesfera sureste de la esfera focal.

Para las soluciones del mecanismo focal del tipo de falla inversa se seleccionó el plano nodal cercano a la vertical como el plano de falla (ya que se ha observado que físicamente es más frecuente (Mogi, 1963b) y en nuestro caso es congruente con la geometría del área y el mecanismo de subducción).

Los eventos 35 y los del grupo I podrían ser el resultado del remanente de los esfuerzos de compresión que causaron el movimiento de la falla principal, por tener las soluciones del mecanismo focal inverso al igual que el evento principal, sólo que el ángulo de buzamiento es mayor para dichos eventos, lo que se puede interpretar como el resultado de fallas asociadas a la falla principal.

Al tomar en forma conjunta los eventos 116 y 137, de magnitud similar, las soluciones de éstos parecen ser conjugadas, de donde el evento 137 podría deberse a un relajamiento tensional posterior a los esfuerzos compresivos que dieron lugar al evento 116.

De acuerdo con los resultados obtenidos, asociados a la zona de subducción, hacemos las siguientes consideraciones:

El evento principal dio como solución la de falla de cobijadura con el plano de falla paralelo al plano de Benioff (Stewart y Chael, 1977-78). Este movimiento fue seguido por una actividad que nos da idea de cómo se produjo el reajuste de tensiones, en una serie de rompimientos en forma de bloques en la parte continental. Esto nos indica una zona tensional en la parte interior del bordo continental, al producirse el restablecimiento de la posición relajada.

Para la placa oceánica se espera una zona de tensión producida por el avance de la placa después del evento principal, debido a que el área involucrada es finita. Por esta razón se origina una serie de pequeños eventos con mecanismo de falla normal en las zonas de tensión producidas por el desplazamiento a lo largo del plano de Benioff. La figura 9 representa esquemáticamente la situación resultante de este proceso.

Considerando las dimensiones del área de ruptura (segmento entre X, Fig. 9) encontrada por Chael (1982), observamos que ésta contiene la zona involucrada en nuestra interpretación.

Analizando estos resultados en el contexto de los mecanismos asociados a la actividad premonitora, evento principal y réplicas, encontrados por otros autores (Gon-

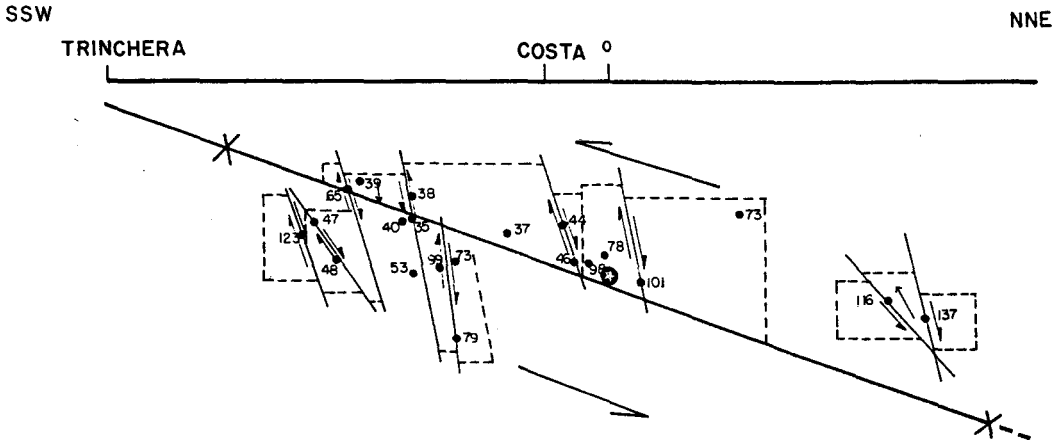


Fig. 9. Representación en bloques de las soluciones de mecanismo focal obtenidas para las réplicas numeradas y su relación con la zona de Benioff.

zález, 1979, Stewart y Chael, 1977-78), los premonitores y su mecanismo parecen indicarnos que la actividad se inició con una liberación de esfuerzos, debido al desequilibrio de tensiones que ayudaron al disparo del evento principal que presenta un mecanismo focal de falla de cobijadura asociada a la subducción.

Las réplicas analizadas en este trabajo indican la liberación de tensiones, tanto en la placa oceánica como en la continental, que podría ser un indicio del reajuste debido al avance de la subducción.

En el análisis de la actividad posterior al evento principal, se observa que un mayor número de eventos ocurren al sur del evento principal, próximos a la trinchera, lo cual refleja probablemente que en el período considerado, el reajuste de tensiones fue mayor en la parte externa de la placa oceánica en la zona afectada.

Las profundidades de los eventos localizados y el que éstas aparentemente aumentan hacia el interior del continente concuerdan con la existencia e inclinación de la zona de Benioff propuesta para el área (Mota, 1979) y parecen delinearla.

CONCLUSIONES

Las soluciones del mecanismo focal obtenidas y su relación con el área en estudio nos indican más detalladamente la forma en que se lleva a cabo el reajuste de tensión-

nes posterior a la ocurrencia de un terremoto principal debido a esfuerzos de compresión con tipo de falla de cobijadura, en una zona de interacción frontal de dos placas. Este reajuste de esfuerzos tensionales provoca rompimiento en bloques en forma escalonada a lo largo de la zona de Benioff.

Los epicentros de los eventos en el período considerado se localizan al sur del evento principal, o sea próximos a la trinchera.

Las profundidades focales de los eventos estudiados concuerdan con la zona de Benioff para el área.

Los rumbos y buzamientos de las soluciones del mecanismo focal de las réplicas estudiadas están relacionados con la trinchera y la zona de Benioff.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Dr. Lautaro Ponce, quien dirigió el proyecto; al Dr. Reynaldo Mota por sus consejos y observaciones; al Dr. Jaime Yamamoto, al Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi y a la M. en C. Ana Lillian Martín del Pozzo por su revisión crítica y sus valiosas recomendaciones. A los compañeros del Servicio Sismológico Nacional que colaboraron en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFIA

- CHAEI, E. P. y G. S. STEWART, 1982. Recent large earthquakes along the Middle American Trench and their implications for the subduction process. *J. Geophys. Res.*, 81, 329-338.
- DEAN, B. W. y Ch. L. DRAKE, 1978. Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle America Arc. *J. Geol.*, 86, 111-128.
- GONZALEZ, R. J., 1979. Algunas características de los temblores ($m \leq 4.0$) precedentes al terremoto ($M_s = 7.8$) de Oaxaca del 29 de noviembre de 1978. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias, UNAM.
- GONZALEZ, R. L., 1980. Estudio de las réplicas 29 Nov. - 17 Dic., 1978 ($m \geq 3.0$) del temblor de Oaxaca del 29 de noviembre de 1978. Calibración de magnitudes. Tesis Profesional, Fac. Ciencias, UNAM.
- HONDA, H., 1962. Earthquake mechanism and seismic waves. *J. Phys. Earth*, 10, 2, 1-97.
- KELLEHER, J., L. SYKES y J. OLIVER, 1973. Possible criteria for predicting earthquake locations and their application to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean. *J. Geophys. Res.*, 78, 14, 2547-2584.

- LEE, W. H. K. y J. C. LAHR, 1975. Hypo 71 (revised): A computer program for determining Hypocenter magnitude and first motion pattern of local earthquake. U. S. Geol. Surv. open-file report 75-3111, p. 1-113.
- LEE, W. H. K., R. E. BENNETT y K. L. MEAGHER, 1972. A method of estimating magnitude of local earthquake from signal duration. U. S. Geological Survey open-file report, 1972-1710, pp. 1-28.
- MOGI, K., 1963b. Some discussions on Aftershocks, Foreshocks and Earthquakes swarms the fracture of a semi infinite body caused by an inner stress. Origin and its relation to the Earthquake phenomena. *Bull. Earthquake Res. Inst.* 41, 615-658.
- MOLNAR, P. y L. R. SYKES, 1969. Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanism and seismicity. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80, 1639-1684.
- MOTA, P. R., 1979. Contribution à l'étude sismotectonique du Mexique méridional. Tesis Doctoral, Universidad de París.
- OHTAKE, M., T. MATUMOTO y G. V. LATHAM, 1977. Seismicity Gap near Oaxaca, Southern Mexico, as a probable precursor to a large earthquake. *Pure Appl. Geophys.*, 115, 375-385.
- PONCE, L., K. C. McNALLY, V. SUMIN DE PORTILLA, J. GONZALEZ, A. DEL CASTILLO, L. GONZALEZ, E. CHAEL y M. FRENCH, 1977-78. Oaxaca, México, earthquake of 29 November 1978: A preliminary report on Spatio-Temporal pattern of preceding seismic activity and mainshock relocation. *Geofís. Int.*, 17, 2, 109-126.
- RUIZ-KITCHER, R. E. y L. PONCE, 1981. Mecanismo focal de las réplicas del temblor de Oaxaca, 29 de noviembre de 1978, $M_s = 7.8$. Memorias Reunión 1981 Unión Geofísica Mexicana.
- STEWART, G. S. y E. P. CHAEL, 1977-78. Source mechanism of the November 29, 1978, Oaxaca, Mexico, earthquake - A large simple event. *Geofís. Int.*, 17, 3, 287-293.

(Recibido: 19 de julio, 1984)

(Aceptado: 27 de junio, 1985)