



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO ESTADISTICO DE LA SISMICIDAD  
EN MEXICO

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO GEOFISICO

P R E S E N T A

ENOCH ANTONIO ZENTENO ZUÑIGA

CD. UNIVERSITARIA, D. F. 1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-120

Al Pasante señor ZENTENO ZURIGA ENOCH ANTONIO  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Dr. Jens Havskov, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOFISICO.

"ESTUDIO ESTADISTICO DE LA SISMICIDAD EN MEXICO"

Resumen

Introducción

- I. Tectónica y sismicidad relacionadas con el valor de  $b$ .
  - II. Relación entre la magnitud del terremoto principal y la magnitud de la réplica mayor.
  - III. Migración sísmica en Chiapas
  - IV. Discusión de resultados
- Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de Junio de 1981  
EL DIRECTOR

Ing. Javier Jiménez Espinosa

JJE' MRV' mdb.

## INDICE

RESUMEN	
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. TECTONICA Y EL VALOR DE b	2
I.1 Tectónica.	2
I.2 El valor de b	7
I.2.1 La relación Gutenberg-Richter	7
I.2.2 Premonitorios, réplicas y enjambre: resultados de laboratorio.	8
I.2.3 Observaciones sísmicas para la secuencia de premonitorios, réplicas y el valor de b.	9
I.2.4 Estimación de b y el método de estudio.	11
I.2.5 Cálculos y resultados.	13
I.3 Análisis y conclusiones.	31
CAPITULO II. RELACION ENTRE LA MAGNITUD DEL TERREMOTO PRINCIPAL ( $M_0$ ) Y LA MAGNITUD DE LA REPLICA MAYOR ( $M_1$ )	34
II.1 Relaciones entre $M_0$ y $M_1$ para diversas regiones del mundo.	34
II.2 Método de estudio.	35
II.3 Resultados y conclusiones.	38
CAPITULO III. MIGRACION SISMICA EN CHIAPAS	41
III.1 Objetivos.	41
III.2 Método de estudio y resultados.	41
III.3 Análisis y conclusiones.	49
AGRADECIMIENTOS	50
APENDICE I	51
BIBLIOGRAFIA	74

## RESUMEN

Empleando los datos sísmicos registrados por el PDE se calcularon los valores de  $a$ ,  $b$  y sismicidad para la zona sísmica comprendida entre los  $11-20.5^{\circ}\text{N}$  y  $86-106^{\circ}\text{W}$  en el periodo de 1963-81; para ello fue necesario dividir esta zona en tres regiones paralelas a la trinchera Mesomericana a 80 km, 190 km y para los eventos profundos en Chiapas. En cada región se trazaron áreas circulares con un radio de  $1^{\circ}$  y se traslaparon entre sí; para cada área se obtienen los valores de  $a$ ,  $b$  (calculados con  $m_B$ ) y sismicidad en los tres rangos de profundidad dados: someros, intermedios y profundos, y para todos los eventos. El valor de  $b$  presenta las características siguientes: 1) se incrementa a partir de los estados de Colima y Michoacán hasta Chiapas y Centroamérica; 2) decae -en los tres rangos de profundidad- con la distancia a partir de la trinchera, llegando a ser mínimo para los eventos profundos en Chiapas; 3) decae para los eventos someros y aumenta para los eventos intermedios y profundos -comando- como referencia el valor de  $b$  calculado a partir de todos los eventos para cada área-; 4) en general, es alto ( $>1.0$ ) para la gran mayoría de las áreas circulares en los tres rangos de profundidad, observándose que los valores más altos están localizados en la unión triple de las placas de Cocos, Americana y del Caribe. Las variaciones presentadas en las curvas  $b$  vs longitud tal vez está relacionadas con los 'gaps' de Michoacán y Tehuantepec, así como, con la junta triple de placas de Cocos, Americana y del Caribe. El análisis de las curvas  $\log N(5)$  -observado- y  $\log N(5)$  -calculado- vs longitud, muestra que el número de eventos con magnitudes menores que 5 que faltan en los registros, es constante para la gran mayoría de las áreas.

La sismicidad aumenta marcadamente a partir de Colima hasta Centroamérica, estando relacionada en una forma más notoria que para  $b$  con el 'gap' de Michoacán.

La velocidad de penetración de la placa de Cocos bajo la Americana parece estar relacionada con los valores de  $b$  y sismicidad ya que, se incrementa a partir de Colima hasta Centroamérica.

Se analiza la relación de  $M_0$  y  $M_1$  para todos los eventos sísmicos que cayeron dentro de esta zona de estudio con una  $M_0 \geq 5.57$ , teniéndose lo siguiente: 1) no es posible encontrar una relación satisfactoria para estos datos debido a la dispersión que presentan entre sí; 2) los eventos con  $M_0 \geq 6.7$  se disponen aproximadamente a la relación dada por Båth para el rango mundial observado, pero esto no es necesariamente cierto debido a la inconsistencia en los datos; 3) en general, el área de ruptura es más suave para los eventos sísmicos con  $M_0 \geq 7.0$  que ocurren en esta región de estudio que para otros eventos en diversas partes del mundo.

Del estudio de la migración sísmica en Chiapas se tienen dos posibles secuencias regulares para algunos grandes eventos ( $M \geq 7.0$ ), las cuales presentan la característica bastante significativa que los primeros eventos ocurren en la frontera de México con Guatemala y los últimos ocurren en el Istmo de Tehuantepec.

## INTRODUCCION

La variación espacio-tiempo de la sismicidad para diversas regiones del mundo, antes y después de un gran terremoto ha sido estudiada por varios investigadores con el propósito de comprender mejor los procesos físicos asociados en la generación de los terremotos y usarla posteriormente como una herramienta más en estudios de predicción sísmica.

En la presente tesis, se intentará realizar un estudio completo sobre el valor de  $b$  (de la fórmula de Gutenberg-Richter:  $\log n(M)=a-bM$ ), de la relación entre la magnitud de un terremoto principal dado ( $M_0$ ) y el de su réplica mayor ( $M_1$ ), para diversas zonas de México y América Central, con el propósito de encontrar alguna relación entre dichos valores y el de la tectónica de cada zona.

Finalmente, se hará un estudio de la migración sísmica al sur de México, principalmente en Chiapas, apoyándose en los resultados obtenidos anteriormente, así como de la tectónica de dicha región, con el propósito de poder predecir algún evento sísmico importante futuro, basado en alguna secuencia sísmica localizada.

El programa empleado en esta tesis se enlista al final.

## 1. TECTONICA Y EL VALOR DE b

### 1.1 TECTONICA

En la teoría de la Tectónica de Placas se considera que la capa superior de la Tierra está dividida por varios bloques fragmentados denominados placas (ver Fig. 1). Dichas placas presentan movimientos relativos entre sí y el efecto que producen en sus bordes es el de vulcanismo, orogénias, generación de terremotos y fenómenos tectónicos en general. Para los propósitos de la presente tesis, se prestará más atención a las características en los bordes de las placas y a sus relaciones con la generación de los terremotos en la parte correspondiente a la zona de subducción de la placa de Cocos bajo las placas Americana y del Caribe. Wilson (1965) - clasifica estas características en tres clases principales:

- 1) Límites de crecimiento o divergentes: donde la placa se crea, por ejemplo, en la dorsal de Galápagos y en la cordillera oceánica del Pacífico - Este.
- 2) Límites de destrucción o convergentes: donde la placa entra en subducción con otra.
- 3) Límites de conservación: donde la placa se desliza lateralmente respecto a otra, sin pérdida ni ganancia de material entre ellas; están representados por fallas de transformación como por ejemplo, la zona de fallas de Rivera o la de Orozco en el Océano Pacífico, cerca de México (ver Fig. 2).

Para explicar el movimiento entre las placas, Dietz (1961) y Hess (1962) han propuesto que dicho movimiento es debido a algún tipo de convección en el manto y que las placas se generan surgiendo de éste por la zona de las dorsales, renovándose cada 300 ó 400 M.a., al sumergirse por la zona de subducción generan una serie de fenómenos geológicos y tectónicos de enorme importancia, siendo quizás la generación de los terremotos el efecto más notorio percibido por nuestros sentidos. Las placas oceánicas se desplazan como un cuerpo rígido y sus dimensiones son de varios millones de km cuadrados, por ejemplo, la placa de Cocos tiene un área de  $3 \times 10^6$  km<sup>2</sup> y unos 70 km de espesor en la parte norte y de 90 km en la parte sur

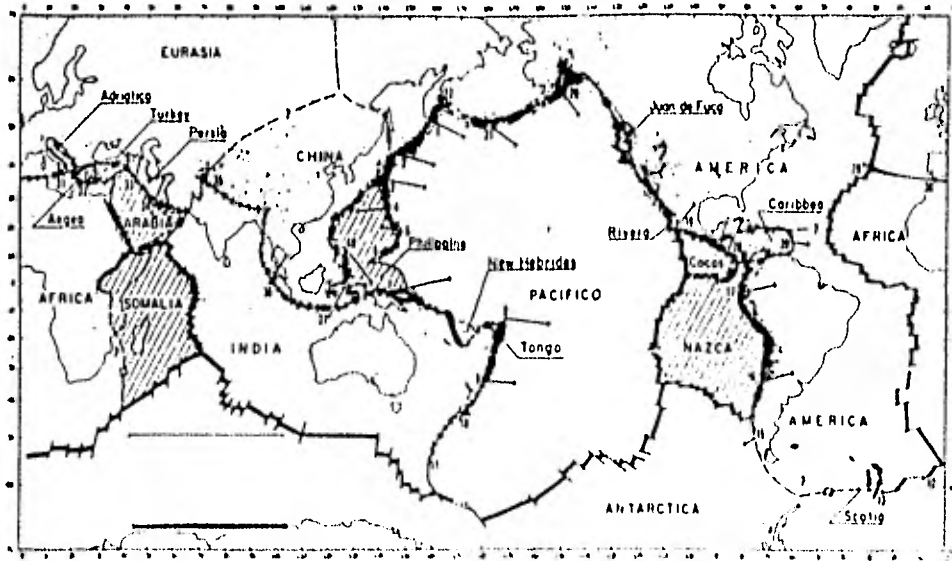


Fig. 1 La Litósfera compuesta por varias placas (para LePichon, 1968 es de 6; para Morgan, 1968 es de 20).

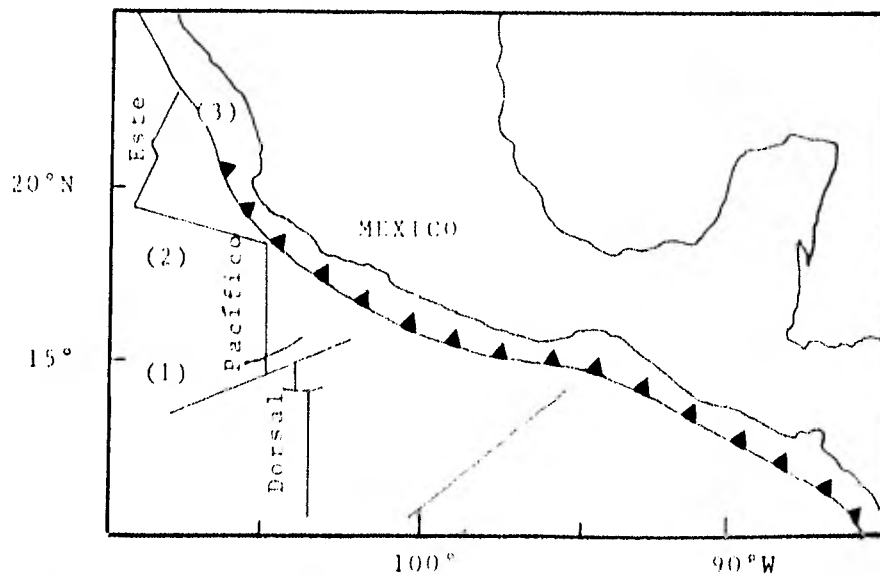


Fig. 2 Límites de conservación: representado por fallas de transformación. Z. F. OROZCO(1); Z. F. RIVERA (2); Z. F. TAMAYO(3).



(Hanus y Vanek, 1977); están constituidos por el mismo material del manto, probablemente peridotita-roca con gran contenido de olivino: silicato de Mg y Fe-, con unos 5 km de basalto hacia la cima.

La principal actividad tectónica al sur de México y América Central es la subducción de la placa de Cocos bajo las placas Americana y del Caribe (Molnar y Sykes, 1969; Dean y Drake, 1978). Esta placa está limitada al noroeste por la trinchera Mesoamericana, al este por la zona de fractura de Panamá, al oeste por la dorsal del Pacífico Este y al sur por la dorsal de Galápagos. Su área está cruzada por grandes y poco activas fallas: Tehuantepec, Cliperton, Orozco, Siqueiros, Rivera, Tamayo y otros de menor importancia (ver Fig. 2). De acuerdo a Atwater (1970), las placas de Cocos, Rivera, Juan de Fuca y Gorda son restos de una gran placa llamada Farallón, que al destruirse formó una junta triple al NW de la placa de Cocos actual y que la constituyen la unión de la dorsal del Pacífico Este, la trinchera Mesoamericana y el sistema de fallas de San Andrés (ver Figs. 3a y 3b). El polo de rotación de la placa de Cocos con respecto a la Americana está localizado a los  $29.8^{\circ}\text{N}$  y  $121^{\circ}\text{W}$ , teniendo una velocidad angular de 1.489 grados por millón de años (Minster y Jordan, 1978). Como ha sido sugerido por Hess (1933-38); Bucher (1952); Hess y Maxwell (1953) y Wilson (1966); la placa del Caribe se está moviendo hacia el este relativa a la Americana, la placa de Cocos se mueve hacia el  $\text{N}35^{\circ}\text{E}$  entrando bajo la Americana en México (Gunn, 1943; Mooser, 1974; Molnar y Sykes, 1969), con un echado de  $38^{\circ}$ - $40^{\circ}$  en la parte noreste, correspondiente a la zona de Wadati-Benioff, y profundidad de penetración a lo largo de la trinchera Mesoamericana entre 80-145 km (Hanus y Vanek, 1977).

Los volcanes que aparecen en el Eje Neovolcánico en México, presentan ciertas características importantes que se deben hacer notar al estudiar la tectónica de esa zona:

- 1) Una parte de ellos no están localizados cerca de la trinchera, sino que se encuentran a unos 400 km distantes de ella, formando un ángulo de  $20^{\circ}$  con la zona de subducción, mostrando una alineación en zig-zag (Mooser, 1969).

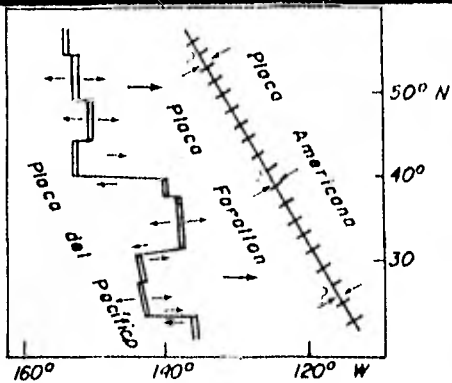


Fig. 3a Movimiento relativo de las 3 placas, hace 53 m. a. aproximadamente.  
(Tomado de T. Alwater, 1970)



Fig. 3b Posición actual de las placas Americana y del Pacífico, con un movimiento relativo de 6 cm/año paralelo al sistema de fallas de San Andrés.  
(Tomado de T. Alwater, 1970)

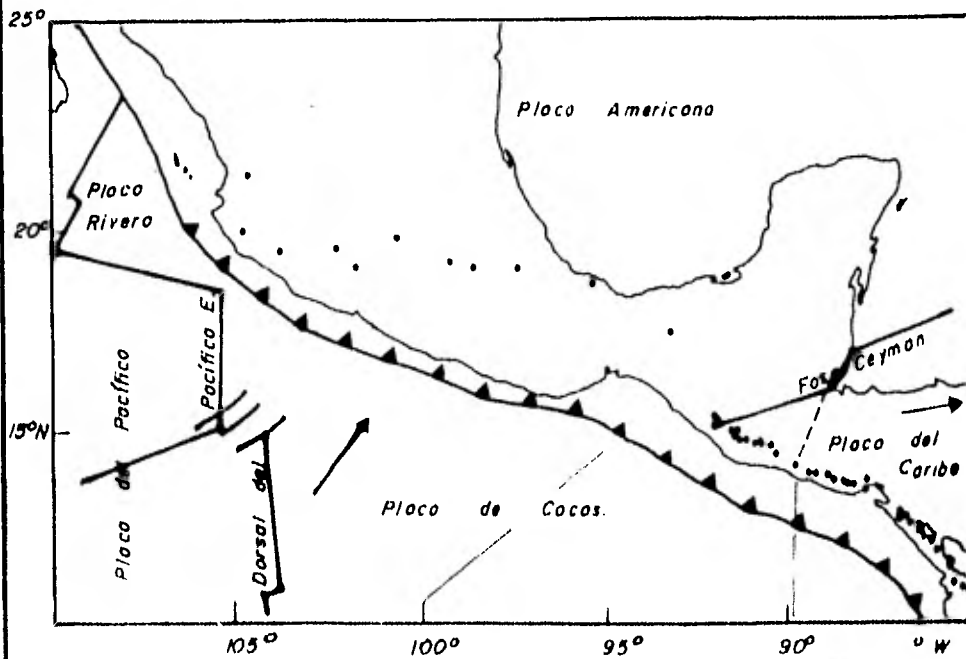


Fig. 4 Tectónica para la región en estudio  
(●) Volcanes

2) No están dispuestos paralelos a la trinchera como se observa en la mayoría de las regiones que presentan zonas de subducción (ver Fig. 4).

Para explicar el porqué de estas características, Mooser (1974) - postuló un modelo en el cual la placa de Cocos se rompe en varias secciones entrando con ángulos diferentes bajo la Americana, siendo menores al sur de México, donde la placa penetra con mayor velocidad. Otro factor - que quizás provoque esta distribución anómala podría ser el que los magmas siguen caminos irregulares en su ascenso hacia la superficie, debido probablemente a que van ascendiendo por varias zonas de fracturas. Las fallas individuales superficiales en estas zonas miden hasta 70 km teniendo un rumbo NNE y SSW con la misma orientación que la de los aparatos volcánicos (López, 1979).

## I.2 EL VALOR DE b

### I.2.1 La relación Gutenberg-Richter.

Una de las más importantes leyes estadísticas en sismología es la relación magnitud-frecuencia de los terremotos dada por Gutenberg-Richter en 1944 (Ec. 1). Esta ley ha llegado a ser básica para la sismología estadística en las últimas 3 décadas. Se ha confirmado plenamente que el número de terremotos  $\int n(M)dM$  con magnitud entre M y M+dM ocurriendo en una región determinada durante un cierto periodo de tiempo se puede expresar como :

$$\log n(M) = a - bM, \quad \dots(1)$$

en donde la constante 'a' depende del periodo de observación, del tamaño del área investigada y del nivel de la actividad sísmica; la constante b está caracterizando a la distribución magnitud-frecuencia y su significado físico se tratará más adelante. Una relación equivalente a (1) puede escribirse en términos del número acumulado de los terremotos N(M), con magnitud mayor o igual que M y es:

$$\log N(M) = a' - bM, \quad \dots(2)$$

la relación entre 'a' y a' está dada por:

$$a' = a - \log (b \ln 10) \quad \dots(3)$$

siendo:

$$\int_M^{\infty} n(M)dM = N(M) \quad \dots(4)$$

La fórmula (2) se usa más frecuentemente que la (1), ya que la curva n(M) acumulada no está influenciada por diferentes clases de magnitud y da una curva más suave que la curva n(M) ordinaria.

### 1.2.2 Premonitorios, réplicas y enjambre: resultados de laboratorio.

Los términos 'réplica' y 'premonitorio' están ampliamente difundidos pero sin una definición exacta. En esta tesis una breve definición de estos términos podría hacerse de la siguiente manera: 'a menudo se observa que un cierto número de terremotos ocurren en grupo dentro de un intervalo limitado en espacio y tiempo. El terremoto de esta serie cuya magnitud sea la mayor es llamado terremoto principal ( $m_0$ ), los de menor magnitud ocurriendo antes y después de éste son llamados premonitorios y réplicas respectivamente'.

Generalmente, las réplicas son fácilmente identificables especialmente donde la actividad sísmica es baja. Sin embargo, algunas veces un terremoto principal puede ser reconocido como una réplica (o como un premonitorio) de otro terremoto principal, o bien, puede ser uno independiente. Aunque tales eventos ambiguos no influyen seriamente en los resultados de muchos estudios, es necesario prestarles mucha atención cuando dichos estudios estén enfocados a la predicción sísmica.

De acuerdo a los resultados de Mogi (1962b,c,d; 1963a,b) las diferentes secuencias de terremotos -premonitorios, réplicas y enjambre-, se presentan debido al estado estructural del medio, como también a la distribución espacial de los esfuerzos (ver Fig. 5). Esto es,

1. Primer tipo: ocurre cuando la estructura es homogénea y los esfuerzos están uniformemente aplicados, teniéndose un evento principal seguido de una secuencia de réplicas.
2. Segundo tipo: ocurre cuando la estructura es más o menos heterogénea y/o los esfuerzos aplicados no son uniformes, entonces se presenta una secuencia de premonitorios seguida de un evento principal y de una secuencia de réplicas.
3. Tercer tipo: ocurre cuando la estructura es extremadamente heterogénea y/o los esfuerzos aplicados están muy concentrados, teniéndose que los eventos sísmicos se presentan en gran número no pudiéndose distinguir ningún evento sísmico principal; este tipo de ocurrencia es típico en zonas

de gran actividad volcánica y de fuentes termales.

El valor de  $b$  para cada uno de los tipos dados, depende principalmente del estado de fracturamiento y de la estructura de los materiales del medio. Para el primer tipo (homogéneo) se esperan bajos valores de  $b$  (0.5-0.7), para el segundo y tercer tipos se esperan valores moderados (0.7-1.0) y altos ( $>1.0$ ), respectivamente.

### 1.2.3 Observaciones sísmicas para las secuencia de premonitorios, réplicas y el valor de $b$ .

Las secuencias de premonitorios observadas en diferentes regiones del mundo están asociadas casi exclusivamente para eventos someros, mostrando que la actividad sísmica unos días antes del terremoto principal se incrementa anómalamente y que, en las últimas 3 ó 4 horas anteriores a dicho evento, alcanzan un máximo grado de ocurrencia, incrementándose también su magnitud media observada en unas centésimas de la unidad de magnitud (Seggern, 1981). Para algunas regiones sísmicas, estas secuencias ocurren en una zona preferente al lado del terremoto principal, presentándose además con más frecuencia en regiones fuertemente fracturadas, que en regiones menos afectadas (Utsu, 1970).

De acuerdo a Miyamura (1962), el valor de  $b$  es muy pequeño (0.4-0.6) para las regiones petroleras, pequeño (0.6-0.7) para las zonas continentales y de plataforma, moderados (0.7-1.0) en zonas orogénicas y grandes (1.0-1.8) en las regiones oceánicas -incluyendo las dorsales-. Estos resultados vienen a ser consistentes con lo mencionado arriba ya que, los valores pequeños de  $b$  en zonas continentales estables pueden ser atribuidos a sus estructuras homogéneas poco fracturadas y los valores altos en zonas activas son explicados por sus estructuras fracturadas, conteniendo muchas fallas.

Generalmente, el número de réplicas es mayor que el de premonitorios, siendo también mayor su valor de  $b$  (Suyehiro et al., 1964; Mogi, 1963b; Berg, 1968).

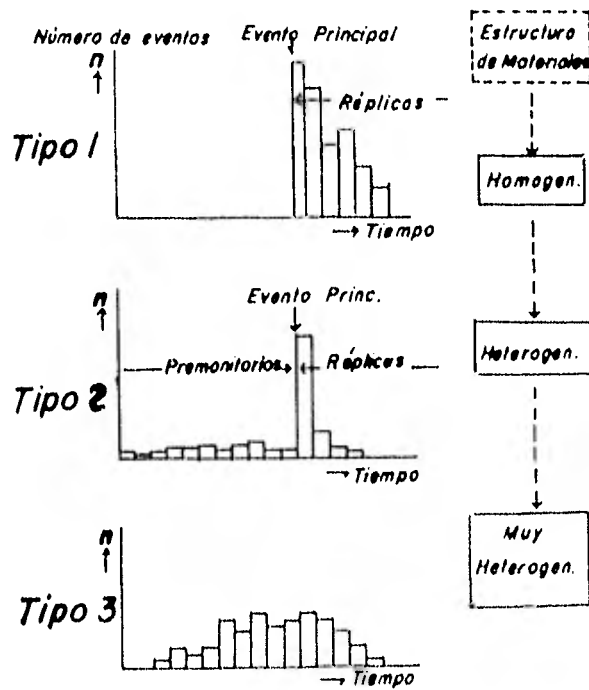


Fig. 5 Tres tipos de secuencias de choques acompañados de fracturas y sus relaciones con los estructuras del medio (Tomado de Magi, 1963 b)

Varias tesis mencionan brevemente el valor de b para algunos eventos sísmicos importantes ocurridos en México y América Central (ver Tabla 1). Desafortunadamente, no existe una congruencia en los métodos ni en los criterios utilizados para su evaluación, por lo que su comparación y análisis es bastante difícil.

En la presente tesis, se pretende hacer un estudio completo de b para las regiones mostradas en el Mapa 1, mediante el método y criterios descritos en el punto siguiente. Seguidamente se analizarán estos resultados con la tectónica mencionada en el punto 1.1 anterior y con la sismicidad observada, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por otros investigadores para diversas regiones del mundo que se resumieron arriba.

#### 1.2.4 Estimación de b y método de estudio.

El valor de b en la ecuación (2) para un grupo dado de terremotos ha sido generalmente determinado de la pendiente de la recta al graficar puntos sobre un diagrama log N(M) vs magnitud por el método de Mínimos Cuadrados. Esto es:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2} \dots (5)$$

$$b = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

en donde N: es el número de eventos con  $m_B$  magnitud mínima de corte considerada (ver punto siguiente); X: corresponde a la magnitud de los eventos sísmicos y Y: es el log N(M) (ver figuras del Apéndice 1). La medida de dispersión de los puntos a la recta de regresión encontrada está dada por:

$$S_{Y,X}^2 = \frac{\sum Y^2 - a\sum Y - b\sum XY}{N} \dots (6)$$

Mediante este método, el presente autor calculó los valores anteriores para las áreas circulares que se muestran en el Mapa 1, empleando para ello un programa de computadora que se elaboró para facilitar su de-



No. Eventos	Tiempo de origen				Coord. Geograf. Prof.			a	b	Referencias y comentarios				
	año	mes	día	hora	lat(°N)	lon(°W)	(km)	Mc	Hb	Ms				
	hasta	1958			México y América Central						M	0.92	Gutenberg-Richter (1954).	
					México y A.C.						M	0.90	Miyamura (1962).	
					México							1.0	Evernden (1970).	
230	abril-julio	1970			13-16	92-95	<70		4-6			0.21	Mota (1973): tipo enjambre	
24	enero	30	1973		Colima, Méx.			>4.0	7.5			0.97	Reyes et al., 1973.	
					América Central							≥6.8	1.15 Hattori (1974).	
												≥7.2	0.96 "	
												≥4.0	1.03 Ohtake et al., 1978.	
38	1973-77				10-20	90-105	<60							
	15 enero-15 abril	1979			Itzamtún, Chis.		<60	<2.5			2.0	0.84	Uribe (1979):	
90	79	02	09	16	19.844	100.18	8.19	5.1	5.3		5.15	0.99	Mc=1.54logT-0.7; T: coda.	
													Astíz (1980):	
													Mc=1.62logT+0.00283D+0.0053	
													D: distancia epicentral.	
148	78	11	29	19	16.010	96.59	18.0		6.4		8.4	1.4	González (1980):	
													Mc=1.87T-0.86 (3≤Mc≤5)	
120	25 enero-31 mayo	1979			16-18	93-95	>60	5.1	4.9		8.67	1.77	Novelo (1980):	
													Mc=0.09+1.85T+0.0004D	
186	79	03	14	11	17.813	101.28	49		6.5			1.67	Zúñiga & Valdés (1980):	
													Mc=-0.87+2.0logT+0.0035D	
206	junio-julio	1977			16.3-	99.3-	<110	<4.0			4.44	0.91	Morales (1980):	
					17.5	101.0							Mc=-0.87+2.0logT+0.0035D	
87	1963-1978				"	"	<70		4-6.1		5.13	1.15	Morales (1980).	
139	20 enero-18 abril	1979			16.010	96.591	18		6.4		5.61	1.15	Núñez (1980).	
	abril-julio	1979			16.010	96.591	18	≥2.8	6.4		5.04	1.19	Del Castillo (1980);	
													Mc=2logT-0.87+0.0035D	

Tabla 1. Valores de 'a' y 'b' para algunos eventos sísmicos y regiones dados por diversos autores.

terminación (ver Apéndice I y el listado de este programa al final de la tesis). Los datos para los eventos sísmicos se tomaron del reporte del PDE: Preliminar Determination of Epicenters (Determinación Preliminar de Epicentros) para el periodo de 1963-81 ya que, a partir de esta fecha empezó a funcionar la red mundial sísmica y con ello las determinaciones fueron más confiables, presentando además la magnitud de las ondas de cuerpo ( $m_p$ ) para todos los eventos sísmicos y que fue la empleada en este estudio. Como para ciertas regiones hubieron pocos eventos, el vector del número de eventos acumulados  $N(M)$  se formó tomando el promedio de los tres primeros elementos del vector  $n(M)$ , empezando a partir del último elemento de éste (ver Apéndice I).

Las coordenadas geográficas de los centros para las 46 regiones circulares mostradas en el Mapa 1 se determinaron de la siguiente manera: 'se trazó una línea paralela a la trinchera Mesoamericana a 80 km y sobre ella se fueron tomando los centros para cada región, traslapándose unas con otras. Seguidamente se trazaron otras circunferencias a 190 km (aprox.) paralelas también a la trinchera, para cubrir así toda el área sísmica de esta región en estudio'.

#### 1.2.5 Cálculos y resultados.

Se hicieron tres corridas del programa para las 46 regiones en las cuales lo único que varió fue la profundidad de los hipocentros (o focos) en: la primera fue hecha considerando a todos los eventos sísmicos (prof. entre 0-500 km); la segunda fue hecha para los eventos someros ( $\leq 60$  km) y la tercera fue hecha para los eventos intermedios y profundos ( $>60$  km). Esto se hizo para ver si el valor de  $b$  variaba significativamente con la profundidad, teniendo un radio de investigación constante de 1 grado (111 km aprox.).

Como de los resultados para cada corrida del programa se listan los valores de magnitud correspondientes a cada evento sísmico, el presente autor contó el número de eventos con más para cada región, obteniendo así los valores de  $\log N(5)$  observados, como también obtenemos 'a' y 'b'

en cada corrida se calcularon los valores de  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$  y  $\log N(5)$ . Así, al graficar todos estos resultados vs magnitud obtenemos las curvas mostradas en las figuras 6-12 las cuales se analizarán entre sí y con las curvas  $\log S$  (logaritmo de la sismicidad) y del valor de  $b$  vs longitud de las mismas figuras en el punto siguiente. Hay que hacer no tar que para las regiones correspondientes a Centro América hicieron falta los eventos sísmicos para 1981 por lo que los valores de  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observados y  $\log S$  se ven afectados en un 5%, lo cual no influye seriamente en los resultados y conclusiones.

Los valores anotados en las Tablas 2-7 correspondientes a: Magnitud mínima, ESE (Error Standard de la Estimación), y  $\log S$  significan:

Mag. mín.: magnitud mínima de corte a considerar al trazar la recta de regresión encontrada cuando se grafica  $\log N(M)$  vs magnitud. Esto es, que los puntos con magnitudes menores que la mínima se desechan al evaluar  $b$ . La magnitud máxima de corte fue de 5.8 para todas las corridas.

$ESE(S_{Y,X}^2)$ : medida de la dispersión de los puntos a la recta de regresión encontrada y que se definió arriba (Ec. 6).

$\log S$ : es el logaritmo de la sismicidad, la cual fue definida a partir de la pendiente de la recta de regresión encontrada al graficar el número de eventos acumulados vs tiempo (mes), dividida entre el área (grados cuadrados) para cada región.

Región	Coordens. Geográficas		No. Eventos	Prof. (Km)	Mínimos Cuadros		Mag.* min.	log S <sup>1</sup>	logN(5) <sup>2</sup> Observ.	logN(5) <sup>3</sup> calcul.
	LAT(°N)	LON(°W)			a	b				
1	20.00	105.41	21	00-500	7.37	-1.42	4.4	-0.45	-1.17	-1.50
2	19.34	104.66	47	"	7.54	-1.35	4.6	-0.09	0.00	-0.98
3	18.75	103.86	59	"	7.38	-1.30	4.6	0.00	-0.69	-0.89
4	18.27	103.00	62	"	7.98	-1.39	4.6 <sup>c</sup>	0.04	-0.62	-0.74 <sup>c</sup>
5	17.82	102.05	69	"	7.89	-1.38	4.6	0.05	-0.54	-0.78
6	17.46	101.16	98	"	7.93	-1.34	4.6	0.18	-0.37	-0.54
7	17.11	100.26	143	"	8.03	-1.34	4.6	0.36	-0.34	-0.44
8	16.78	99.27	190	"	8.43	-1.43	4.4	0.50	-0.41	-0.49
9	16.46	98.30	214	"	9.42	-1.64	4.4	0.56	-0.37	-0.55
10	16.17	97.30	174	"	9.07	-1.55	4.6	0.46	-0.36	-0.45
11	16.00	96.35	144	"	8.13	-1.36	4.6	0.33	-0.43	-0.44
12	15.84	95.35	138	"	7.77	-1.32	4.4	0.34	-0.49	-0.60
13	15.34	94.47	178	"	8.71	-1.48	4.4	0.48	-0.37	-0.46
14	14.85	93.63	348	"	9.26	-1.53	4.4	0.79	-0.03	-0.16
15	14.34	92.77	442	"	8.70	-1.39	4.4	0.88	0.12	-0.02
16	13.91	91.80	400	"	8.30	-1.32	4.5	0.81	0.11	0.02
17	13.54	90.89	325	"	9.73	-1.63	4.5	0.73	-0.08	-0.19
18	13.22	89.92	251	"	11.57	-2.07	4.5	0.64	-0.41	-0.55
19	12.94	89.00	231	"	10.77	-1.89	4.5	0.58	-0.39	-0.45
20	12.48	88.11	245	"	10.76	-1.87	4.5 <sup>c</sup>	0.59	-0.24	-0.31 <sup>c</sup>
21	11.88	87.26	230	"	9.07	-1.50	4.5	0.57	-0.17	-0.20
22	11.19	86.50	201	"	9.61	-1.62	4.5	0.54	-0.23	-0.26

\*c indica que hubo un ESE >6.15

<sup>1</sup>(No. de eventos acumulados/área por tiempo)

<sup>2</sup>(No. de eventos con  $m \geq 5.0$ /área por tiempo)

<sup>3</sup>(No. de eventos con magnitud  $\geq 5.0$ /área por tiempo)

Tabla 2. Valores de a, b, log S, log N(5)- observado -, log N(5)- calculado -, para las regiones situadas a 80 Km. de la trinchera "boreoamericana", con un radio de investigación de 1° para el período de 1963-81.

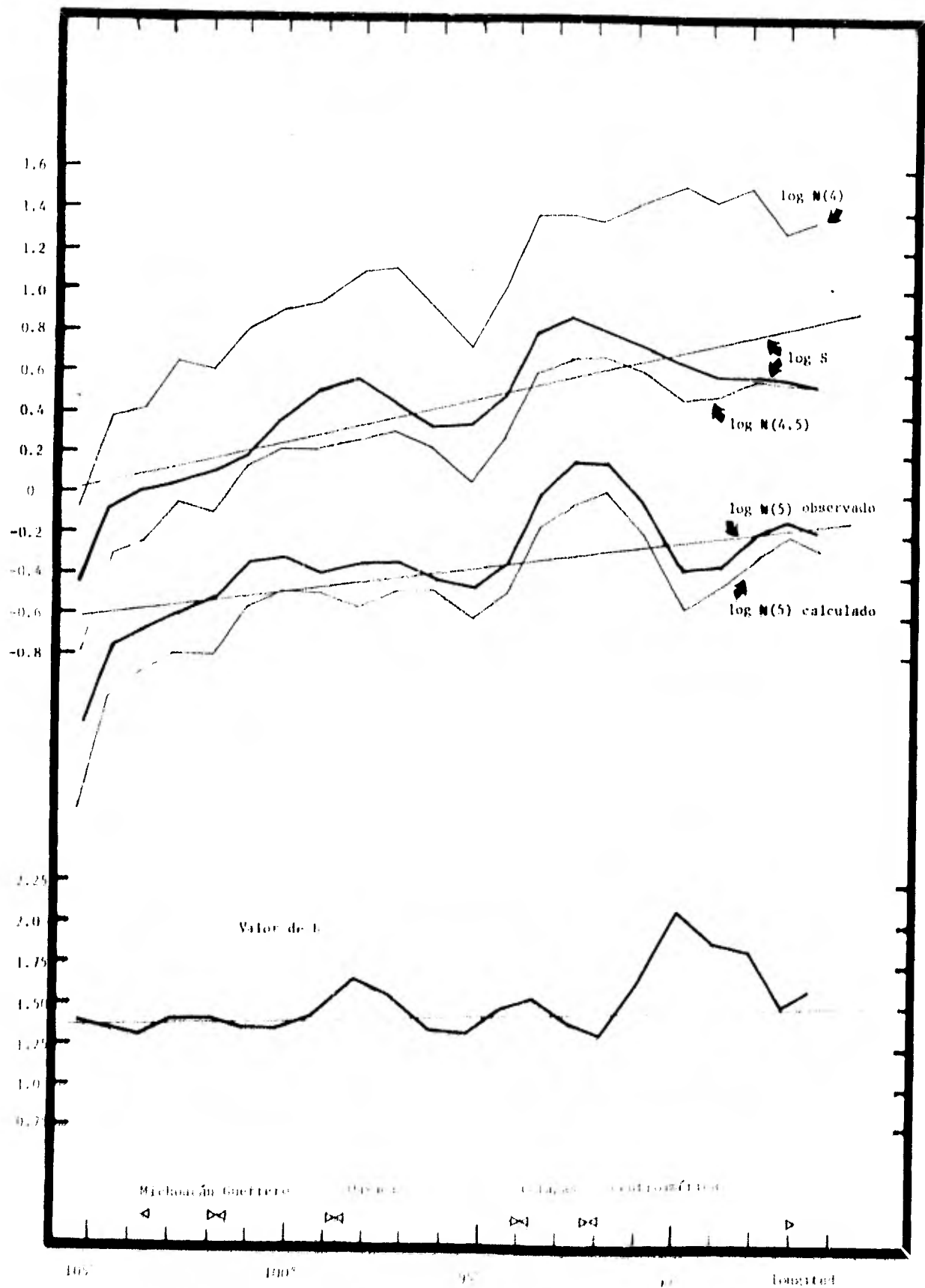


Fig. 1. Curvas de  $\log S$ , valor de  $t$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observado y calculado vs longitud para los eventos con un rango de profundidad de  $0-100 \text{ km}$  en las tectónicas de este estudio.

Región	Coordens. Geográficas.		No. Eventos	Prof. (km)	Mínimos Cuadrs.		Mag.* min.	log S	logN(5)	
	LAT(°N)	LON(°W)			a	b			Observ.	Calcul.
23	20.25	104.43	12	00-500	13.52	-2.73	4.6	-0.72	-1.77	-1.90
24	19.69	103.62	25	"	7.60	-1.41	4.6	-0.35	-1.17	-1.22
25	19.20	102.77	43	"	6.92	-1.18	4.6	-0.08	-0.76	-0.75
26	18.80	101.87	46	"	5.61	-0.94	4.2c	-0.12	-0.66	-0.86c
27	18.44	100.96	118	"	6.40	-1.03	4.2	0.26	-0.34	-0.52
28	18.05	100.00	117	"	6.63	-1.10	4.4	0.26	-0.52	-0.64
29	17.74	99.05	89	"	7.80	-1.37	4.4	0.18	-0.73	-0.82
30	17.40	98.11	112	"	9.02	-1.62	4.4	0.27	-0.66	-0.85
31	17.09	97.16	95	"	7.95	-1.41	4.4	0.19	-0.66	-0.87
32	16.98	96.19	92	"	6.57	-1.11	4.4	0.11	-0.77	-0.8
33	16.80	95.22	129	"	8.49	-1.51	4.4	0.27	-0.76	-0.83
34	16.32	94.35	141	"	7.41	-1.23	4.4	0.37	-0.36	-0.51
35	15.82	93.46	165	"	7.80	-1.30	4.4	0.43	-0.37	-0.47
36	15.32	92.63	279	"	8.20	-1.33	4.4	0.67	-0.13	-0.22
37	14.88	91.67	326	"	8.49	-1.36	4.5	0.73	0.02	-0.08
38	14.51	90.73	302	"	8.91	-1.45	4.5	0.71	0.01	-0.11
39	14.19	89.79	187	"	13.28	-2.44	4.5c	0.52	-0.41	-0.69c
40	13.88	88.85	122	"	9.27	-1.62	4.5	0.33	-0.49	-0.60
41	13.41	87.97	144	"	10.23	-1.78	4.5c	0.38	-0.32	-0.44c
42	12.86	87.08	120	"	7.23	-1.18	4.5	0.28	-0.32	-0.44
43	17.73	95.20	74	"	7.75	-1.44	4.5	0.54	-1.07	-1.22
44	17.25	94.31	106	"	8.59	-1.51	4.5	0.23	-0.56	-0.73
45	16.79	93.47	76	"	7.28	-1.23	4.5	0.13	-0.49	-0.64
46	16.29	92.58	78	"	6.15	-1.01	4.5	0.12	-0.54	-0.67

Tabla 3. Valores de a, b, log S, log N(5)- observado -, log N(5)- calculado -, para las regiones situadas a 190 km de la trinchera Mesoamericana y para los eventos profundos en Chiapas (42-46), con un radio de investigación de 1° para el periodo de 1963-81.

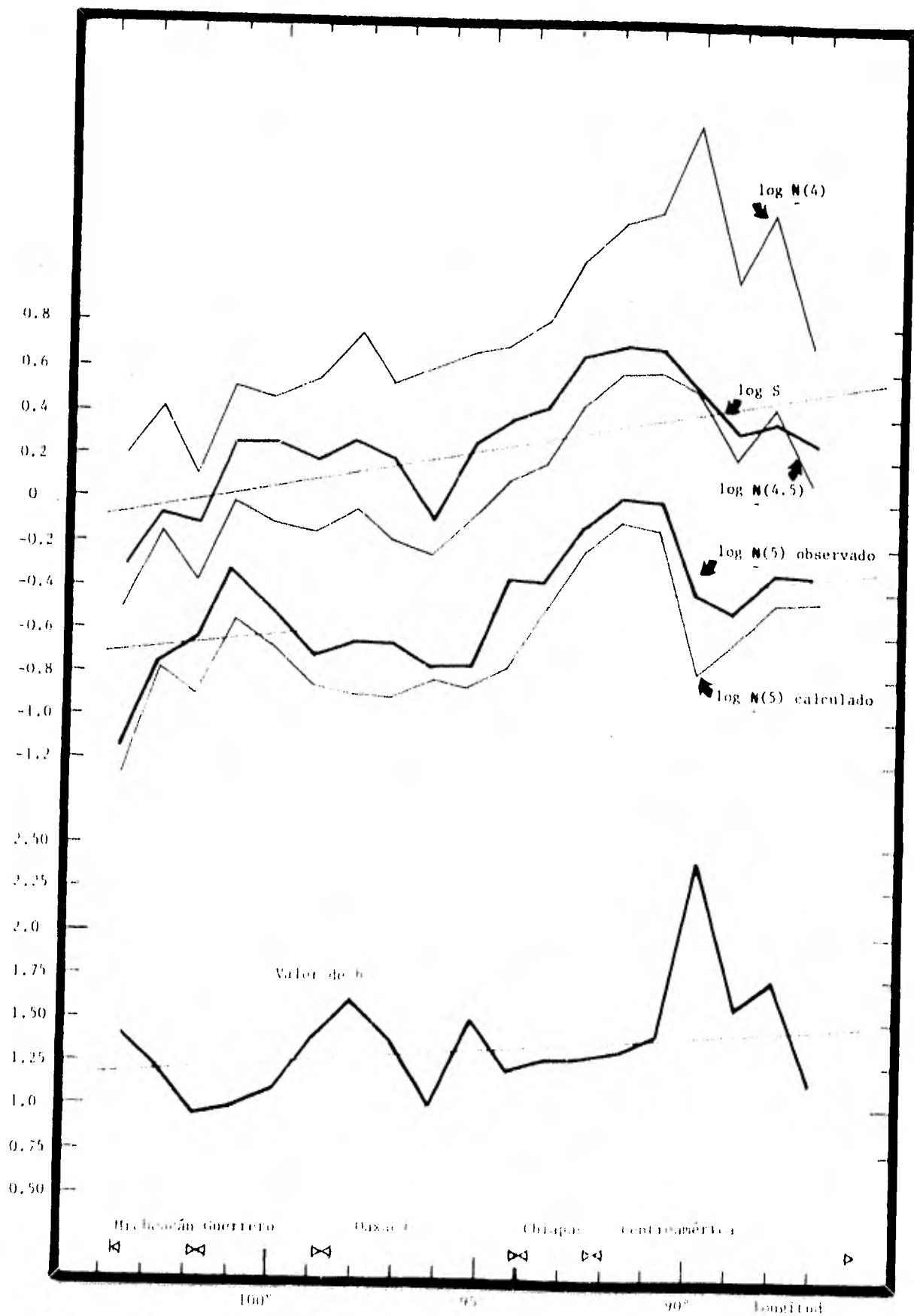


Fig. 2. Curvas de  $\log S$ , valor de  $b$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observado y calculado vs. longitud para los eventos con un rango de profundidad de 40-500 km de los repletes 23-42 de este estudio.

Región	Coordens. Geograf. s.		No. Eventos	Prof. (km)	Mínimos Cuadr. s.		Mag. * min.	Log S <sup>1</sup>	logN(5) <sup>2</sup> Observ.	logN(5) <sup>3</sup> calcul.
	LAT(°N)	Lon(°W)			a	b				
1	20.00	105.41	17	00-60	6.51	-1.30	4.4	-0.53	-1.29	-1.76
2	19.34	104.66	37	"	6.84	-1.23	4.6	-0.19	-0.87	-1.08
3	18.75	103.86	34	"	7.93	-1.45	4.5	-0.23	-0.93	-1.09
4	18.27	103.00	27	"	6.71	-1.21	4.6	-0.30	-0.82	-1.11
5	17.82	102.05	32	"	6.14	-1.07	4.6	-0.28	-0.69	-0.98
6	17.46	101.16	52	"	6.50	-1.09	4.6	-0.09	-0.52	-0.72
7	17.11	100.26	93	"	7.25	-1.20	4.6	0.16	-0.37	-0.52
8	16.78	99.27	151	"	7.97	-1.34	4.6	0.39	-0.43	-0.50
9	16.46	98.30	170	"	8.98	-1.56	4.4	0.45	-0.43	-0.59
10	16.17	97.30	128	"	9.03	-1.55	4.6	0.30	-0.41	-0.49
11	16.00	96.35	117	"	8.28	-1.40	4.6	0.22	-0.45	-0.49
12	15.84	95.35	105	"	7.24	-1.22	4.4	0.21	-0.49	-0.63
13	15.34	94.47	133	"	8.23	-1.40	4.4	0.35	-0.43	-0.54
14	14.85	93.63	275	"	9.10	-1.51	4.4c	0.69	-0.09	-0.22c
15	14.34	92.77	312	"	8.26	-1.32	4.4	0.73	-0.01	-0.11
16	13.91	91.80	178	"	7.78	-1.22	4.4	0.43	-0.39	-0.09
17	13.54	90.89	111	"	12.00	-2.25	4.5c	0.21	-0.73	-1.02c
18	13.22	89.92	78	"	9.79	-1.84	4.5	0.07	-1.07	-1.18
19	12.94	89.00	86	"	9.60	-1.77	4.5	0.11	-0.99	-1.02
20	12.48	88.11	136	"	10.02	-1.80	4.5	0.33	-0.62	-0.75
21	11.88	87.26	132	"	9.14	-1.59	4.5	0.33	-0.45	-0.58
22	11.19	86.50	114	"	8.87	-1.53	4.5	0.30	-0.52	-0.55

\*c indica que hubo un ESE > 0.15

<sup>1</sup> (No. de eventos acumulados/área por tiempo)

<sup>2</sup> (No. de eventos con  $m \geq 5.0$ /área por tiempo)

<sup>3</sup> (No. de eventos con  $m = 5.0$ /área por tiempo)

Tabla 4. Valores de a, b, logS, log N(5) - observado -, log N(5) calculado, para las regiones situadas a 80 km de la trinchera Mesoamericana, con un radio de investigación de 1° para el periodo de 1963-81.



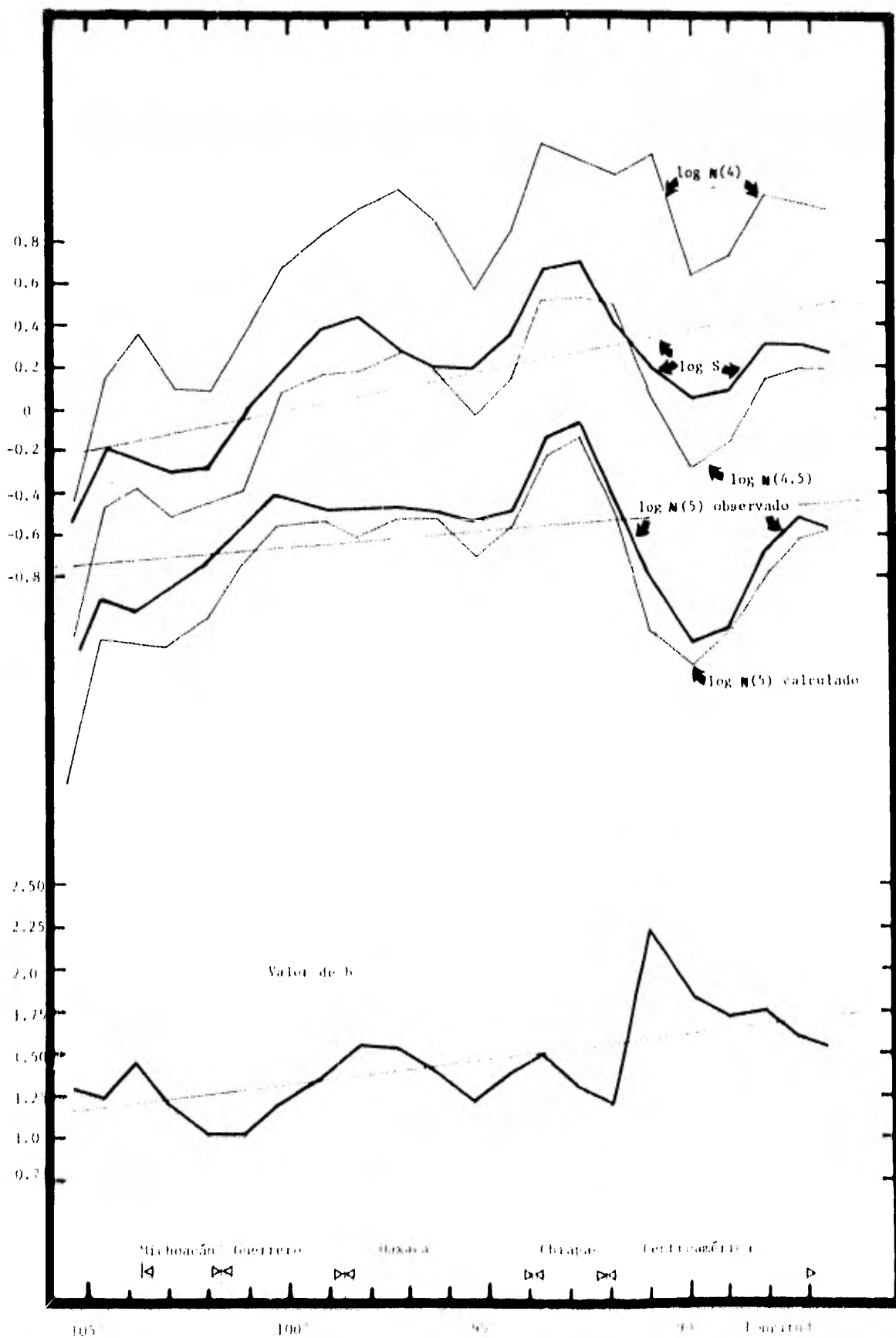


Fig. 8. Curvas de  $\log S$ , valor de  $b$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observado y calculado en longitud para eventos someros (00-60 km) de las regiones 1-22 de este estudio.

Región	Coordens. Geográficas		No. Eventos	Prof. (km)	Mínimos Cuadrs.		Mag.* min.	log S <sup>1</sup>	log N(5) <sup>2</sup>	
	LAT(°N)	LON(°W)			a	b			Observ.	Calcul.
23	20.25	104.43	5	00-60						
24	19.69	103.62	12	"						
25	19.20	102.77	14	"	7.99	-1.50	4.6	-0.54	-1.07	-1.28
26	18.80	101.87	12	"	4.75	-0.89	4.2	-0.79	-1.07	-1.47
27	18.44	100.96	32	"	4.69	-0.76	4.2	-0.34	-0.66	-0.88
28	18.05	100.00	36	"	5.25	-0.91	4.4	-0.27	-0.77	-1.07
29	17.74	99.05	40	"	6.07	-1.06	4.4	-0.21	-0.87	-1.00
30	17.40	98.11	59	"	7.79	-1.40	4.4	-0.20	-0.82	-0.98
31	17.09	97.16	53	"	7.13	-1.28	4.4	-0.07	-0.82	-1.04
32	16.98	96.19	57	"	6.22	-1.07	4.4	-0.14	-0.82	-0.90
33	16.80	95.22	59	"	8.26	-1.55	4.4	-0.10	-1.17	-1.26
34	16.32	94.35	59	"	9.14	-1.71	4.4 <sup>c</sup>	-0.04	-0.87	-1.13 <sup>c</sup>
35	15.82	93.46	73	"	7.35	-1.31	4.4	-0.01	-0.82	-0.97
36	15.32	92.63	150	"	7.65	-1.27	4.4	0.40	-0.39	-0.47
37	14.88	91.67	123	"	7.65	-1.30	4.5	0.27	-0.59	-0.61
38	14.51	90.73	102	"	9.61	-1.72	4.5	0.20	-0.54	-0.72
39	14.19	89.79	51	"	10.55	-2.00	4.5	-0.14	-0.93	-1.22
40	13.88	88.85	27	"	7.29	-1.41	4.5	-0.37	-1.29	-1.53
41	13.41	87.97	50	"	7.71	-1.39	4.5	-0.11	-0.82	-1.01
42	12.86	87.08	47	"	6.31	-1.10	4.5	-0.12	-0.77	-0.96

\*c: indica un ESE > 0.15.

<sup>1</sup>(No. de eventos acumulados/área por tiempo)

<sup>2</sup>(No. de eventos con m ≥ 5.0/área por tiempo)

<sup>3</sup>(No. de eventos con m = 5.0/área por tiempo)

Tabla 5. Valores de a, b, log S, log N(5) = observado -, log N(5) = calculado -, para las regiones situadas a 190 km de la trinchera Mesoamericana, con un radio de investigación de 1° para el periodo de 1963-81.

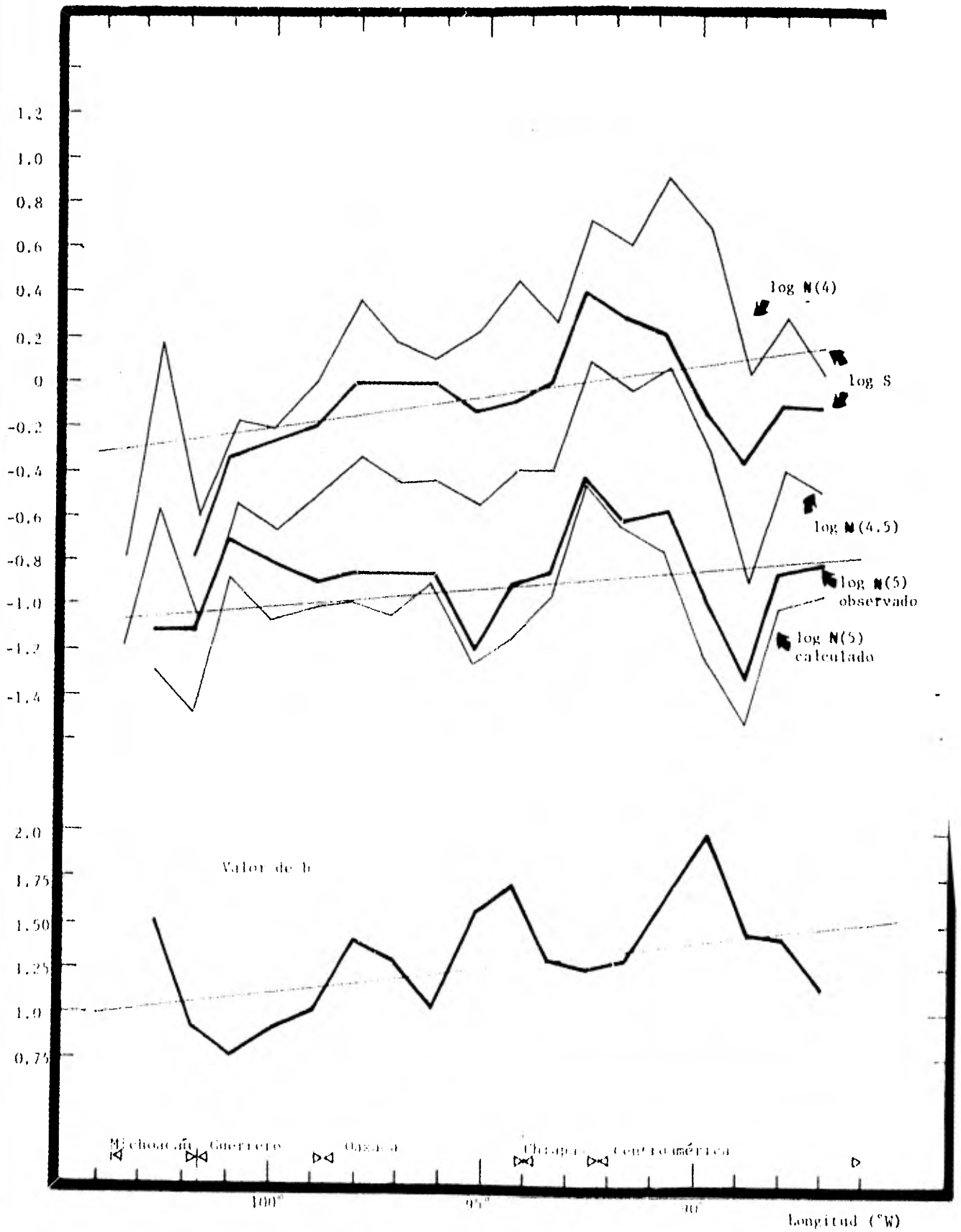


Fig. 9. Curvas de  $\log S$ , valor de  $b$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observado y calculado vs. longitud para eventos someros (09-60 km) de las regiones 2,3,4,5 de este estudio.

Región	Coordens. Geográficas		No. Eventos	Prof. (km)	Mínimos Cuadros		Mag. * min.	Log S <sup>1</sup>	logN(5) <sup>2</sup>	
	LAT (°N)	ION (°W)			a	b			Observ.	Calcul.
1	20.00	105.41	4	61-500	8.85	-1.84	4.50	-0.92	-1.77	-1.42
2	19.34	104.66	10	"	8.25	-1.62	4.50	-0.79	-1.47	-1.62
3	18.75	103.86	25	"	9.81	-1.86	4.60	-0.38	-1.07	-1.26
4	18.27	103.00	35	"	6.43	-1.15	4.60	-0.22	-1.07	-1.04
5	17.82	102.05	37	"	10.65	-2.03	4.60	-0.22	-1.07	-1.27
6	17.46	101.16	46	"	11.38	-2.15	4.60c	-0.15	-0.93	-1.14c
7	17.11	100.26	50	"	11.48	-2.23	4.60c	-0.09	-1.47	-1.44c
8	16.78	99.27	39	"	10.17	-1.99	4.40	-0.15	-1.77	-1.55
9	16.46	98.30	44	"	8.88	-1.71	4.40	-0.14	-1.29	-1.44
10	16.17	97.30	46	"	10.39	-2.02	4.60c	-0.10	-1.29	-1.48c
11	16.00	96.35	27	"	6.96	-1.40	4.60c	-0.39	-1.77	-1.81c
12	15.84	95.35	23	"	12.16	-2.50	4.40c	-0.27	-----	-2.11c
13	15.34	94.47	45	"	6.65	-1.21	4.40	-0.09	-1.29	-1.17
14	14.85	93.63	73	"	9.15	-1.68	4.40	0.10	-0.93	-1.02
15	14.34	92.77	130	"	9.24	-1.62	4.40	0.35	-0.47	-0.63
16	13.91	91.80	222	"	8.36	-1.35	4.50	0.57	-0.05	-0.16
17	13.54	90.89	214	"	9.15	-1.53	4.50	0.57	-0.19	-0.27
18	13.22	89.92	173	"	14.42	-2.70	4.50c	0.50	-0.52	-0.85c
19	12.94	89.00	145	"	10.38	-1.84	4.50	0.40	-0.49	-0.59
20	12.48	88.11	109	"	9.39	-1.63	4.50c	0.26	-0.47	-0.53c
21	11.88	87.26	98	"	7.90	-1.33	4.50	0.20	-0.49	-0.52
22	11.19	86.50	87	"	9.63	-1.70	4.50	0.16	-0.54	-0.64

\*c indica que hubo un ESE > 0.15

<sup>1</sup>(No. de eventos acumulados/área por tiempo)

<sup>2</sup>(No. de eventos con m ≥ 5.0/área por tiempo)

<sup>3</sup>(No. de eventos con m = 5.0/área por tiempo)

Tabla 6. Valores de a, b, log S, log N(5) - observado -, log N(5) - calculado -, para las regiones situadas a 80 km de la trinchera Mesoamericana, con un radio de investigación de 1° para el periodo de 1963-81.

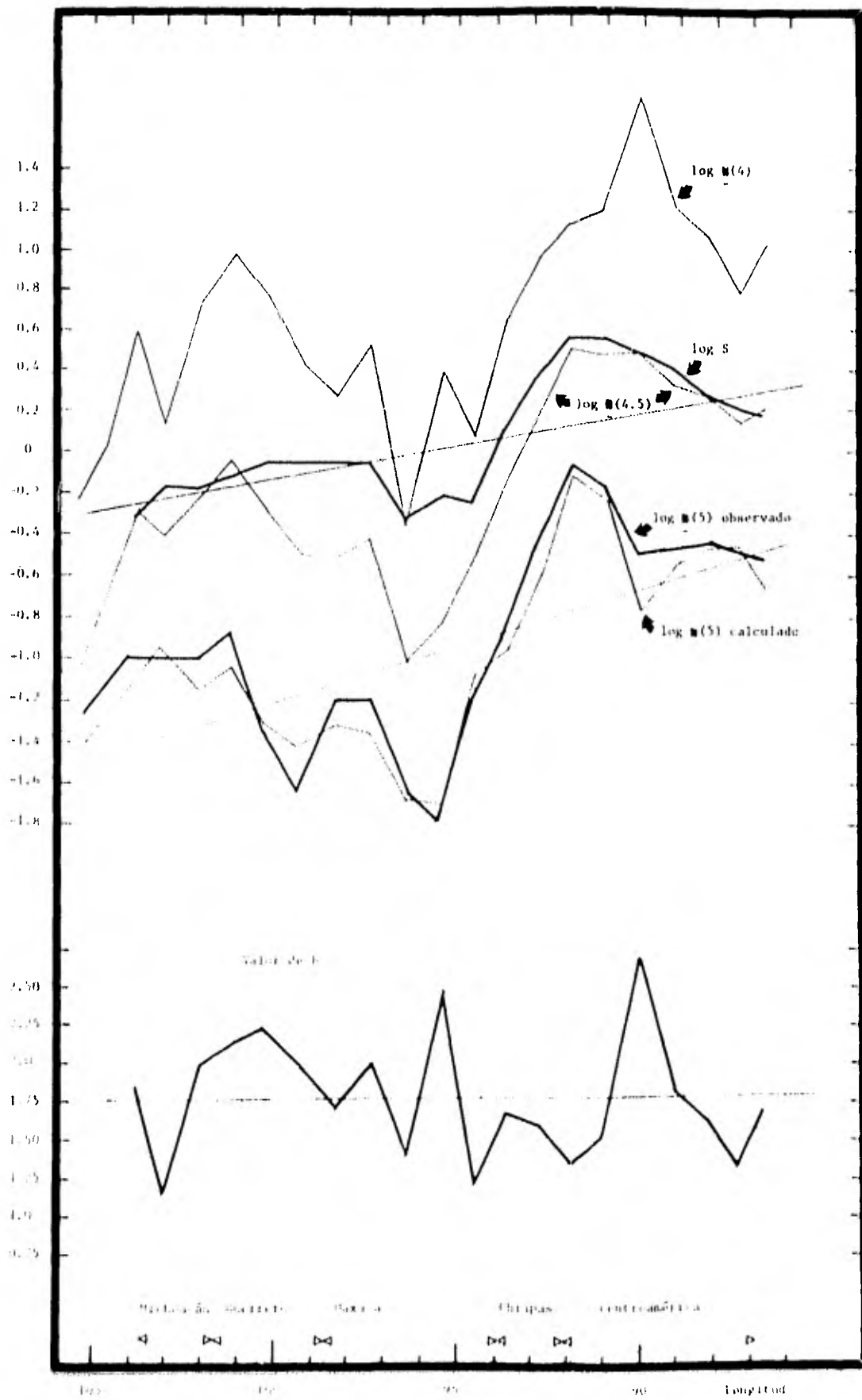


Fig. 19. Curvas de  $\log N$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(5)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observada y calculada vs. longitud para eventos intermedios a profundos (0.1-500 km) de las regiones 1-22 de este estudio.

Región	Coordens. Geograf.		No. Eventos	Prof. (km)	Mínimos Cuadrados		Mag. min.	log S	logN(5)	
	LAT(°N)	LON(°W)			a	b			Observ.	Calcul.
23	20.25	104.43	7	61-500	----	----	----	-0.96	----	----
24	19.69	103.62	13	"	----	----	----	-0.62	----	----
25	19.20	102.77	29	"	5.27	-0.90	4.6	-0.27	-0.93	-1.0
26	18.80	101.87	34	"	5.30	-0.90	4.2	-0.24	-0.87	-0.97
27	18.44	100.96	86	"	7.39	-1.29	4.2	0.13	-0.62	-0.83
28	18.05	100.00	81	"	7.64	-1.36	4.4	0.11	-0.87	-0.93
29	17.74	99.05	49	"	10.18	-1.97	4.4	-0.04	-1.29	-1.44
30	17.40	98.11	53	"	9.07	-1.74	4.4	-0.06	-1.17	-1.4
31	17.09	97.16	42	"	8.91	-1.70	4.4	-0.15	-1.17	-1.36
32	16.98	96.19	35	"	8.27	-1.65	4.4c	-0.24	-1.77	-1.75c
33	16.80	95.22	70	"	8.16	-1.28	4.4	0.02	-0.87	-1.01
34	16.32	94.35	82	"	6.53	-1.08	4.4	0.15	-0.52	-0.64
35	15.82	93.46	92	"	6.69	-1.11	4.4	0.23	-0.57	-0.63
36	15.32	92.63	129	"	8.52	-1.47	4.4	0.34	-0.47	-0.6
37	14.88	91.67	203	"	8.52	-1.40	4.5	0.54	-0.1	-0.25
38	14.51	90.73	200	"	8.4	-1.37	4.5	0.55	-0.14	-0.22
39	14.19	89.79	136	"	14.19	-2.66	4.5c	0.41	-0.57	-0.88c
40	13.88	88.85	95	"	9.71	-1.73	4.5	0.23	-0.57	-0.71
41	13.41	87.97	94	"	9.63	-1.69	4.5	0.20	-0.49	-0.59
42	12.86	87.08	73	"	6.93	-1.15	4.5	0.06	-0.52	-0.59
43	17.73	95.20	61	"	7.50	-1.39	6.5	-0.10	-1.07	-1.22
44	17.25	94.31	89	"	8.22	-1.45	4.5	0.15	-0.66	-0.80
45	16.79	93.47	61	"	6.85	-1.15	4.5	0.04	-0.56	-0.67
46	16.29	92.58	57	"	5.82	-0.94	4.5	0.01	-0.56	-0.65

Tabla 7. Valores de a, b, log S, log N(5) -observado-, log N(5) -calculado-, para las regiones situadas a 190 km de la trinchera Mesoamericana (23-42) y para los eventos profundos en Chiapas (42-46), con un radio de investigación de 1° para el periodo de 1963-81.

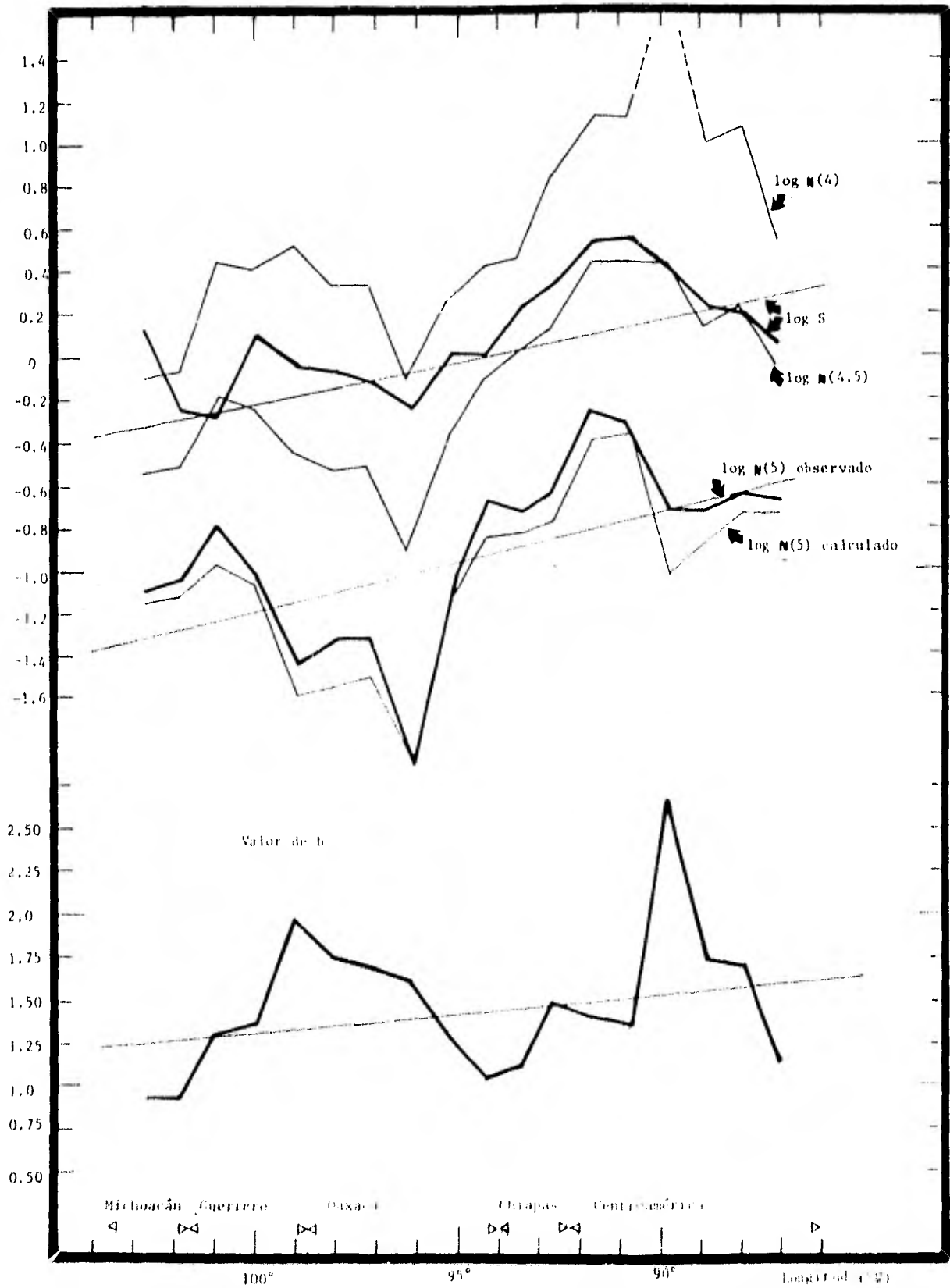


Fig. 11. Curvas de  $\log S$ , valor de  $b$ ,  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$ ,  $\log N(5)$  observado y calculado vs. longitud para eventos intermedios y profundos (61-500 km) de las regiones 21-27 de este estudio.

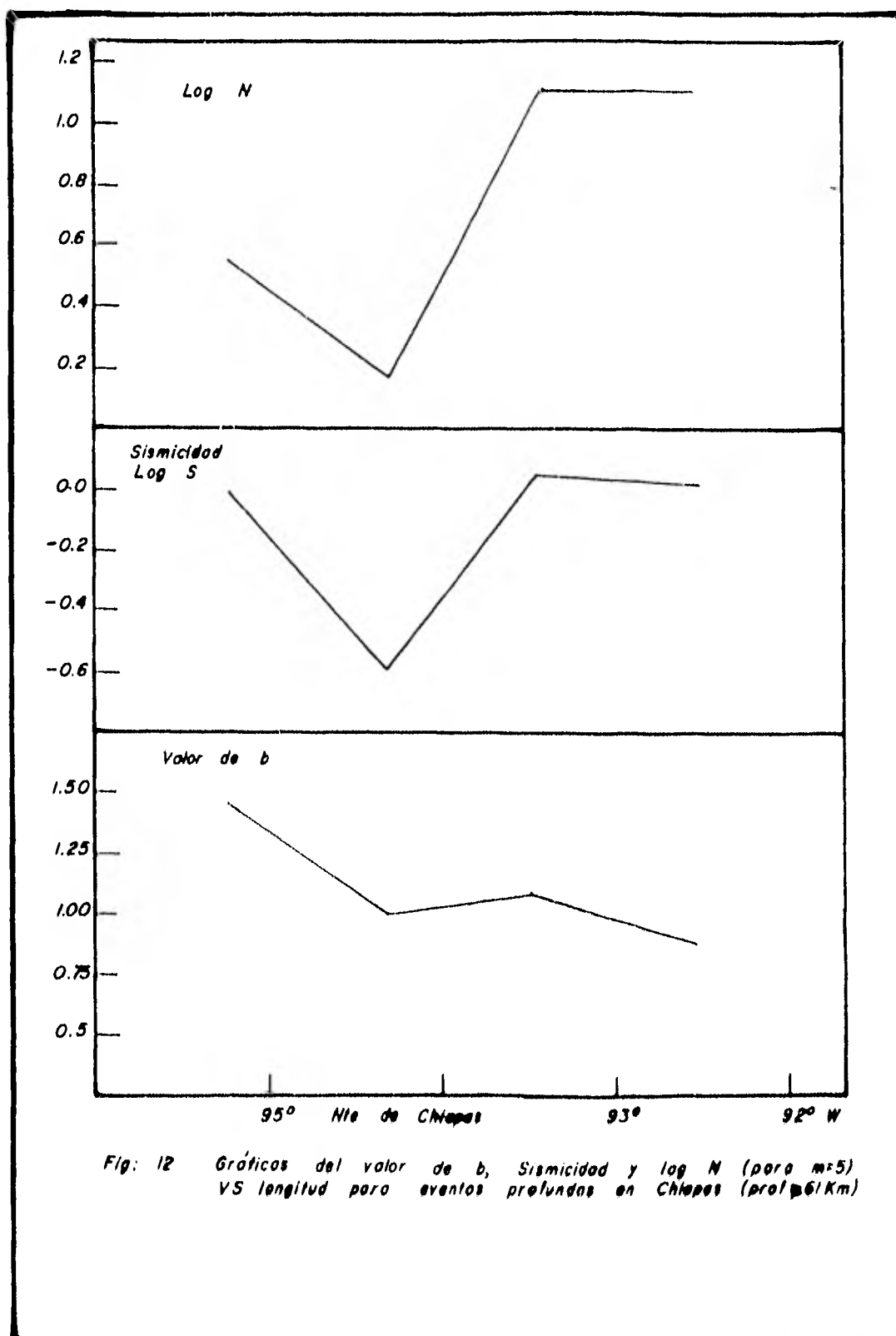


Fig: 12 Gráficos del valor de b, Sismicidad y log N (para m=5) VS longitud para eventos profundos en Chiapas (prof=61Km)



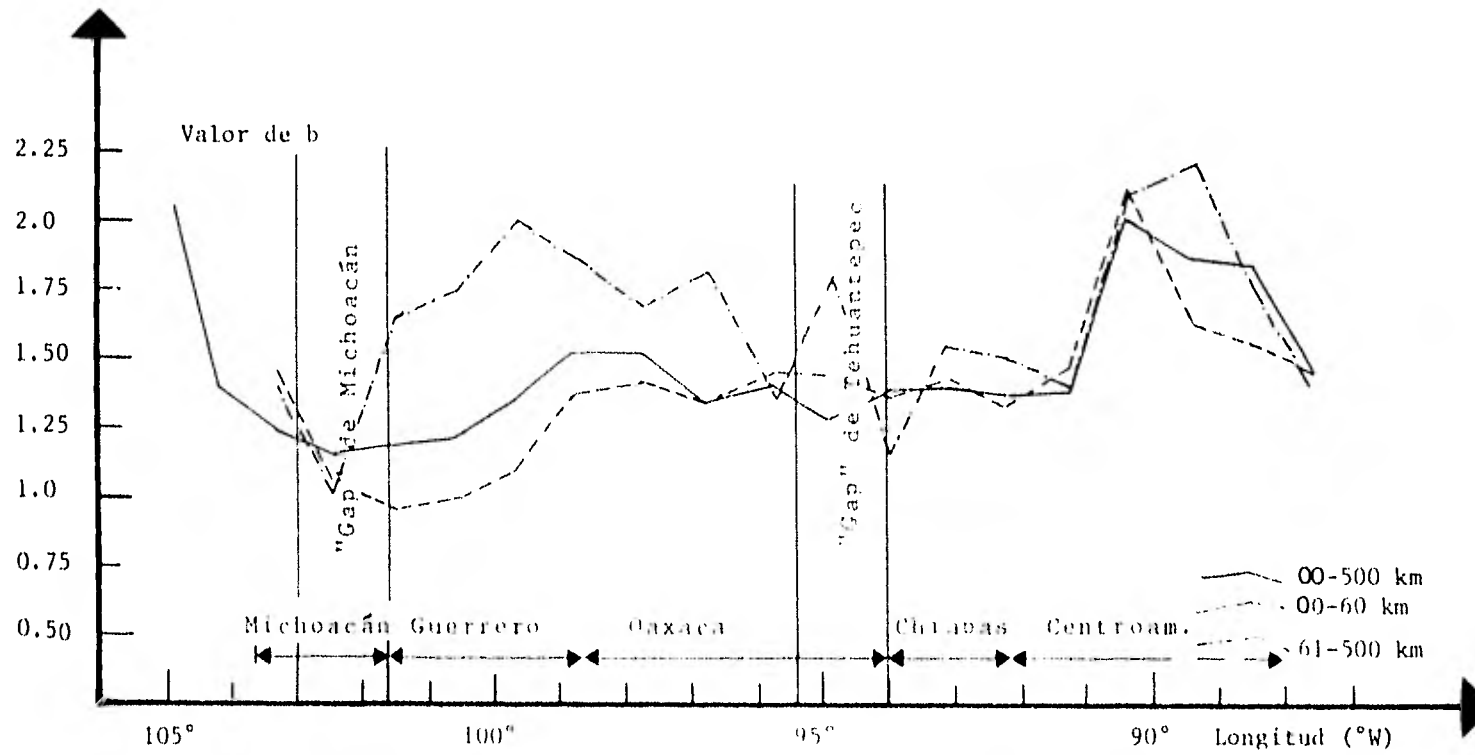


Fig. 13 Valor de b vs longitud para las regiones situadas a 80 y 190 km de la trinchera Mesoamericana en los tres rangos de profundidad.

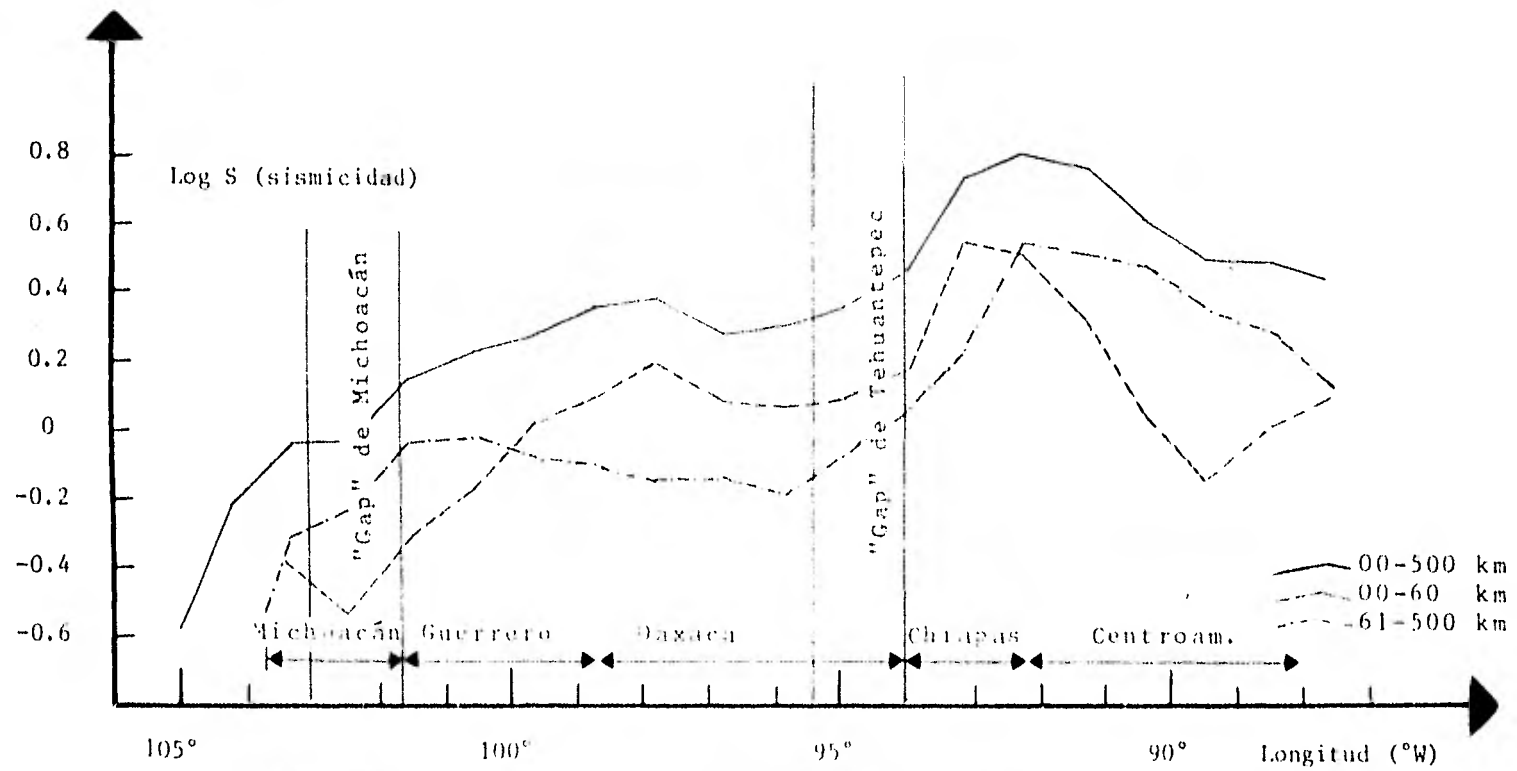


Fig. 14 Log S (sismicidad) vs longitud para las regiones situadas a 80 y 190 km de la trinchera Mesoamericana en los tres rangos de profundidades.

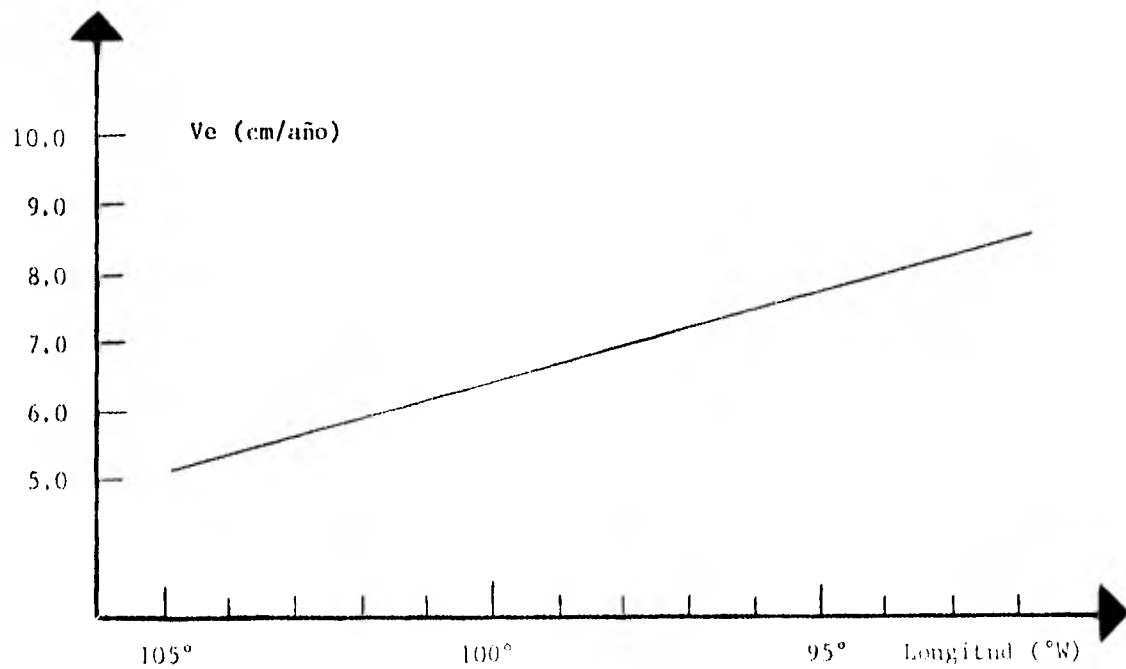


Fig. 15 Velocidad de penetración de la placa de Cocos bajo la Americana ( $V_e$ ) - vs longitud. Se consideró el polo de rotación para estas placas el dado por Minster y Jordau (1978) de Pr(29.8°N,121°W).

### I.3 ANALISIS Y CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos en este capítulo y que se han listado en las Tablas 2-7, mostrándose sus gráficas correspondientes en las figuras 6-12, tenemos que el valor de  $b$  se incrementa a partir de los estados de Colima y Michoacán hasta Chiapas y Centroamérica, tanto para las regiones situadas a 80 km de la trinchera Mesoamericana (1-22), como para las situadas a 190 km de ella (23-42).

La Tabla siguiente nos muestra las variaciones promedio de  $b$  con la profundidad para las mismas regiones:

Profundidad (km)	V a l o r d e b		
	00-500	00-60	61-500
Regiones 1-22	1.50	1.39	1.65
Regiones 23-42	1.32	1.26	1.40
Eventos profundos en Chiapas	1.29	----	1.10

Al analizar la tabla anterior observamos que el valor de  $b$  decae en los tres rangos de profundidad con la distancia a partir de la trinchera Mesoamericana, llegando a ser mínimo para los eventos profundos en Chiapas. Además los eventos someros presentan un decaimiento de este valor de 0.11 (regiones 1-22) y de 0.06 (regiones 23-42) con respecto a los eventos con profundidad de 0-500 km para las mismas regiones; sin embargo, para los eventos intermedios y profundos se observa un incremento de 0.15 (regiones 1-22) y de 0.08 (regiones 23-42) con respecto también a los eventos de 0-500 km para las mismas regiones.

Es muy difícil concluir algo del porqué de estas características a partir de la tectónica para las mismas regiones ya que, si bien es cierto que hubo un decaimiento promedio de  $b$  para los eventos someros y un incremento para los intermedios y profundos, también es cierto que para algunas regiones estas características no se presentaron sino que fueron contrarias al promedio observado y en varias de ellas esta discrepancia es bastante significativa (regiones 17, 34, 38 para los eventos someros -

- Tablas 3 y 5- y regiones 4, 13, 20, 21, 25, 33, 34 y 35 para los eventos intermedios y profundos - Tablas 3, 6 y 7 -). Karnik (1967) menciona que para algunas regiones de Europa el valor de  $b$  decae al aumentar la profundidad para los eventos sísmicos, lo cual entra en discrepancia con los resultados aquí obtenidos, debido quizás a las diferencias en la tectónica para ambas regiones y del método y criterios empleados en su evaluación. Así también, no es posible aplicar los resultados de laboratorio para muestras confinadas obtenidos por Scholz (1968) ya que, las presiones de confinamiento actuando sobre la roca a varias decenas de kilómetros de profundidad son enormes y no sabemos en que forma afectan el comportamiento y la naturaleza de ésta (Singh, comunicación personal).

Para la gran mayoría de las regiones investigadas, el valor de  $b$  es alto ( $>1.0$ ) en los tres rangos de profundidad - el valor promedio para diversas regiones del mundo es aprox. igual a 1.0 y este valor no depende de la clase de magnitud empleada (Utsu, 1969-71)-; esto implica que estas regiones están muy fracturadas y son tectónicamente activas (Miyamura, 1962; Mogi, 1963b). En apoyo a lo anterior, es interesante observar que los valores más altos de  $b$  se obtuvieron en la junta o unión triple de las placas Cocos, Americana y del Caribe la cual es sumamente activa y presenta un alto grado de fracturamiento (sistema de fallas Polochic-Motagua).

El análisis de las curvas  $\log N(4)$ ,  $\log N(4.5)$  y  $\log N(5)$  vs longitud calculadas a partir de los valores de ' $a$ ' y ' $b$ ' para cada corrida y el de las curvas  $\log N(5)$  vs longitud calculadas a partir del número de eventos sísmicos con  $m \geq 5.0$  para cada región y que se muestran en las figuras 6-12 nos permite evaluar que tan confiables son los valores de ' $a$ ' y ' $b$ ' obtenidos ya que, al comparar las curvas  $\log N(5)$  -observado- con las  $\log N(5)$  -calculado- observamos que existe una gran similitud en éstas, presentando sólo pequeñas diferencias en algunas regiones, lo cual implica que dichos valores son confiables en gran medida y que el número de eventos que no se registraron con magnitudes menores que 5.0 es constante para la gran mayoría de las regiones.

Se obtuvo una curva promedio a partir de las curvas de  $b$  vs  $\log l_i$

tud de las regiones 1-22 y 23-42 para cada uno de los rangos de profundidad mostradas en la figura 13; observamos que éstas presentan variaciones significativas en tres zonas: la primera está a los 100-102.5°W, la segunda a los 92.5-96.5°W y la tercera a los 89-91°W, relacionándose con el 'gap' de Michoacán, 'gap' de Tehuantepec (Singh et al., 1980a) y la junta triple de las placas de Cocos, Americana y del Caribe, respectivamente. Estas relaciones son debidas a las características tectónicas de cada zona y al grado de fracturamiento de las rocas, ya que las dos primeras zonas están localizadas directamente arriba de las dorsales sísmicas de Orozco y Tehuantepec, respectivamente y la tercera está en una zona de gran actividad sísmica, conteniendo muchas fallas.

Del análisis de las curvas log S vs longitud mostradas también en las gráficas 6-12 observamos que los valores de la sismicidad aumentan a partir de los estados de Colima y Michoacán hasta Chiapas y Centroamérica, debiéndose quizás al aumento de la actividad tectónica para estas últimas regiones por la presencia de la junta triple de placas de Cocos, Americana y del Caribe y la de volcanes activos.

De igual manera se obtuvo una curva promedio a partir de las curvas log S vs longitud de las regiones 1-22 y 23-42 para cada uno de los rangos de profundidad, mostrándose en la figura 14. Del análisis de estas, tenemos que existe una pequeña zona en la cual hay un mínimo relativo a los 101.7-103.0°W la cual incluye el 'gap' de Michoacán relacionándose directamente.

Al graficar la velocidad de penetración de la placa de Cocos bajo la Americana vs longitud (ver Fig. 15) considerando el polo de rotación para estas placas el dado por Minster y Jordan (1978) de: Pr(29.8°N, 121°W) se encontró que parece existir una relación directa entre esta velocidad y el de los valores de b y log S; ya que se incrementan a partir de los estados de Colima y Michoacán hasta Chiapas y Centroamérica. Sin embargo, no es posible concluir algo específico sobre esto a partir de un sólo ejemplo, por lo que es recomendable hacer esta clase de estudios en otras zonas de subducción.

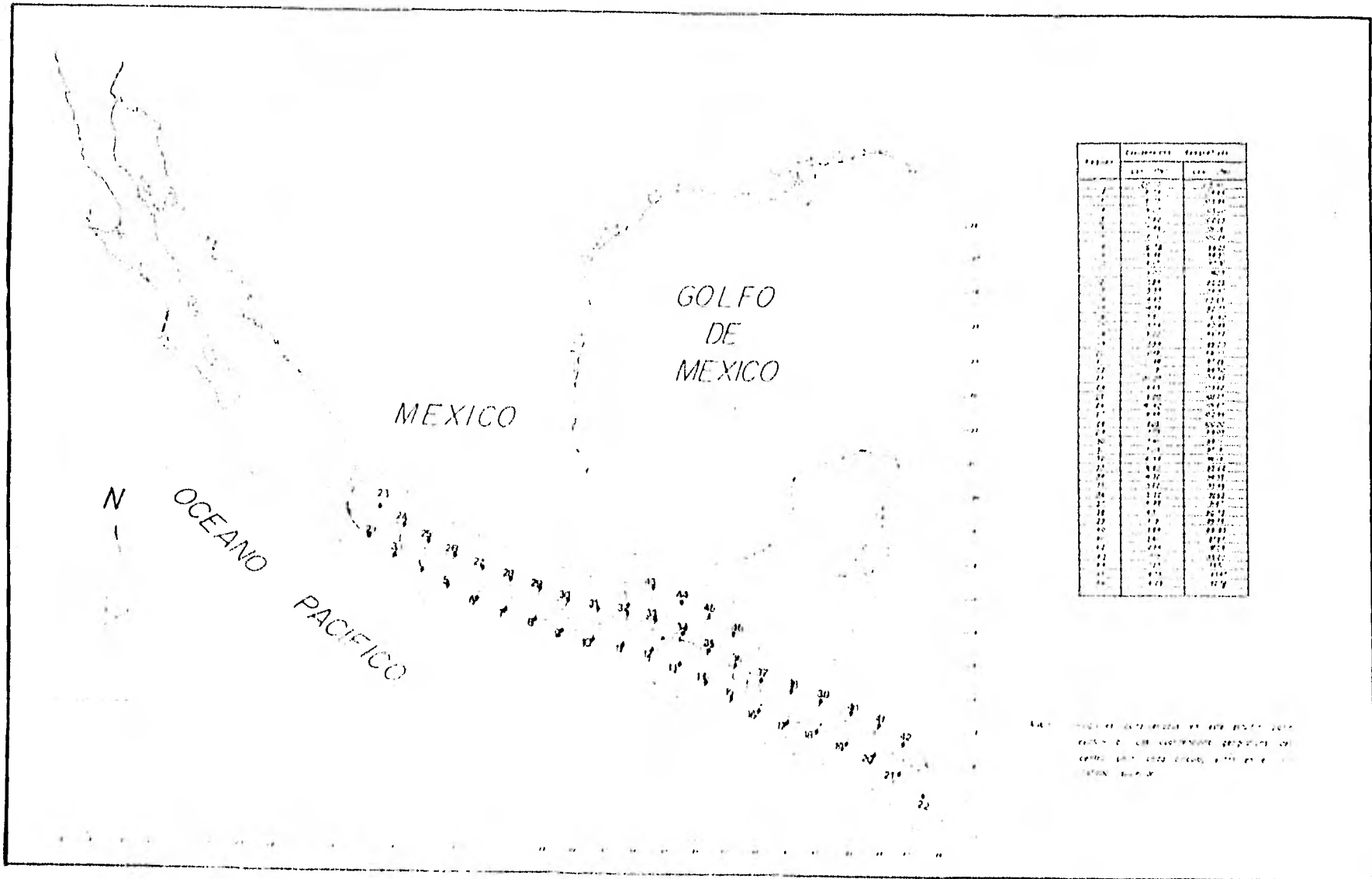


Fig. 1. - Mapa del Golfo de México y del Océano Pacífico, con las elevaciones de los puntos de la línea de costa y de los puntos de la línea de navegación.

II. RELACION ENTRE LA MAGNITUD DEL TERREMOTO PRINCIPAL ( $M_0$ ) Y LA MAGNITUD DE SU REPLICA MAYOR ( $M_1$ )

II.1 Relaciones entre  $M_0$  y  $M_1$  para diversas regiones del mundo.

Varios sismólogos han estudiado la relación existente entre  $M_0$  y  $M_1$  para diversas regiones del mundo, expresando diversas fórmulas. Utsu (1957) graficó  $D_1$  vs  $M_0$  (siendo  $D_1 = M_0 - M_1$ ) para 90 terremotos someros japoneses con  $M_0 \geq 6.0$ , estableciendo que para  $M_0 \geq 6.5$ ,  $D_1$  está distribuida con una media de 1.4. En 1969, el mismo investigador revisó todos sus resultados obtenidos anteriormente y adicionando más datos llegó a la siguiente relación:

$$M_1 = 1.45M_0 - 4.7 \quad (M_0 \geq 6.5) \quad \dots(7)$$

Båth (1965) encontró un promedio para eventos someros mundiales de:

$$M_1 = M_0 - 1.2, \quad \dots(8)$$

el cual establece una diferencia finita entre  $M_1$  y  $M_0$  igual a 1.2.

Papazachos et al., 1967 hacen un estudio similar para la región de Grecia considerando todos los eventos sísmicos con  $M_0 \geq 5.75$  y profundidad focal entre 14-55 km en el periodo de 1926-64, encontrando la siguiente relación:

$$M_1 = 0.75M_0 + 1.07 \quad (M_0 \geq 5.75) \quad \dots(9)$$

En el presente capítulo, se analizará la relación existente entre  $M_0$  y  $M_1$  para la región comprendida entre los 11-20°N y 86-106°W para todos los eventos someros ( $\leq 60$  km) con  $M \geq 5.7$  en el periodo de 1963-81; con el propósito de poder predecir, aunque sea en una forma aproximada, la réplica mayor correspondiente a un gran terremoto que ocurra dentro de esta región y así poder preveer los efectos de este. Así también, se compararán estos resultados con las relaciones anteriores y se concluirá sobre esto.

\*  

---

 $M_0$  y  $M_1$ ; magnitudes de las ondas superficiales.



II. RELACION ENTRE LA MAGNITUD DEL TERREMOTO PRINCIPAL ( $M_0$ ) Y LA MAGNITUD DE SU REPLICA MAYOR ( $M_1$ )

II.1 Relaciones entre  $M_0$  y  $M_1$  para diversas regiones del mundo.

Varios sismólogos han estudiado la relación existente entre  $M_0$  y  $M_1$  para diversas regiones del mundo, expresando diversas fórmulas. Utsu - (1957) graficó  $D_1$  vs  $M_0$  (siendo  $D_1 = M_0 - M_1$ ) para 90 terremotos someros japoneses con  $M_0 \geq 6.0$ , estableciendo que para  $M_0 \geq 6.5$ ,  $D_1$  está distribuida con una media de 1.4. En 1969, el mismo investigador revisó todos sus resultados obtenidos anteriormente y adicionando más datos llegó a la siguiente relación:

$$M_1 = 1.45M_0 - 4.7 \quad (M_0 \geq 6.5) \quad \dots(7)$$

Báth (1965) encontró un promedio para eventos someros mundiales de:

$$M_1 = M_0 - 1.2, \quad \dots(8)$$

el cual establece una diferencia finita entre  $M_1$  y  $M_0$  igual a 1.2.

Papazachos et al., 1967 hacen un estudio similar para la región de Grecia considerando todos los eventos sísmicos con  $M_0 \geq 5.75$  y profundidad focal entre 14-55 km en el periodo de 1926-64, encontrando la siguiente relación:

$$M_1 = 0.75M_0 + 1.07 \quad (M_0 \geq 5.75) \quad \dots(9)$$

En el presente capítulo, se analizará la relación existente entre  $M_0$  y  $M_1$  para la región comprendida entre los 11-20°N y 86-106°W para todos los eventos someros ( $\leq 60$  km) con  $M \geq 5.7$  en el periodo de 1963-81; con el propósito de poder predecir, aunque sea en una forma aproximada, la réplica mayor correspondiente a un gran terremoto que ocurra dentro de esta región y así poder prever los efectos de este. Así también, se compararán estos resultados con las relaciones anteriores y se concluirá sobre esto.

\*  
Mo y M<sub>1</sub>; magnitudes de las ondas superficiales.

## II.2 Método de estudio.

Al correr el programa con las consideraciones anteriores, se obtuvieron 36 eventos los cuales se han graficado en la Fig. 16. Para considerar las réplicas de cada uno de ellos, se procedió primeramente a limitar el área de ruptura de acuerdo a su magnitud, empleando para ello la relación dada por Singh et al., 1980a que es:

$$M = 0.887 \log A + 4.532 \quad \dots(10)$$

Seguidamente, se limitó el rango en tiempo después de la ocurrencia del temblor principal a un mes (según el criterio de Kelleher, 1972).

Finalmente, se corrió otra vez el programa para cada uno de los 36 eventos encontrados considerando un área circular y tomando las coordenadas centro de ésta, las coordenadas geográficas de cada evento principal.

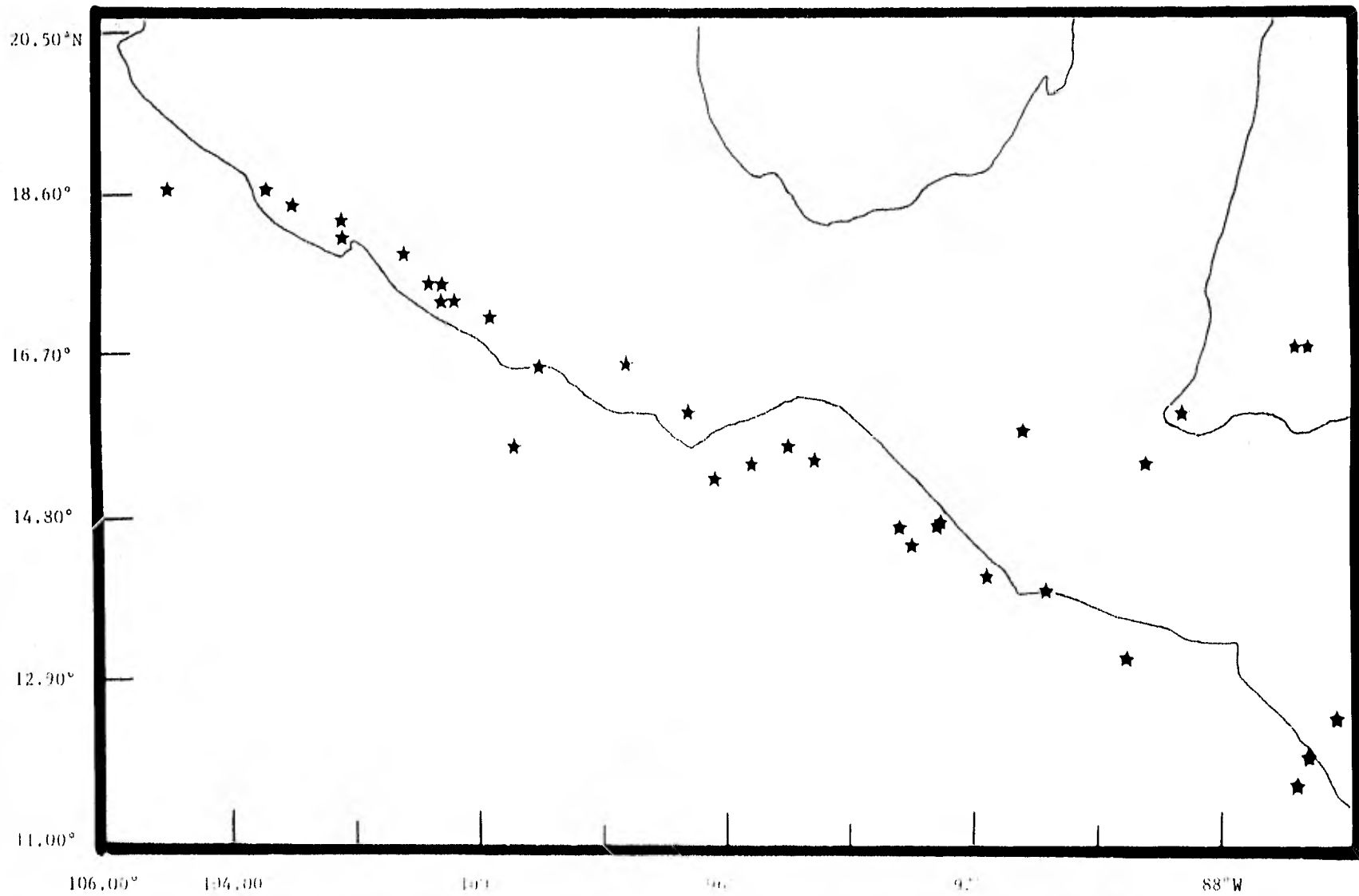


Fig. 16 Epicentros para los eventos sísmicos con magnitud  $\geq 2.5$ , en el periodo de 1963-81 (empleando los datos del PDE).

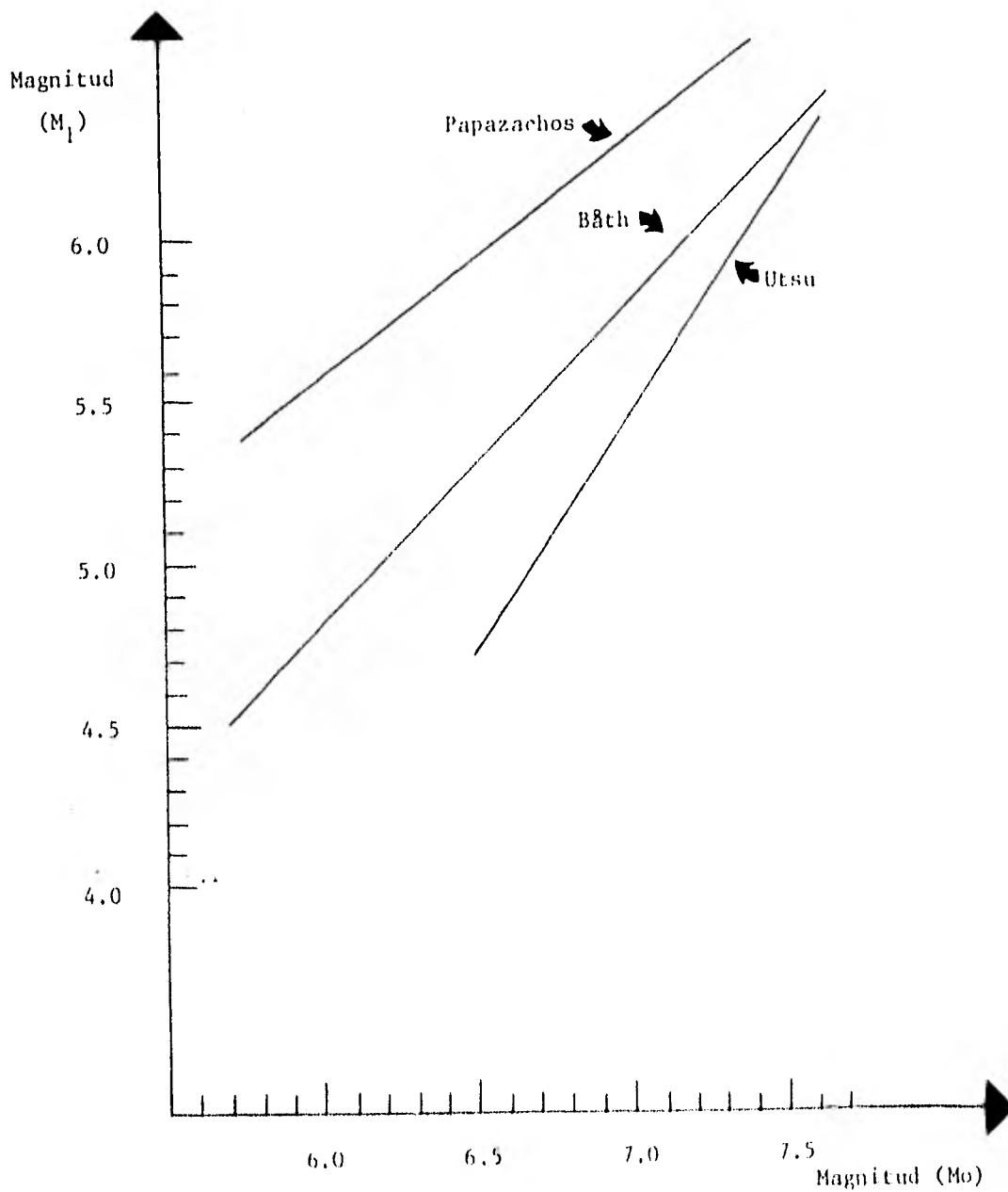


Fig. 17 Magnitud de la réplica mayor ( $M_1$ ) vs magnitud del terremoto principal ( $M_0$ ) para las regiones del Japón (Utsu, 1957-1969), de Grecia (Papazachos, 1967) y para el rango mundial (Bath, 1965).

### II.3 Resultados y conclusiones.

Con los resultados obtenidos para cada corrida y con los criterios enunciados en el punto anterior para limitar el área de ruptura y el rango en tiempo, se procedió a encontrar la réplica cuya magnitud fuera la mayor correspondiente a cada evento principal, obteniéndose finalmente la gráfica de la Fig. 18 y la Tabla 8.

Es difícil encontrar la recta de regresión que mejor se ajuste a los datos presentados para  $M_0$  vs  $M_1$  en esta región, ya que estos se encuentran muy espaciados y no parecen guardar alguna relación entre sí. Al comparar las gráficas 17 y 18 observamos que para los eventos con  $M \leq 6.7$  de esta región es estudio, la relación dada por Bath es la que más se ajusta, no siendo esto necesariamente cierto debido a la inconsistencia de los mismos datos, en este rango de magnitudes.

Para los eventos con  $M > 7.0$ , sus réplicas registradas son más confiables y permiten concluir que el área de ruptura para estos eventos es más suave que para otros eventos en diversas regiones del mundo. Lo anterior se deduce a partir de las pocas réplicas que presentan algunos eventos sísmicos principales en esta región y de la magnitud de su réplica mayor que es bastante menor al rango mundial observado.

D	M	A	H	MIN	SEG	LAT(°N)	Lon(°W)	PROF.	MB	MS	MP	M <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	FUENTES
26	07	68	06	33	59.6	14.395	93.049	14	4.9	5.7	0.0	5.0*	5.7**	
02	08	68	14	06	43.9	16.588	97.696	40	6.3	7.1	0.0	5.0**	7.1**	CGS
28	11	68	10	36	7.7	15.370	94.590	33	5.2	6.4	6.1	4.3*	6.4**	"
04	02	70	05	08	48.0	15.532	99.484	21	6.0	6.5	6.5	5.0*	6.5**	CGS PAS
29	04	70	11	22	36.4	14.618	92.690	41	5.6	6.3	6.0	5.6*	6.3**	"
29	04	70	14	01	32.8	14.518	92.603	33	5.8	7.3	7.0	5.5**	7.3**	"
30	04	70	08	32	59.1	14.698	93.192	19	5.6	6.4	6.2	5.6**	6.4**	"
12	08	70	09	24	11.5	12.015	86.542	33	5.9	6.3	6.0	5.3**	6.3**	"
27	08	70	19	44	42.0	15.409	95.600	31	5.5	5.7	6.0	-----	-----	"
12	10	71	09	44	59.3	15.844	91.172	36	5.7	5.7	6.0	4.7*	5.7**	ERL BRK
16	09	72	09	14	34.6	15.244	96.229	33	6.0	5.7	6.0	4.8*	5.7**	ERL PAS
13	11	72	04	43	45.2	15.575	94.984	33	5.5	6.5	6.5	5.3**	6.5**	"
23	12	72	06	29	42.5	12.357	86.119	05	5.6	6.2	6.2	5.2*	6.2**	"
22	01	73	00	37	58.0	18.601	104.967	33	5.6	6.1	6.2	5.0*	6.1**	"
30	01	73	21	01	12.5	18.481	102.996	43	5.2	7.5	7.3	4.7*	7.5**	"
16	07	73	18	12	57.5	17.323	100.679	44	5.6	5.7	6.2	-----	-----	"
26	01	74	05	35	33.6	18.596	103.401	33	5.1	6.1	0.0	-----	-----	GS
31	12	74	20	21	9.0	14.126	91.824	39	5.7	6.1	6.0	4.6*	6.1**	GS BRK
22	02	75	00	47	21.7	17.356	100.482	40	5.3	5.8	5.8	-----	-----	"
23	04	75	11	14	48.0	16.447	98.910	11	6.0	6.2	6.5	5.1*	6.2**	GS PAS
15	11	75	15	28	30.4	18.225	102.185	33	5.9	5.9	6.1	-----	-----	"
04	02	76	09	01	43.4	15.324	89.101	05	6.2	7.5	7.5	6.2**	7.5**	GS PASX
24	05	76	10	54	53.4	11.507	86.345	33	5.3	5.7	0.0	4.6*	5.7**	GS
07	06	76	14	26	39.1	17.403	100.635	45	6.1	6.4	6.7	4.4*	6.4**	GS PAS
20	08	77	02	46	11.8	16.612	86.352	14	5.3	5.7	0.0	-----	-----	GS
20	08	77	03	51	54.7	16.700	86.606	36	5.6	5.9	6.1	4.7*	5.9**	GS PAS
19	03	78	01	39	14.0	17.026	99.735	36	5.8	6.4	6.6	4.4*	6.4**	GS PAS
29	11	78	19	52	47.6	16.010	96.591	18	6.4	7.7	7.9	5.7*	7.7**	GS BRKX
06	12	78	11	53	34.0	13.145	89.635	33	5.8	5.9	6.2	-----	-----	GS BRK
26	01	79	10	04	32.0	17.413	100.877	41	5.8	6.6	6.9	5.6**	6.6**	"
14	03	79	11	07	16.3	17.813	101.276	49	6.5	7.6	7.6	5.4**	7.6**	GS BRKX
27	10	79	14	35	57.3	13.833	90.881	58	5.7	6.8	6.8	5.6*	6.8**	GS BRK
09	08	80	05	45	9.5	15.888	88.516	22	6.1	6.4	6.7	4.7**	6.4**	"
25	10	81	03	22	15.4	18.014	102.107	33	6.1	7.3	0.0	5.1*	7.3**	PDE

Tabla 8. Eventos sísmicos con magnitud  $M \geq 5.7$  que cayeron en la región comprendida entre los 11-20.5°N y 86-106°W, en el periodo de 1963-81. Los dobles asteriscos significan magnitud de las ondas superficiales, tanto para  $M_0$  como para  $M_1$ .

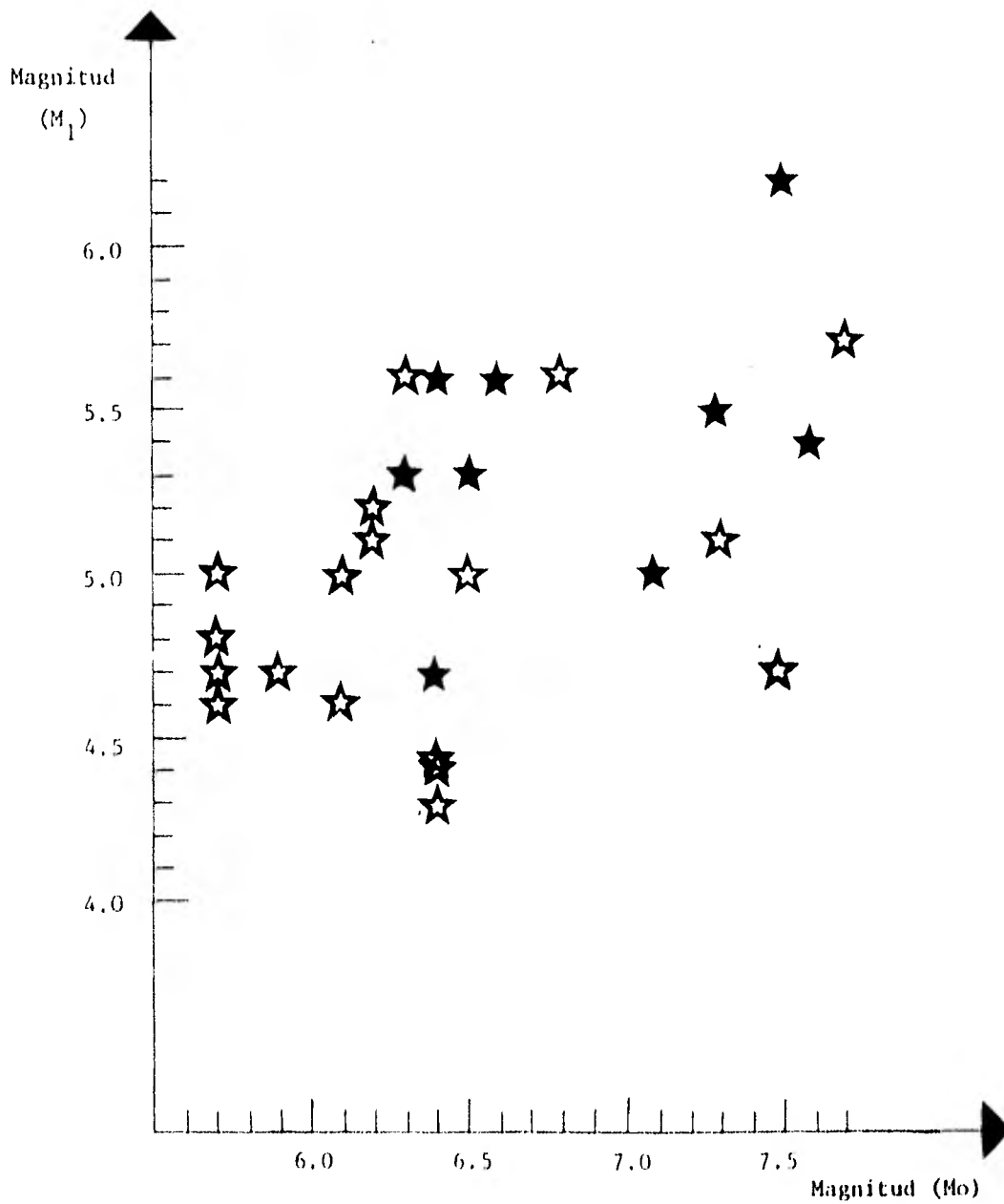


Fig. 18 Magnitud de la réplica mayor ( $M_1$ ) vs magnitud del terremoto principal ( $M_0$ ) para todos los eventos cuyas réplicas se pudieron determinar en la región comprendida entre los  $11-20^\circ\text{N}$  y  $86-106^\circ\text{W}$  con  $M \geq 5.7$ , en el periodo de 1963-81.

### III. MIGRACION SISMICA EN CHIAPAS

#### III.1 Objetivos.

El objetivo del presente capítulo es el de estudiar una posible -regularidad espacial y temporal de la distribución de los terremotos, particularmente para el caso de la migración sistemática de las regiones ep<sub>i</sub>centrales al sur de México, especialmente en Chiapas.

Varios artículos presentan estudios estadísticos sugiriendo migración para ciertas regiones del mundo (Duda, 1963; Lida, 1966; Mogi, 1967; Kelleher, 1970-72). Richter (1958) en su libro "Elementary Seismology" - señala una secuencia de grandes terremotos en la península de Anatolia, - Turquía, en la cual, el mayor terremoto (M=8) ocurrió a finales de 1939 y los demás terremotos de menor magnitud se presentaron en progresión regular espaciados en tiempo y espacio respecto a este a lo largo de un gran sistema de fallas (ver Fig. 19). En la figura 20 se grafica la distancia del evento sísmico mayor (39.5°N, 38.5°E) a los epicentros de cada terremoto a lo largo de la falla. La velocidad promedio de la migración fue de 50-100 km/año. Mogi (1967) presenta un ejemplo de migración para Japón - (ver Fig. 21) en el cual los focos se encuentran localizados a lo largo - de la trinchera Japonesa, presentando una migración de estos de superfi--ciales a profundos.

Aunque este tipo de estudios son subjetivos en cierta forma ya que dependen del criterio y conveniencia del autor para analizar los datos presentados, son importantes puesto que, a pesar de que si los grandes terremotos no presentan relación alguna entre sí, nos dan información importante sobre el mecanismo de la generación de los mismos y la posibilidad de su predicción en forma estadística.

#### III.2 Método de estudio y resultados.

Empleando el programa listado en el Apéndice I, se graficaron a todos los eventos sísmicos con magnitud  $M \geq 7.0$  que cayeron dentro del área comprendida entre los 11-20,5°N y 86-106°W en el período de 1902-1981 para



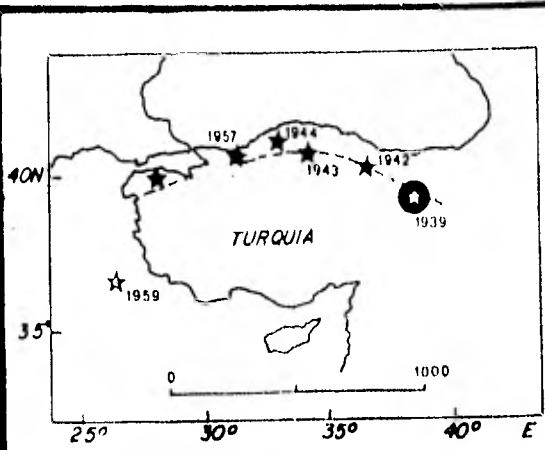


Fig. 19 Epicentros para los terremotos con magnitud  $M \geq 7.0$  en Anatolia de 1939-57. La línea a trazos muestra la gran falla (tomado de Richter, 1958).

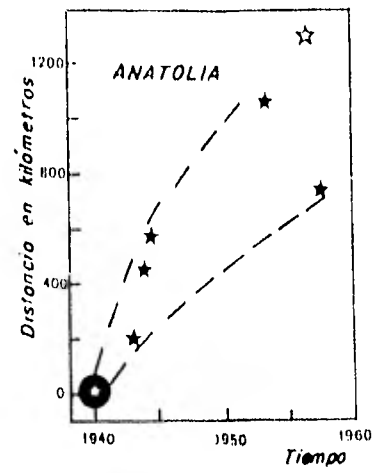


Fig. 20 Distancias del epicentro del primer gran terremoto del 26 de diciembre de 1939 en Anatolia a cada epicentro de los siguientes terremotos a lo largo del sistema de fallas, como función de tiempo (tomado de Richter, 1958; Mogi, 1967).

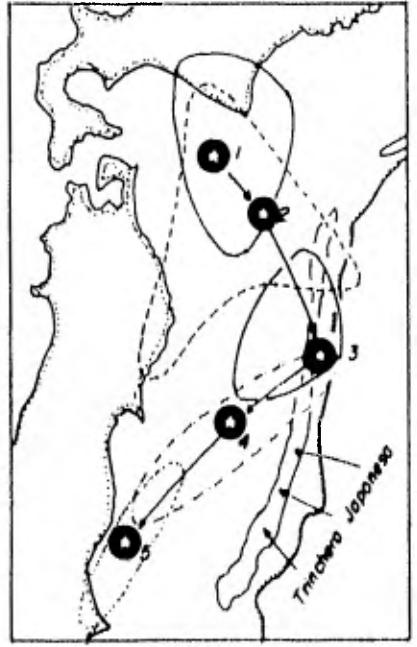


Fig. 21 Regiones epicentrales y centros activos en cada periodo para la progresión sísmica localizada en Japón (tomado de Mogi, 1967).  
 1: primero de enero, 1930 → 31 de octubre, 1931; 2: primero de noviembre, 1931 → 2 de marzo de 1933; 3: 3 de marzo, 1933 → 18 de junio, 1933; 4: 19 de junio de 1933 → 31 de agosto, 1934; 5: primero de septiembre, 1934 → 30 de septiembre de 1935.

analizar la ocurrencia espacial y temporal de estos.

Como resultado de la corrida anterior se obtuvieron varios eventos sísmicos, los cuales al verificarlos con los eventos listados por Duda - (1965), Figueroa (1973) y otros investigadores para la misma región, se vió que algunos de ellos no aparecían en estas listas por lo que se desecharon del disco del PDE. Empleando los datos verificados en diversas fuentes, se hizo el mapa sísmico mostrado en la figura 22. Al analizar este mapa, observamos que no existe relación espacial o temporal alguna para la gran mayoría de los eventos sísmicos a excepción de algunos de ellos - que han ocurrido al sur de México y que parecen alinearse en una progresión espacial a través de Chiapas y Oaxaca (ver Fig. 22). Para un análisis más detallado de estos eventos se procedió a graficarlos nuevamente tomando muy en cuenta su tiempo de ocurrencia, obteniéndose finalmente las gráficas de las figuras 23 y 24 (ver Tabla 9).

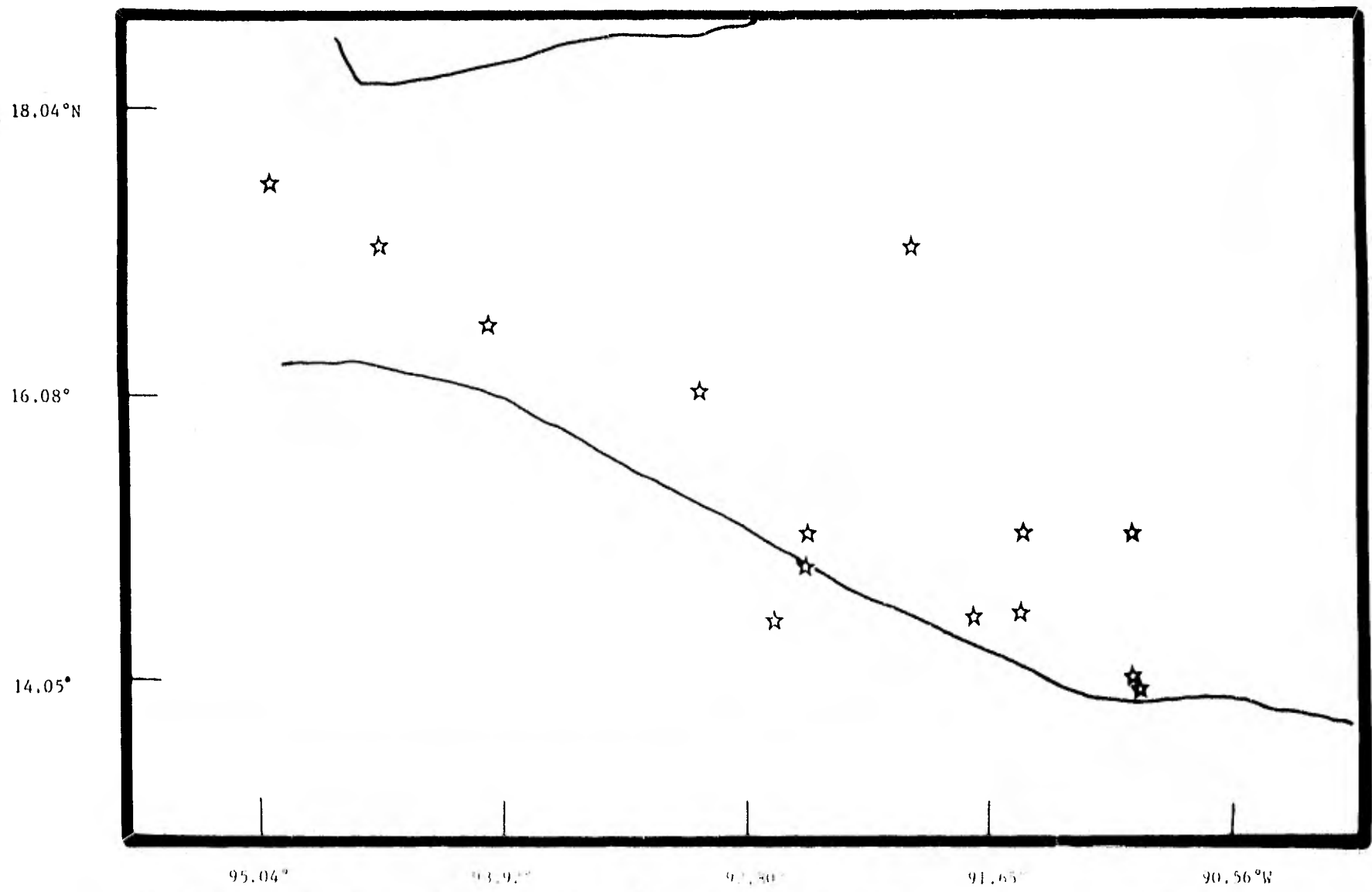


Fig. 22 Epicentros para los eventos sísmicos con  $M \geq 7.0$  en el período de 1960-81 (empleando datos de diversas fuentes).

Evento	año	mes	día	h	min	seg	Lat(°N)	Lon(°W)	Prof.	M	Referencias
1	1902	04	19	02	23	30	14.00	91.00	s	8.2(?)	Duda (1965)
2		09	23	20	18	30	16.00	93.00	s	8.4(?)	"
3	1914	03	30	00	41	18	17.00	92.00	150	7.5(?)	"
4	1916	06	02	13	59	24	17.50	95.00	150	7.1	"
5	1919	04	17	20	53	03	14.50	91.80	s	7.0	"
6	1921	02	04	08	22	44	15.00	91.00	120	7.5(?)	"
7	1935	12	14	22	05	17	14.80	92.50	s	7.3	"
8	1942	08	06	23	36	59	14.00	91.00	60	8.3(7.9)	"
9	1944	06	28	07	58	54	15.00	92.50	s	7.0	"
10	1946	06	07	04	13	20	16.50	94.00	100	7.1	"
11	1946	07	11	04	46	42	17.00	94.50	130	7.1	"
12	1950	10	23	16	13	20	14.50	91.50	s	7.1	"
13	1953	11	17	13	29	53	13.80	92.00	40	7.1	"
14	1970	04	29	14	01	32.8	14.52	92.60	33	7.3	CGS-PAS

Tabla 9. Eventos sísmicos con  $M \geq 7.0$  que cayeron dentro del área comprendida entre los  $11-20.5^\circ\text{N}$  y  $86-106^\circ\text{W}$  en el periodo de 1963-81.

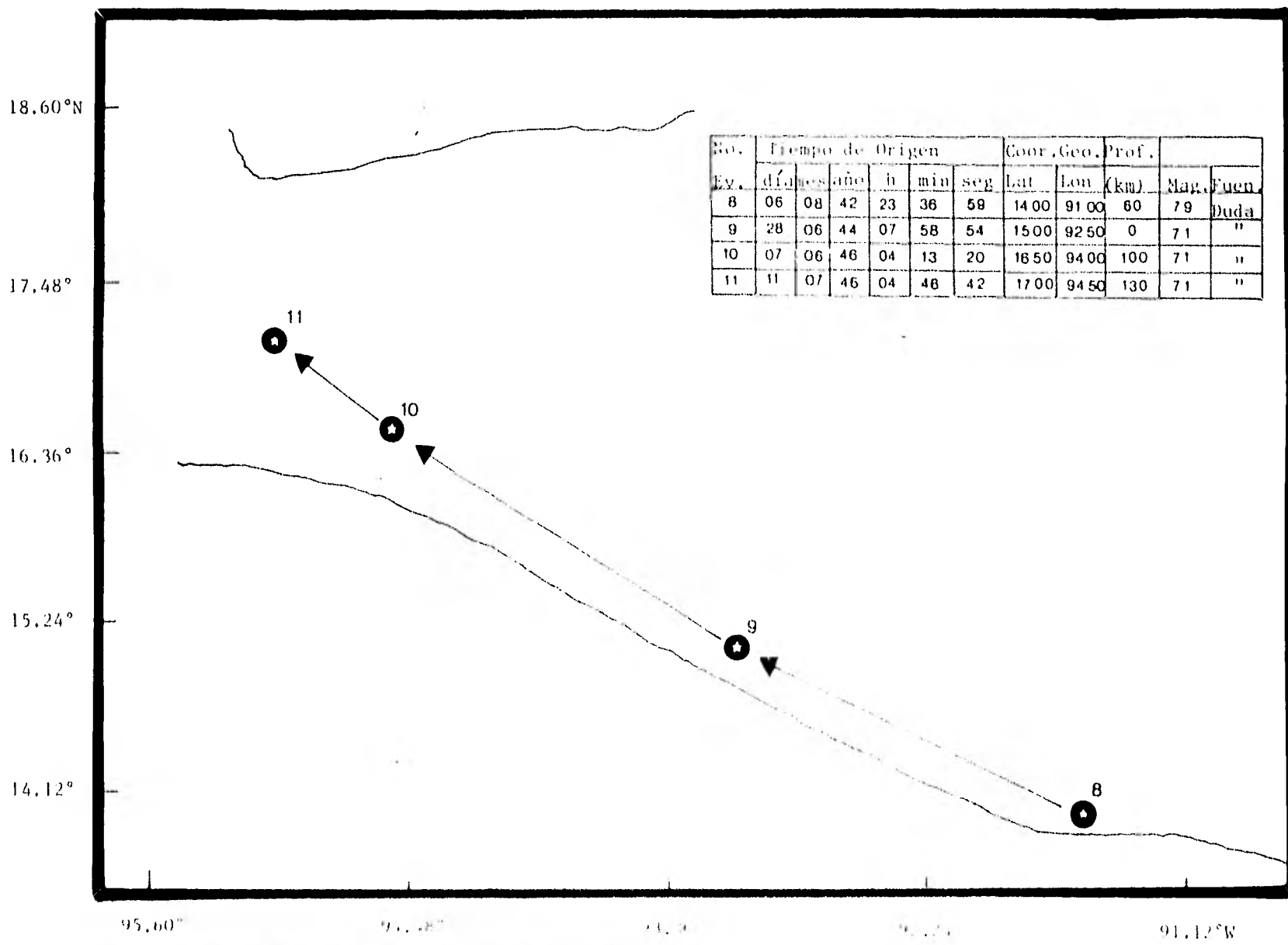


Fig. 24 - Segunda sección tectónica de la zona en estudio.

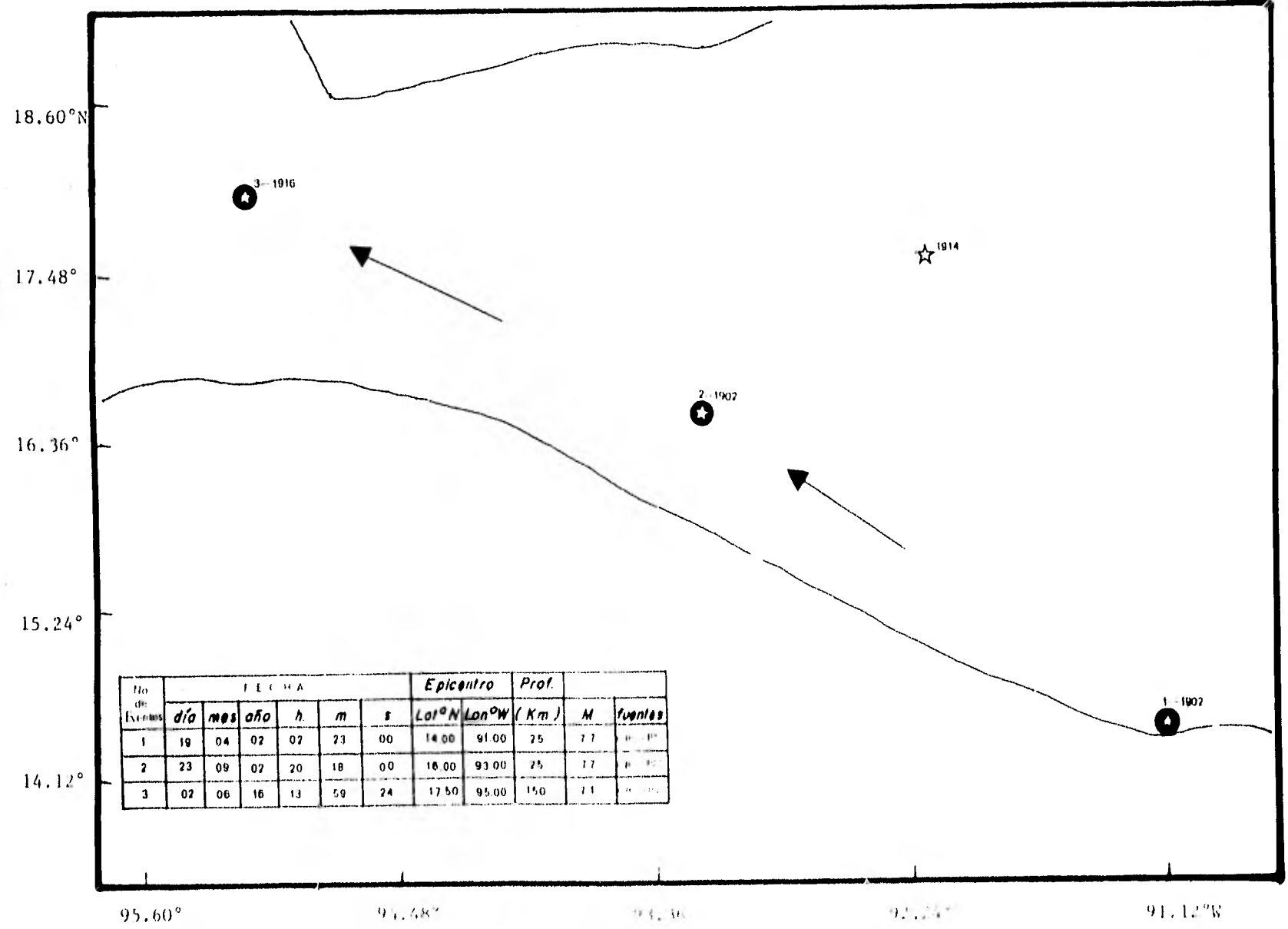


Fig. 23 Primera secuencia sísmica localizada en el océano.

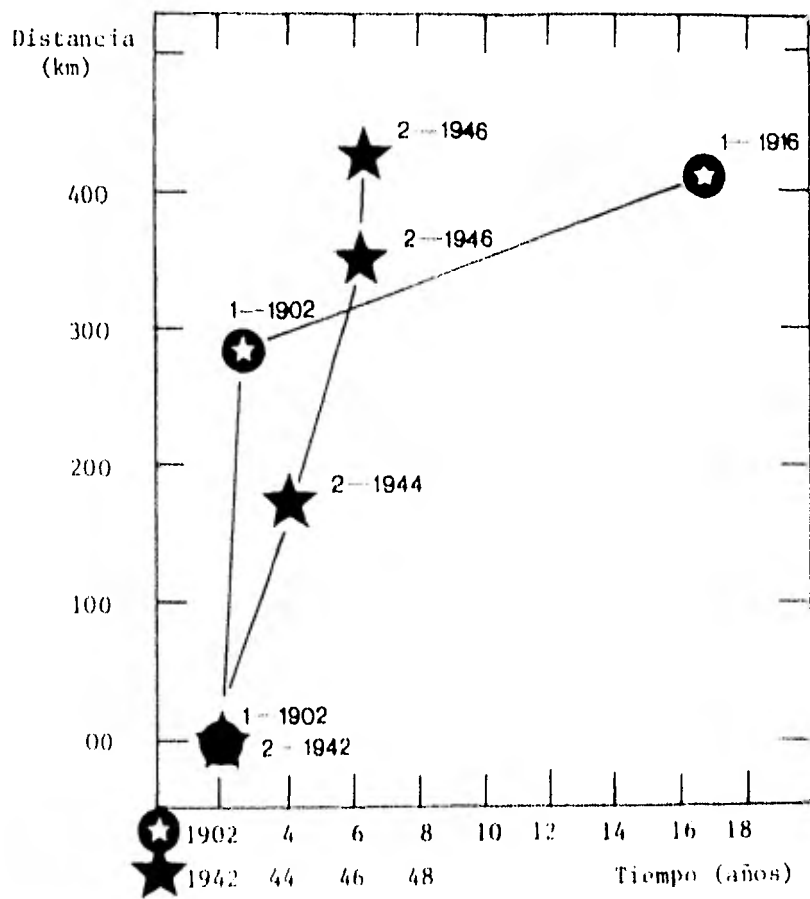


Fig. 25 Distancia (km) vs tiempo (años) para las secuencias localizadas en este estudio.

### III.3 Análisis y conclusiones.

La característica más notoria de las figuras 23 y 24 es la migración de las regiones epicentrales para las 2 secuencias de terremotos principales, ya que estas principian en la región fronteriza de México y Guatemala y terminan en el Istmo de Tehuantepec; otra característica importante es la de que los primeros eventos para ambas secuencias son someros, y los últimos son profundos, lo cual es similar a lo observado en otras regiones del mundo.

La primera secuencia quizás no está bien establecida debido a que ocurre un evento en 1914 el cual aparece localizado en una zona un poco alejada de la aparente migración de los eventos de 1902; esto es debido quizás a que la localización de este evento no es del todo correcta y/o no pertenece a esta progresión (ver Fig. 23). A pesar de lo anterior, lo importante a hacer notar aquí es la primera tendencia de la dirección de propagación de la migración epicentral para algunos grandes eventos de esta zona. La siguiente secuencia mostrada en la figura 24 viene a confirmar esta dirección de propagación teniendo más eventos en progresión regular. La velocidad promedio de la migración para estas secuencias es de 245 y 43 km/año, respectivamente.

Finalmente y en base a todo lo expuesto arriba, es conveniente prestar mucha atención a todos los grandes eventos sísmicos que se presenten en el futuro en esta región, ya que estos podrían iniciar una nueva secuencia la cual podría ser detectada y así minimizar los daños que ocasionarían a la población.



#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. J. Havskov el haberme dirigido este trabajo, al Dr. S.K. Singh por la revisión y críticas al mismo, y al M. en C. M. Rodríguez por sus comentarios.

Así mismo, agradezco a los Drs. Mogi, Utsu, Hattori y Otsuka por sus valiosas enseñanzas en el IISEE. A mis hermanos Limber, Esperanza y Berthy por su apoyo y ayuda durante la elaboración de este trabajo.

A mis padres, Aurea y Limber por su apoyo moral y económico por siempre.

## APENDICE I

El programa empleado en esta tesis selecciona, enlista y grafica a todos los eventos sísmicos que caen dentro de un área deseada (circular o rectangular), con estos resultados hace un perfil a cualquier ángulo - que se le da, considerando el punto de origen para este corte, el centro del área pedida y seguidamente hace la gráfica.

El valor de b se calcula por el método de mínimos cuadrados como se vió en el punto 1.2.4 anterior, con las consideraciones ahí enunciadas, haciendo la gráfica  $\log N(M)$  vs magnitud y también la recta que mejor se - ajustó a los datos, escribiendo los valores de a, b y ESE en la parte superior de ésta.

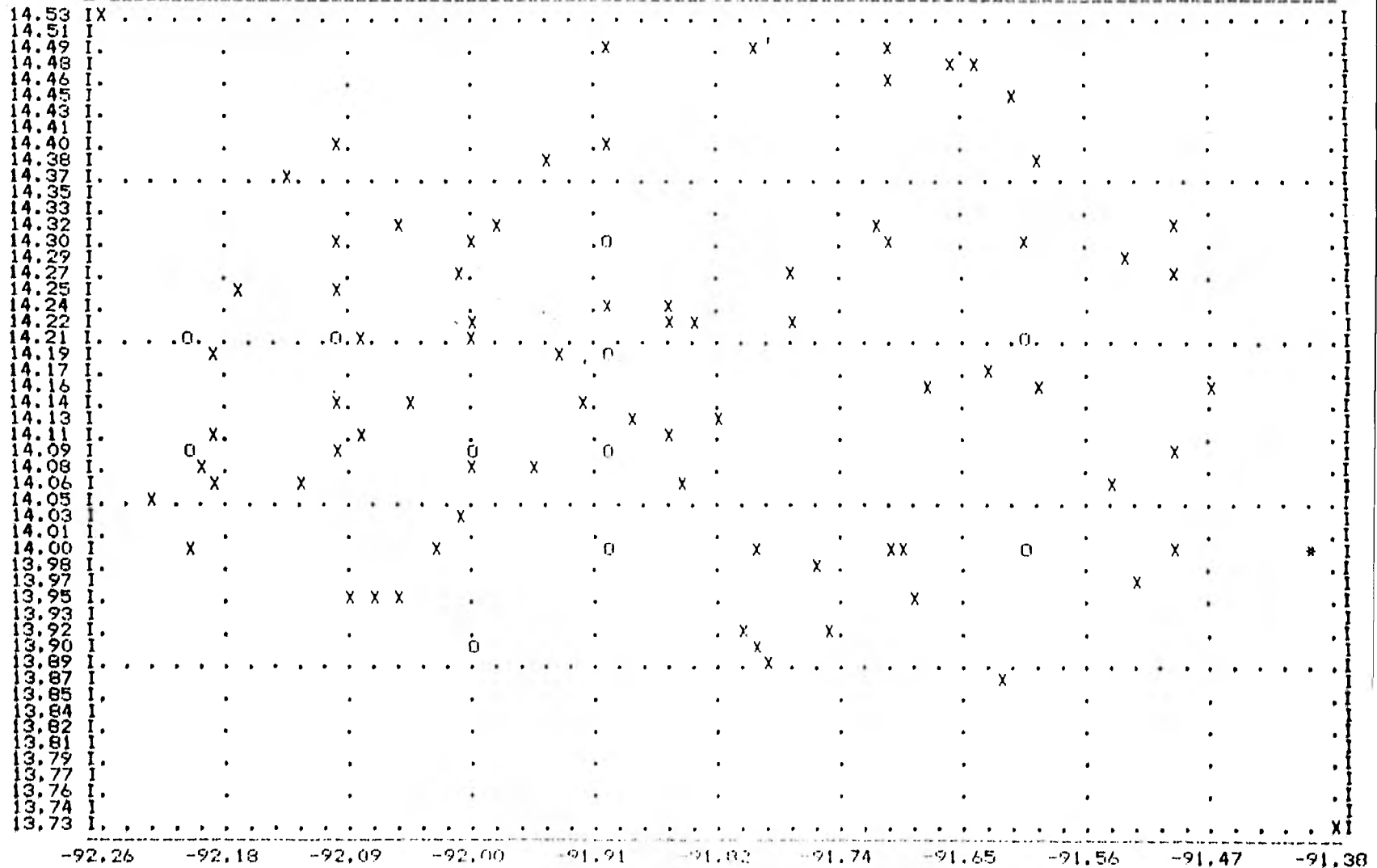
La sismicidad se calcula a partir de la pendiente de la recta de regresión que más ajusta a los datos del No. de eventos acumulados vs tiempo (mes), haciendo la gráfica. A continuación se presenta un ejemplo de una corrida y se anexa una gráfica del No. de eventos acumulados vs tiempo interesante.

```
R
#RUNNING
#CUANTAS AREAS?
#?
1
#AREA CIRCULAR (=0) O AREA RECTANGULAR (=1)?
0
#AREA CIRCULAR, R Y C?
0.40,
14,126,91,824
#RANGO DE PROFUNDIDADES?
00-500
#ANGULO DE LA SECCION?
60
#RANGO DE MAG. PARA MB, MS Y MP?
1,8,10,11,10,11
```

7	11	71	5	15	56.10	14.216	91.857	86	5.0	0.0	0.0	ERL
22	6	72	13	13	13.00	13.881	91.793	84	4.5	0.0	0.0	ERL
27	6	72	19	39	36.10	13.981	91.754	74	5.1	0.0	0.0	ERL
22	2	73	0	30	20.30	14.478	91.637	107	5.2	0.0	0.0	ERL
5	4	73	7	15	7.80	14.081	92.197	33	4.4	0.0	0.0	ERL
7	6	73	18	32	42.90	14.277	92.008	78	5.5	0.0	6.2	ERL PAS
7	6	73	18	34	46.30	14.183	91.899	70	5.7	0.0	0.0	ERL
7	6	73	19	45	43.00	14.386	91.951	97	5.1	0.0	0.0	ERL
8	6	73	5	37	15.50	14.067	92.188	77	4.2	0.0	0.0	ERL
8	6	73	7	47	38.70	14.115	91.857	73	4.2	0.0	0.0	ERL
9	6	73	0	58	4.00	14.070	91.852	76	4.7	0.0	0.0	ERL
3	12	73	12	5	30.70	14.148	92.045	33	4.5	0.0	0.0	GS
4	12	73	8	45	0.50	14.245	91.902	61	4.3	0.0	0.0	GS
2	12	74	7	7	40.80	14.084	91.960	75	5.1	0.0	0.0	GS
3	5	74	7	56	37.00	13.958	92.091	53	4.7	0.0	0.0	GS
21	7	74	8	28	35.30	14.314	92.056	70	5.3	0.0	5.7	GS BRK
31	12	74	20	15	32.70	14.150	91.921	75	5.4	0.0	6.0	GS BRK
31	12	74	20	21	9.00	14.126	91.824	39	5.7	6.1	6.0	GS BRK
31	12	74	21	56	10.00	14.196	91.942	75	4.9	0.0	0.0	GS
1	1	75	22	52	36.40	14.133	91.883	80	5.0	0.0	0.0	GS
1	1	75	23	41	22.00	14.221	91.842	108	4.4	0.0	0.0	GS
9	1	75	6	12	47.40	13.994	92.026	59	4.6	0.0	0.0	GS
21	1	75	0	36	11.30	14.374	92.135	106	4.4	0.0	0.0	GS
29	10	76	4	48	51.70	14.220	91.997	33	5.0	0.0	0.0	GS
16	1	77	20	49	15.80	14.460	91.701	88	4.7	0.0	0.0	GS
23	1	77	17	0	39.30	13.919	91.745	85	5.1	0.0	0.0	GS
13	5	77	3	2	7.70	14.172	91.626	82	4.8	0.0	0.0	GS
7	7	77	10	56	13.60	13.967	91.521	85	4.5	0.0	0.0	GS
10	9	77	10	21	11.50	13.947	91.681	78	5.6	0.0	0.0	GS
20	1	78	2	12	41.30	14.260	92.098	84	5.0	0.0	0.0	GS
22	2	78	7	34	40.00	14.316	91.501	90	4.2	0.0	0.0	GS
10	3	78	1	1	38.50	14.317	91.710	49	4.1	0.0	0.0	GS
28	3	78	9	1	56.30	14.044	92.227	82	4.5	0.0	0.0	GS
11	5	78	17	35	59.60	14.142	92.095	90	4.6	0.0	0.0	GS
11	5	78	21	5	22.20	14.207	92.076	86	4.9	0.0	0.0	GS
12	5	78	5	8	0.40	14.037	92.009	73	4.8	0.0	0.0	GS
13	5	78	3	36	9.50	14.073	91.999	68	4.8	0.0	0.0	GS
25	5	78	11	17	5.70	13.958	92.068	33	5.0	4.8	0.0	GS
10	9	78	23	24	15.60	14.270	91.497	94	5.6	0.0	6.0	GS PAS
12	1	79	3	59	1.90	14.286	91.534	95	5.4	0.0	6.1	GS PAS
1	6	79	17	6	49.00	14.377	91.598	69	4.8	0.0	0.0	GS
21	7	79	10	46	28.90	14.247	92.163	73	4.9	0.0	0.0	GS
27	7	79	18	40	59.40	14.103	92.078	78	4.6	0.0	0.0	GS
6	8	79	12	51	12.70	14.239	91.858	75	4.8	0.0	0.0	GS
10	9	79	10	6	19.20	13.869	91.619	100	4.8	0.0	0.0	GS
17	9	79	9	53	27.10	14.167	91.907	70	4.8	0.0	0.0	GS
10	10	79	3	45	46.20	13.926	91.809	64	5.0	0.0	0.0	GS
1	2	80	2	58	24.20	14.273	91.772	108	4.5	0.0	0.0	GS
8	4	80	3	50	11.30	13.952	92.055	68	4.7	0.0	0.0	GS
9	10	80	13	46	44.80	13.997	91.688	79	4.6	0.0	0.0	GS

TESIS

H 0 500 MAG. 1.0- 8.0 10.0-11.0 10.0-11.0 TIEMPO T1=63.0 T2=82.0

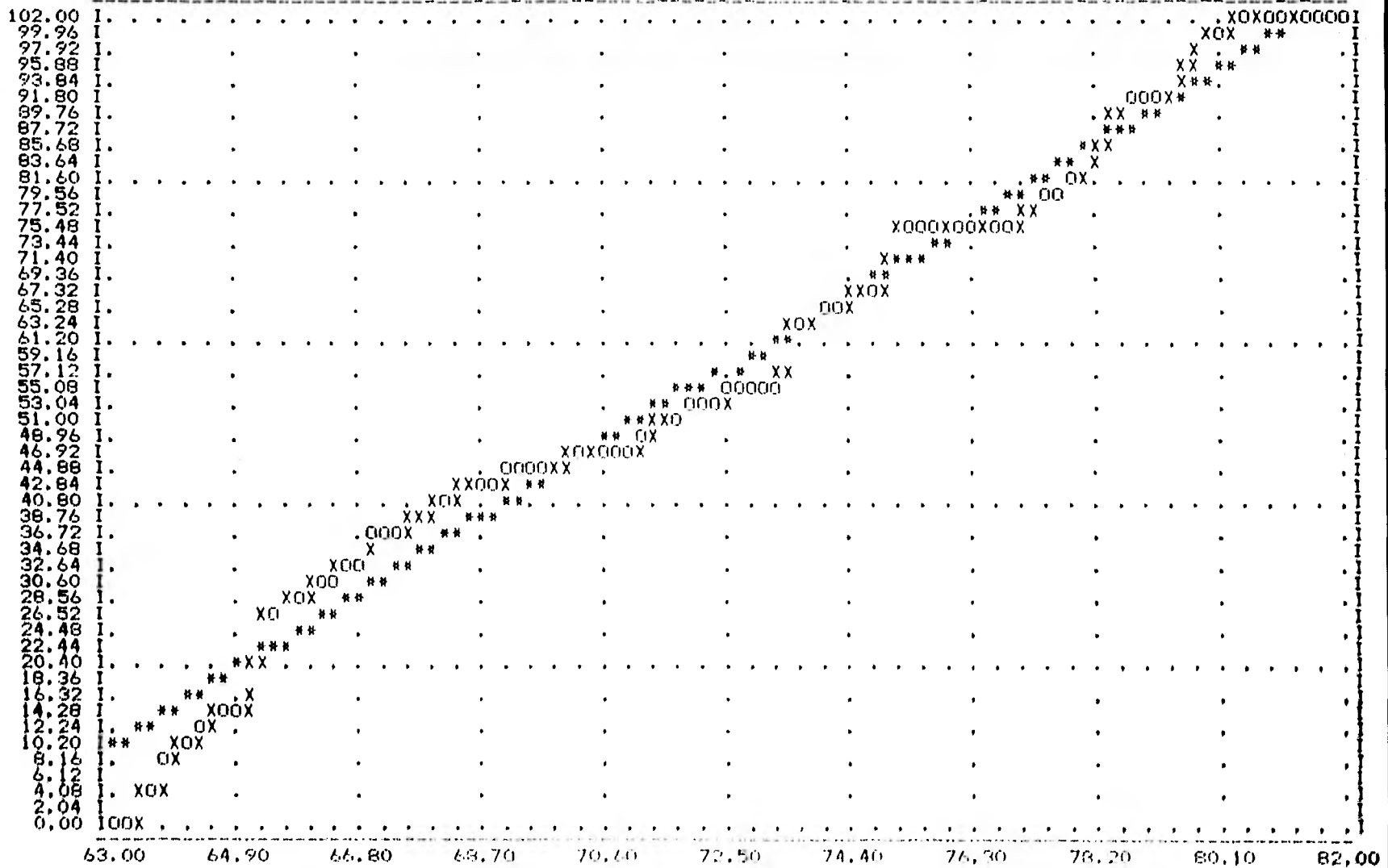


EL AREA ESCOGIDA FUE CIRCULAR Y TIENE POR RADIO  $R=0.40$  Y COORDENADAS DEL CENTRO C1 LAT= 14.126 LON= 91.824



TESIS

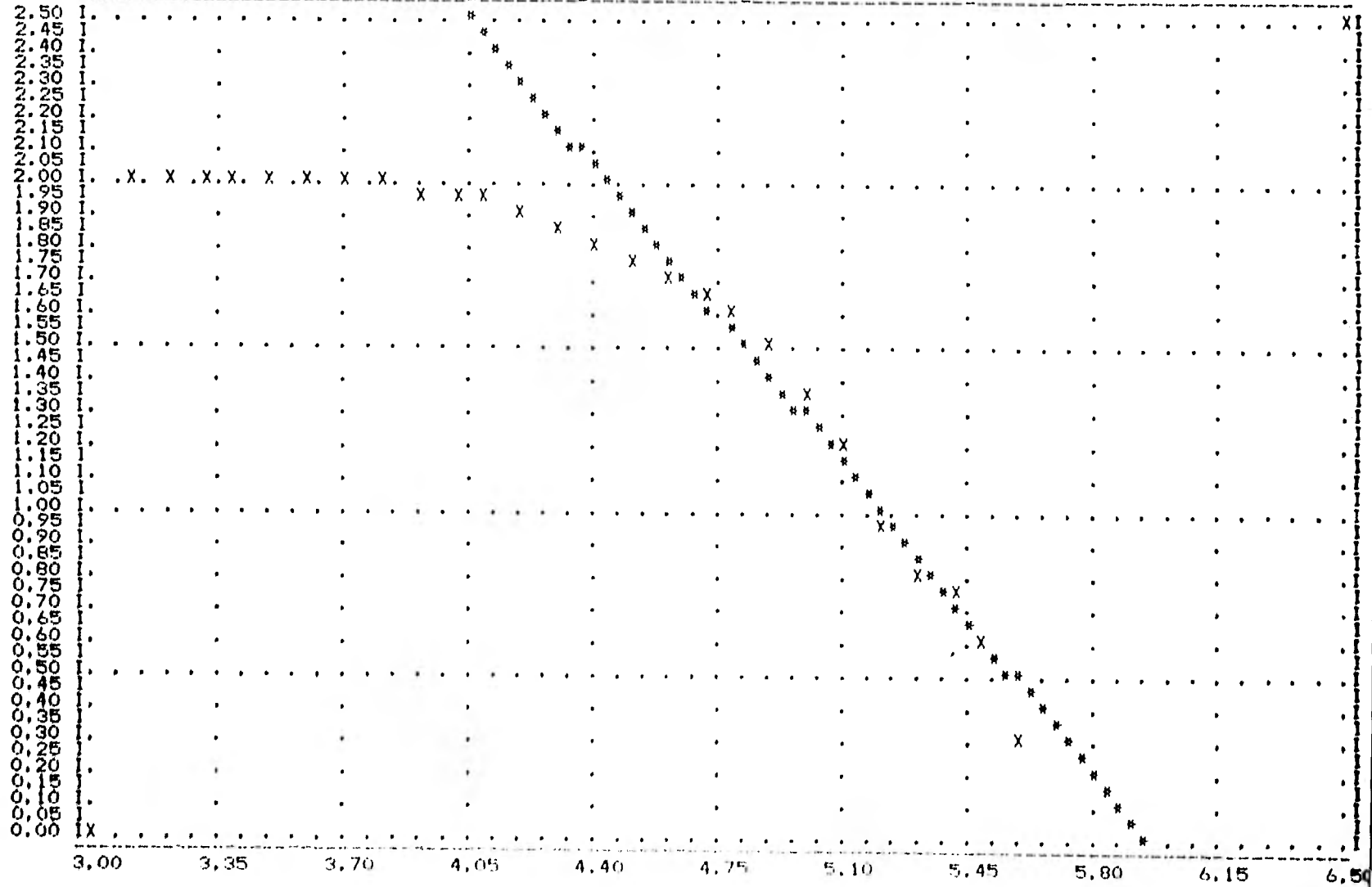
EVENTOS ACUM. VS TIEMPO T1=63.0000 T2=82.0000 A= -308.12 B= 5.04 ESE= 3.6



EL VALOR DE B NORMALIZADO SERA: BNOR1 Y BNOR2 SIENDO: BNOR1=B/GRADOS\*\*2 BNOR1= 10,032  
SIENDO: BNOR2=NO, EVENTOS/GRADOS\*\*2\*DELTA TIEMPO BNOR2= 10,630

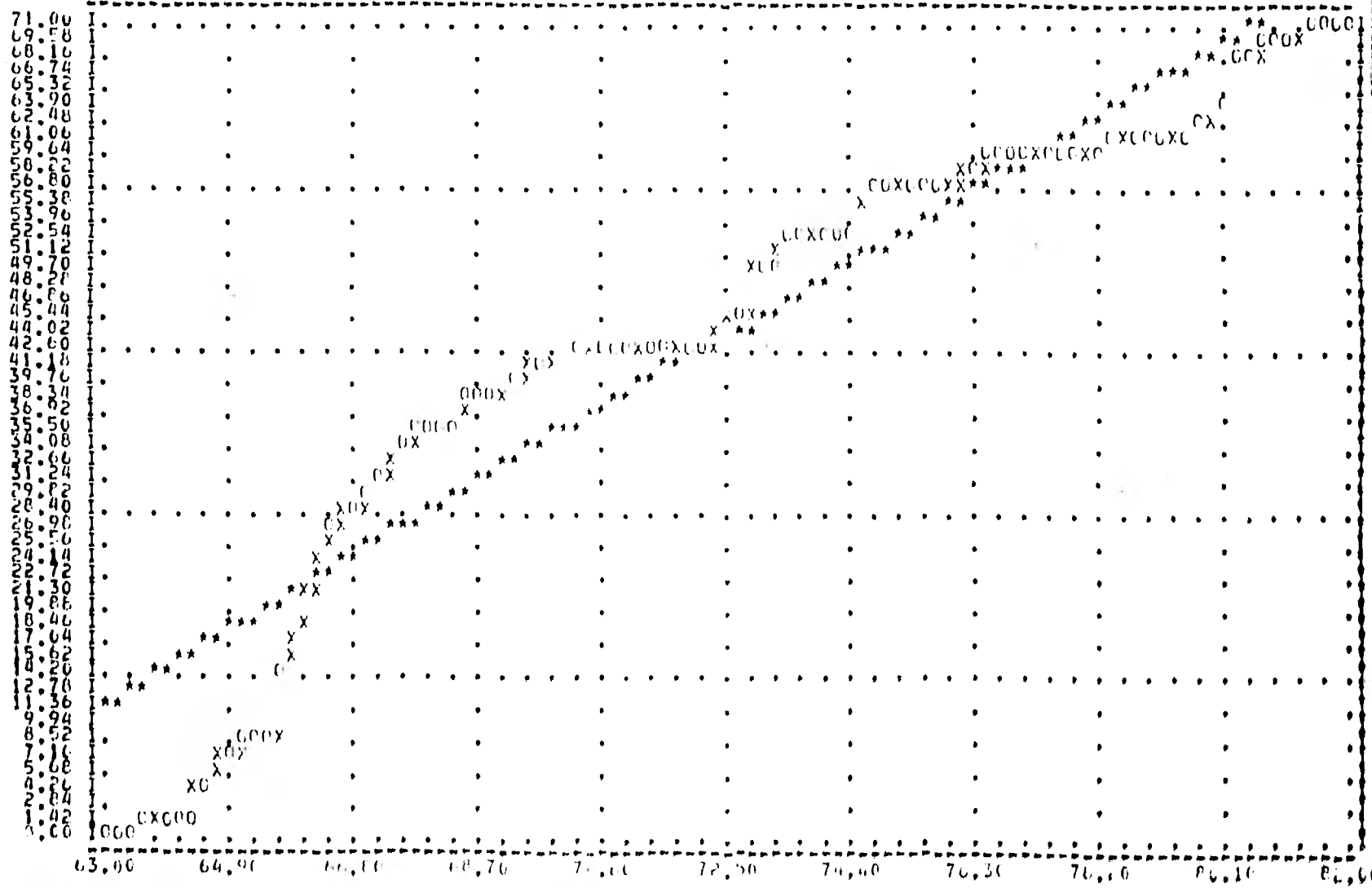
TESIS

MAGNITUDES MB 3.0-5.8 A= 7.90 B= -1.33 ESE= 0.09 MAG-MIN= 4.50



TESIS

LEVELS ACUM. VS TIEMPO T1=63.0000 T2=82.0000 A= -204.60 I= 3.42 ESE= 5.9



EL VALOR DE R NORMALIZADO SEGUN (MCG) Y TIEMPO SEGUN (MCG) = 0.020701, USAR EL FACTOR = 1.007  
 SIENDO: PROGRAM. LEVELS/GRADOS \* 2.2214 TIEMPO (MCG) = 1.009



```

100 $RESET FREE 00000100
105 C 00000105
107 C 00000107
110 C ***** 00000110
115 C ***** 00000115
117 C ** 00000117
120 C ** ESTE PROGRAMA SELECCIONA, ENLISTA Y GRAFICA A TODOS LOS ** 00000120
125 C ** EVENTOS SISMICOS QUE CAEN DENTRO DE UNA REGION QUE NOSO- ** 00000125
130 C ** TROS DAMOS. TENIENDO ESTOS RESULTADOS, HACE UN PERFIL A ** 00000130
135 C ** CUALQUIER ANGULO DADO, CONSIDERANDO EL PUNTO DE ORIGEN - ** 00000135
140 C ** PARA ESTE CORTE EL CENTRO DEL AREA Y SEGUIDAMENTE HACE - ** 00000140
145 C ** LA GRAFICA. ** 00000145
150 C ** CALCULA EL VALOR DE b MEDIANTE EL METODO DE MINIMOS CUA- ** 00000150
155 C ** DRADOS Y HACE LA GRAFICA Log N(M) vs Magnitud, TOMANDO - ** 00000155
160 C ** EN CUENTA TODAS LAS CONSIDERACIONES HECHAS EN EL CAPITU- ** 00000160
165 C ** LO I DE LA PRESENTE TESIS. FINALMENTE, GRAFICA EL LOGA-- ** 00000165
170 C ** RITMO DE LA SISMICIDAD vs TIEMPO(mes) Y ENCUENTRA LOS PA- ** 00000170
175 C ** RAMETROS DE LA RECTA DE REGRESION PARA ESTOS DATOS. ** 00000175
180 C ** 00000180
185 C ***** 00000185
190 C ***** 00000190
400 C 00000400
500 C 00000500
600 FILE 1=MEXICO,UNIT=DISK,RECORD=22,BLOCKING=1 00000600
700 FILE 2=DUMMY,UNIT=PRINTER 00000700
900 DIMENSION C(2),TITLE(7),YM(100),XX(100),YY(100) 00000900
1000 DIMENSION K(20),SL1(20),SL2(20),S01(20),S02(20) 00010000
1010 DIMENSION IEV(20),C1(20),C2(20),X(1000),Y(1000),Z(1000) 00010100
1011 DIMENSION T(1000,20),TTN(1090),XP(1090) 00010110
1015 DIMENSION TN(1090),TX(1090),LX(91),TI(21),NA(1090) 00010115
1016 DIMENSION YP(1090),YE(100),XPP(1090),EN(100) 00010116
1017 DIMENSION AT(1000,2),BT(1000,2),XL(94),YL(94) 00010117
1018 DIMENSION XT(100),YJ(100),XB(100),XC(100),XD(100) 00010118
1020 LIN=0 00010120
1100 00011000
1200 DATA BLANK// 00011200
1300 DATA YL/ 00011300
1400 *15.9,15.8,15.9,15.9,15.7,15.7,15.9,16.0,16.5,17.0 00011400
1500 *,17.3,18.5,19.5,20.1,20.5,20.6,21.0,21.4,21.6,21.7 00011500
1600 *,21.2,21.0,20.7,20.5,20.0,19.8,19.7,19.9,18.7,18.7 00011600
1700 *,18.6,18.5,18.5,18.2,18.2,18.5,18.7,18.8,19.4,19.9 00011700
1800 *,20.9,21.3,21.6,22.0,22.6,23.1,24.6,25.0,0.0,11.3 00011800
1900 *,11.8,12.2,12.9,13.3,13.3,13.7,13.9,13.9,14.0,14.6 00011900
2000 *,16.0,16.2,16.2,15.7,15.6,15.8,16.0,16.0,16.2,16.0 00020000
2100 *,16.6,16.7,16.5,17.5,17.9,18.0,17.9,18.3,18.7,19.4 00021000
2200 *,20.0,20.4,20.5,20.6,20.8,20.8,21.1,21.6,21.7,22.0 00022000
2300 *,22.5,23.2,23.9,24.6/ 00023000
2400 DATA XL/ 00024000
2500 * -86.0, -86.8, -87.3, -87.7, -88.2, -88.6 00025000
2600 *, -88.9, -88.9, -88.4, -88.2, -88.3, -87.8 00026000
2700 *, -87.4, -87.5, -87.3, -87.1, -86.9, -86.9 00027000
2800 *, -87.0, -86.0, -90.0, -90.3, -90.4, -90.5 00028000
2900 *, -90.5, -90.6, -90.7, -90.8, -91.8, -92.4 00029000
3000 *, -92.7, -92.9, -93.5, -94.4, -94.6, -94.7 00030000
3100 *, -95.2, -95.6, -96.3, -97.4, -97.3, -97.4 00031000
3200 *, -97.3, -97.7, -97.9, -97.8, -97.7, -97.5 00032000
3300 *, 0.0, -86.0, -86.5, -86.8, -87.7, -87.7 00033000

```

```

3400      *, -88.5, -90.0, -90.6, -91.2, -91.4, -92.2      00003400
3500      *, -93.9, -94.6, -94.9, -96.2, -96.6, -96.9      00003500
3600      *, -97.2, -97.8, -98.2, -98.6, -98.8, -99.7      00003600
3700      *, -99.6, -101.5, -101.8, -102.1, -102.2, -103.5  00003700
3800      *, -103.7, -105.0, -105.6, -105.7, -105.4, -105.3  00003800
3900      *, -105.3, -105.6, -105.9, -105.2, -105.5, -105.6  00003900
4000      *, -105.8, -106.5, -106.9, -108.0/      00004000
4001      *****      00004001
4002      *****      00004002
4003      *****      00004003
4004      EMPEZAMOS!!      00004004
4005      SE PREGUNTARA EL NUMERO DE AREAS O REGIONES QUE SE DESEAN      00004005
4006      INVESTIGAR.      00004006
4007      C      00004007
4010      WRITE(6,121)      00004010
4020      121      FORMAT(' CUANTAS AREAS ?')      00004020
4021      C      00004021
4022      LEERA AHORA EL NUMERO DE AREAS QUE SERA "NAR".      00004022
4025      C      00004025
4030      READ(5,/)NAR      00004030
4031      C      00004031
4032      PREGUNTARA QUE TIPO DE AREA QUEREMOS: CIRCULAR(=0)      00004032
4033      RECTANGULAR(=1)      00004033
4034      C      00004034
4035      WRITE(6,118)      00004035
4036      118      FORMAT(' AREA CIRCULAR(=0) O AREA RECTANGULAR(=1) ?')      00004036
4037      READ(5,/) AREA      00004037
4038      IF(AREA.EQ.1) GO TO 37      00004038
4080      C      00004080
4081      PREGUNTARA AHORA POR EL RADIO Y LAS COORDENADAS DE LOS      00004081
4082      CENTROS DE LAS REGIONES POR INVESTIGAR.      00004082
4083      C      00004083
4100      WRITE(6,120)      00004100
4200      120      FORMAT(' AREA CIRCULAR, R Y C ?')      00004200
4210      C      00004210
4220      LEERA PRIMERO EL RADIO "R".      00004220
4230      C      00004230
4300      READ(5,/)R      00004300
4400      C      00004400
4410      LEERA AHORA LAS COORDENADAS DE LOS CENTROS DE LAS CIRCUN-      00004410
4420      FERENCIAS, SE LE DARAN LAS LATITUDES Y LONGITUDES POR      00004420
4430      CADA REGION.      00004430
4440      C      00004440
4500      READ(5,/)(C1(I),C2(I),I=1,NAR)      00004500
4510      DO 30 I=1,NAR      00004510
4520      SL1(I)=C1(I)+R      00004520
4530      SL2(I)=C1(I)-R      00004530
4540      SO1(I)=C2(I)+R*1.1      00004540
4550      SO2(I)=C2(I)-R*1.1      00004550
4555      30      CONTINUE      00004555
4800      IF(R.NE.0.0) GO TO 33      00004800
4810      C      00004810
4820      SI NO SE LE DIERON LAS COORDENADAS DE LOS CENTROS DE LAS      00004820
4830      CIRCUNFERENCIAS EN EL PASO ANTERIOR, PREGUNTARA AHORA EL      00004830
4840      C RANGO DE LATITUDES Y LONGITUDES A CONSIDERAR.      00004840
4850      C      00004850
4900      37      WRITE(6,100)      00004900
5000      100      FORMAT(' RANGO DE LATITUDES Y LONGITUDES ?')      00005000
5100      READ(5,/)(SL1(I),SL2(I),SO1(I),SO2(I),I=1,NAR)      00005100
5155      DO 33 LL=1,NAR      00005155

```

5157		C1(LL)=(SL1(LL)+SL2(LL))/2.0	00005157
5159		C2(LL)=(S01(LL)+S02(LL))/2.0	00005159
5200	33	CONTINUE	00005200
5210	C		00005210
5220	C	SI QUEREMOS DETERMINAR EL RANGO DE PROFUNDIDADES DE LOS	00005220
5230	C	EVENTOS SISMICOS LO ESCRIBIREMOS A CONTINUACION:	00005230
5240	C		00005240
5300		WRITE(6,101)	00005300
5400	101	FORMAT(' RANGO DE PROFUNDIDADES ?')	00005400
5500		READ(5,/) H1,H2	00005500
5501	C	SE TRAZARA UNA SECCION DE LOS EVENTOS SISMICOS QUE CAYE-	00005501
5502	C	RON DENTRO DE CADA AREA, DICHA SECCION PASARA POR EL CEN-	00005502
5503	C	TRO Y FORMARA UN ANGULO QUE SERA EL QUE NOSOTROS LE DEMOS	00005503
5504	C	A CONTINUACION.	00005504
5505	C		00005505
5510		WRITE(6,111)	00005510
5520	111	FORMAT(' ANGULO DE LA SECCION ?')	00005520
5530		READ(5,/) ANGLE	00005530
5540	C		00005540
5541	C	SE PIDE EL RANGO DE MAGNITUDES PARA MB, MS Y MP. SI SOLO	00005541
5542	C	QUEREMOS MB ES CONVENIENTE EMPEZAR EN MB=1 HASTA LA MAG-	00005542
5543	C	NITUD MAYOR Y DEBEMOS PONER ENTONCES PARA MS Y MP DE -	00005543
5544	C	10,11,10,11.	00005544
5545	C		00005545
5600		WRITE(6,102)	00005600
5700	102	FORMAT(' RANGO DE MAG. PARA MB, MS Y MP ?',/)	00005700
5800		READ(5,/)SMB1,SMB2,SMS1,SMS2,SMP1,SMP2	00005800
5810	C		00005810
5900		WRITE(6,/) " MAGNITUD A USAR PARA EL VALOR DE B: MB,MS O MP ?"	00005900
6000		READ(5,105) DMAG	00006000
6100	105	FORMAT(A2)	00006100
6110	C		00006110
6120	C	EL INTERVALO DE TIEMPO SE PREGUNTA A CONTINUACION	00006120
6200		WRITE(6,103)	00006200
6300	103	FORMAT(' INTERVALO DE TIEMPO EN A&OS ?',/)	00006300
6400		READ(5,/) T1,T2	00006400
6410	C		00006410
6420	C	ANTES DE ENTRAR A LEER LOS DATOS PARA LOS EVENTOS	00006420
6430	C	SISMICOS REGISTRADOS, FORMAREMOS DOS CONTADORES	00006430
6440	C	K(I) E IEV(I), EN DONDE EL PRIMER CONTADOR SERA PARA	00006440
6441	C	QUE SEPAMOS CUANTOS EVENTOS SISMICOS CAYERON EN	00006441
6442	C	CADA AREA Y EL SEGUNDO CONTADOR NOS INDICARA EL NUMERO	00006442
6443	C	DE EVENTOS INVESTIGADOS.	00006443
6444	C		00006444
6500		K(I)=0	00006500
6510		DO 14 I=1,NAR	00006510
6520		K(I)=0	00006520
6521		IEV(I)=0	00006521
6530	14	CONTINUE	00006530
7000	C		00007000
7100	C	SE EMPEZARAN A LEER LOS EVENTOS SISMICOS.	00007100
7200	C		00007200
7300	1	CONTINUE	00007300
7400		READ(1,110,END=11)S, IY, MON, ID, IHO, IMIN, IS, ILA, ILO, IH,	00007400
7410		1MB,MS,MP,SMP	00007410
7500	110	FORMAT(5X,A4,2X,5I2,I3,I5,1X,I6,1X,I3,I3,15X,12,5X,13,A4)	00007500
7501	C		00007501
7502	C	ID=DIA; MON=MESE; IY=A&O; IHO=HORA; IMIN=MIN; IS=SEG.	00007502
7503	C	ILA=LATITUD; ILO=LONGITUD; IH=PROFUNDIDAD DEL FOCO;	00007503
7504	C	MB=MAGNITUD DE LAS ONDAS DE CUERPO; MS=MAGNITUD DE LAS ONDAS	00007504

7505	C	SUPERFICIALES Y MP.	00007505
7506	C		00007506
7507	C		00007507
7508	C	EL SIGUIENTE CONTADOR "LIN" SERA PARA VER LA POSICION	00007508
7509	C	DEL EVENTO SISMICO QUE NOS INTERESA DENTRO DEL ARCHIVO DE	00007509
7510	C	DATOS; EL EVENTO QUE HAYA CAIDO DENTRO DE ALGUNA AREA EN	00007510
7511	C	ESTUDIO SE VOLVERA A LEER MAS ADELANTE Y SE PROCEDERA A	00007511
7512	C	ANALIZARLO.	00007512
7513	C		00007513
7514	C	LIN=LIN+1	00007514
7600	C		00007600
7700	C	SE ANALIZARA A CONTINUACION CADA EVENTO SISMICO DEL	00007700
7710	C	ARCHIVO DE DATOS, PARA VER SI CAEN EN ALGUNA REGION	00007710
7711	C	DE ESTUDIO, ESTO SE HARA DE LOS RENGLONES 8000-10600. SI	00007711
7712	C	EL EVENTO PASA TODAS ESTAS RESTRICCIONES, SE PROCE-	00007712
7713	C	DERA A ESTUDIARLO.	00007713
7714	C		00007714
7750	C	TEM=IY+FLOAT(MON/12.)+FLOAT(D/372.)+FLOAT(HH/8928.)	00007750
7752	C	TEM=TEM+FLOAT(IMIN/535680.)	00007752
7755	C		00007755
7756	C		00007756
7800	C		00007800
8000	C	ALL=ILA/1000.0	00008000
8100	C	ALO=ILO/1000.0	00008100
8110	C	DO 25 M=1,NAR	00008110
8120	C	IF(R.EQ.0.0) GOTO 40	00008120
8200	C	CALL DEL(ALL,ALO,C1(M),C2(M),I)	00008200
8300	C	IF(D.GT.R) GO TO 10	00008300
8400	C	GO TO 41	00008400
8500	C	CONTINUE	00008500
8600	C	A=ILA/1000.0	00008600
8700	C	IF(A.LT.SL1(M).OR.A.GT.SL2(M)) GO TO 10	00008700
8800	C	A=ILO/1000.0	00008800
8900	C	IF(A.LT.S01(M).OR.A.GT.S02(M)) GO TO 10	00008900
9000	C	CONTINUE	00009000
9100	C	IF(TEM.LT.T1.OR.TEM.GT.T2) GO TO 10	00009100
9200	C	A=IH	00009200
9300	C	IF(A.LT.H1.OR.A.GT.H2) GO TO 10	00009300
9400	C	A=MB/100.0	00009400
9500	C	IF(A.GE.SMB1.AND.A.LE.SMB2) GO TO 20	00009500
9600	C	A=MS/10.0	00009600
9700	C	IF(A.GE.SMS1.AND.A.LE.SMS2) GO TO 20	00009700
9800	C	A=MP/100.0	00009800
9900	C	IF(A.LT.SMP1.OR.A.GT.SMP2) GO TO 10	00009900
10300	C		00010300
10500	C		00010500
10510	C	20 CONTINUE	00010510
10600	C		00010600
10601	C	COMO EL EVENTO PASO, VAMOS AHORA A CREAR UNA MATRIZ	00010601
10602	C	T(LIN,M)=LIN, EN DONDE M SERA LA QUE NOS INDIQUE EL AREA	00010602
10603	C		00010603
10605	C	K(M)=K(M)+1	00010605
10606	C		00010606
10607	C	T(K(M),M)=LIN	00010607
10608	C		00010608
11400	C	10 CONTINUE	00011400
11500	C	IEV(M)=IEV(M)+1	00011500
11520	C	25 CONTINUE	00011520
11530	C	GO TO 1	00011530
11535	C	11 CONTINUE	00011535

11540			00011540
11550			00011550
11560			00011560
11561		PEDIRA AHORA EL TITULO QUE LLEVARAN TODAS LAS GRAFICAS	00011561
11562			00011562
11563			00011563
11570			00011570
11580	209	WRITE(6,209) FORMAT(' QUE TITULO LLEVARAN LAS GRAFICAS ',/)	00011580
11581			00011581
11582		SI EL TITULO ES IGUAL A "BLANK", EL PROCESO SE PARARA	00011582
11583			00011583
11590		READ(5,109)TITLE	00011590
11600	109	FORMAT(10A6)	00011600
11610		IF(TITLE(1).EQ.BLANK) STOP	00011610
11620			00011620
11621		EL RANGO DE MAGNITUDES PARA GRAFICAR ESTARA DADO POR SM1	00011621
11622		Y SM2.	00011622
11623			00011623
11624			00011624
11630		WRITE(6,/) " RANGO DE MAGNITUDES SM1, SM2 ?"	00011630
11640		READ(5,/) SM1,SM2	00011640
11644			00011644
11645		SI SM2 ES IGUAL A CERO, EL PROCESO SE PARARA.	00011645
11646			00011646
11650		IF(SM2.EQ.0.0) STOP	00011650
11651			00011651
11652		COMO VAMOS A USAR UNA SUBROUTINA QUE NOS CALCULARA LA LINEA	00011652
11653		POR MINIMOS CUADRADOS QUE SE ADAPTE MEJOR A NUESTROS JUEGOS	00011653
11654		DE DATOS, PEDIRA AHORA CUAL ES LA MAGNITUD MAS PEQUENA (SFIRST)	00011654
11655		A CONSIDERAR.	00011655
11656			00011656
11660		WRITE(6,/) " MAG. MAS PEQUEÑA A USAR PARA MIN. CUADRADOS ?"	00011660
11670		READ(5,/) SFIRST	00011670
11680			00011680
11683			00011683
11684			00011684
11685		WRITE(6,/) " FACTOR DE NORMALIZACION PARA LOS DATOS SISMICOS?"	00011685
11686		READ(5,/)FNOR	00011686
11687			00011687
11688			00011688
11700			00011700
11730		DO 26 N=1,NAR	00011730
11740		WRITE(2,201) K(N)	00011740
11750		WRITE(6,201) K(N)	00011750
11760	201	FORMAT(JH1,' NUMERO DE EVENTOS ENCONTRADOS ',15)	00011760
11770		WRITE(2,205) IEV(N)	00011770
11780		WRITE(6,205) IEV(N)	00011780
11790	205	FORMAT(//,' NUMERO DE EVENTOS LEIDOS ',15)	00011790
11818			00011818
11820			00011820
11822		COMO LOS DATOS SISMICOS CONTENIDOS EN EL DISCO DEL PDE	00011822
11825		NO ESTAN EN ORDEN, SE PROCEDERA A ORDENARLOS CONFORME	00011825
11830		A SU TIEMPO DE OCURRENCIA Y LUEGO SE LISTARAN.	00011830
11900			00011900
11910			00011910
12210		DO 16 JP=1,1000	00012210
12230		AT(JP,1)=0.0	00012230
12235		NA(JP)=0.0	00012235
12240		AT(JP,2)=0.0	00012240
12250		X(JP)=0.0	00012250

```

12252      TN(JP)=0.0
12253      ITN(JP)=0.0
12254      TX(JP)=0.0
12255      Y(JP)=0.0
12260      Z(JP)=0.0
12275      YP(JP)=0.0
12280      XP(JP)=0.0
12290      16 CONTINUE
12292      DO 77 JN=1,100
12294      YM(JN)=0.0
12296      EN(JN)=0.0
12298      77 CONTINUE
12305      WRITE(2,220)
12310      220 FORMAT(//, ' D M A H MIN SEG',8X,'LAT',8X,'LON',2X,
12320      1' PROF ', 'MB',3X,'MS',3X,'MP',3X,'FUENTES',/)
13200
13210
13220
13230
13240
13250
13251
13253
13254
13255
13256
13257
13258
13259
13260
13261
13262
13263
13264
14000
14010
14026
14028
14029
14033
14034
14035
14036
14037
14038
14062
14063
14065
14066
14067
14069
14070
14073
14075
14077
14078
14080
14081
14082
14083

```

SE VOLVERAN A LEER LOS EVENTOS ASI LOCALIZADOS Y SE CREARAN  
LOS VECTORES SIGUIENTES: NA(KL), YM(MB), YM(MS), YM(MP), X(IK+2),  
Y(IK+2), Z(IK+2), YP(IK+2) Y XP(IK+2); QUE SIGNIFICAN  
NA(KL): VECTOR QUE ESTARA FORMADO POR EL NUMERO DE EVENTOS  
EN CADA MES.  
YM(MB), YM(MS), YM(MP): VECTORES QUE ESTARAN FORMADOS POR  
NUMERO DE EVENTOS SISMICOS CON DETERMINADA MAGNITUD  
MB, MS Y MP RESPECTIVAMENTE.  
X(IK+2): VECTOR LATITUD.  
Y(IK+2): VECTOR LONGITUD.  
Z(IK+2): VECTOR PROFUNDIDAD.  
YP(IK+2), XP(IK+2): VECTORES QUE ESTARAN FORMADOS POR ELEMENTOS  
SOBRE UN PLANO DE COORDENADAS CARTESIANAS.

```

TIM=0.0
KL=0
N2=K(N)
DO 19 IK=1,N2
IT=T(IK,N)
READ(1=IT,110)S, IY, MON, ID, IHO, IMIN, IS, ILA, ILO, IH, MB,
1MS, MP, SMP
TIM=IY+FLOAT(MON/12.)+FLOAT(ID/372.)+FLOAT(IHO/8928.)
TIM=TIM+FLOAT(IMIN/535680.)
AT(IK,1)=TIM
AT(IK,2)=IT
KL=MON+IY*12
NA(KL)=NA(KL)+1
IF(DMAG.EQ."MB".AND.MB.NE.0)YM(MB/10)=YM(MB/10)+1
IF(DMAG.EQ."MS".AND.MS.NE.0)EN(MB/10)=MB/10
IF(DMAG.EQ."MS".AND.MS.NE.0)YM(MS)=YM(MS)+1
IF(DMAG.EQ."MP".AND.MP.NE.0)YM(MP/10)=YM(MP/10)+1
IF(DMAG.EQ."MP".AND.MP.NE.0)EN(MP/10)=MP/10
X(IK+2)=ILA/1000.0
Y(IK+2)=-ILO/1000.0
Z(IK+2)=-IH
YP(IK+2)=(X(IK+2)-C1(N))*111.2
ANG=(C2(N)+Y(IK+2))/57.2958
ANG=57.2958*ARCSIN(ANG)
XP(IK+2)=111.2*57.2958*ARCSIN(ANG)
19 CONTINUE

```

00012252  
00012253  
00012254  
00012255  
00012260  
00012275  
00012280  
00012290  
00012292  
00012294  
00012296  
00012298  
00012305  
00012310  
00012320  
00013200  
00013210  
00013220  
00013230  
00013240  
00013250  
00013251  
00013253  
00013254  
00013255  
00013256  
00013257  
00013258  
00013259  
00013260  
00013261  
00013262  
00013263  
00013264  
00014000  
00014010  
00014026  
00014028  
00014029  
00014033  
00014034  
00014035  
00014036  
00014037  
00014038  
00014062  
00014063  
00014065  
00014066  
00014067  
00014069  
00014070  
00014073  
00014075  
00014077  
00014078  
00014080  
00014081  
00014082  
00014083

```

14085 C 00014085
14086 C 00014086
14100 X(1)=SL1(N) 00014100
14110 X(2)=SL2(N) 00014110
14120 Y(1)=-SD1(N) 00014120
14130 Y(2)=-SD2(N) 00014130
14140 Z(1)=0.0 00014140
14150 Z(2)=-300.0 00014150
14160 N1=94 00014160
14180 C 00014180
14200 C SE PROCEDERA A GRAFICAR A LOS EVENTOS SISMICOS QUE CAYERON 00014200
14205 C DENTRO DE CADA AREA, DADAS AL PRINCIPIO. 00014205
14210 C 00014210
14251 DO 62 I=1,N2 00014251
14252 DO 54 J=1,N2-1 00014252
14253 IF(AT(J+1,1).LT.AT(J,1)) GO TO 29 00014253
14254 GO TO 54 00014254
14255 29 BT(J,1)=AT(J+1,1) 00014255
14256 AT(J+1,1)=AT(J,1) 00014256
14257 AT(J,1)=BT(J,1) 00014257
14258 BT(J,2)=AT(J+1,2) 00014258
14259 AT(J+1,2)=AT(J,2) 00014259
14260 AT(J,2)=BT(J,2) 00014260
14261 54 CONTINUE 00014261
14262 62 CONTINUE 00014262
14264 DO 63 IN=1,N2 00014264
14265 IP=AT(IN,2) 00014265
14266 IF(IP.EQ.0) GO TO 97 00014266
14267 READ(1=IP,110)S,1Y,MON,1D,1H0,1MIN,1S,1LA,1LO,1H,MB, 00014267
14271 1MS,MP,SMP 00014271
14275 WRITE(2,200)ID,MON,1Y,1H0,1MIN,(1S/10.), (1LA/1000.), 00014275
14276 1(1LO/1000.),1H,(MB/100.), (MS/10.), (MP/100.),S,SMP 00014276
14279 200 FORMAT(1X,5I3,2X,F5.2,2X,2F10.3,2X,1I3,2X,3F5.1,3X,2A4) 00014279
14291 63 CONTINUE 00014291
14293 97 CONTINUE 00014293
14300 WRITE(2,210) TITLE,1H1,H2,SMB1,SMB2,SMS1,SMS2,SMP1,SMP2,T1,T2 00014300
14400 210 FORMAT('1',1X,7A5,'H',2I4,2X,'MAG.',F4.1,'-',F4.1,1X,F4.1, 00014400
14500 '1'-',F4.1,1X,F4.1,'-',F4.1,1X,'TIEMPO',1X,'T1=',F4.1,1X,'T2=',F4.1) 00014500
14600 CALL PLOTXY(N1,N2+2,XL,YL,Y,X) 00014600
14601 IF(AREA.EQ.1) GO TO 175 00014601
14602 WRITE(2,213)R,C1(N),C2(N) 00014602
14603 213 FORMAT('/',' EL AREA ESCOGIDA FUE CIRCULAR Y TIENE POR RADIO', 00014603
14604 12X,'R=',F5.2,2X,'Y COORDENADAS DEL CENTRO C1',2X,'LAT=', 00014604
14605 1F7.3,2X,'LON=',F7.3) 00014605
14606 GO TO 21 00014606
14607 175 CONTINUE 00014607
14608 WRITE(2,214) 00014608
14609 214 FORMAT('/',' EL AREA ESCOGIDA FUE RECTANGULAR',) 00014609
14611 21 CONTINUE 00014611
14620 C 00014620
14630 C EL PERFIL SE HARA A UN ANGULO DADO AL PRINCIPIO DEL PROGRAMA 00014630
14631 C SE DIVIDIRA ENTRE 57.29577 PARA PASARLO A RADIANTES; COMO 00014631
14632 C YA SE CREARON LOS VECTORES XPR(10N) Y YPR(10N), LOS CUALES 00014632
14633 C SUS ELEMENTOS SON PUNTOS EN UN PLANO COORDENADO, AHORA SE 00014633
14634 C GIRARA DICHO PLANO EL ANGULO DADO AL PRINCIPIO Y SE 00014634
14635 C FORMARA EL NUEVO PLANO CARTESIANO YPP(1) Y XPP(1), EL PER- 00014635
14636 C FIL ESTARA DADO POR LAS PROYECCIONES DE CADA PUNTO SOBRE EL 00014636
14637 C EJE XPP(L). 00014637
14638 C LOS LIMITES DE LA GRAFICA ESTARAN DETERMINADOS POR XPP(1) 00014638
14639 C Y XPP(2). 00014639

```

```

14690      C      00014690
14700      C      00014700
14708      DO 79 L1=1,K(N)      00014708
14710      XPP(L1)=0.0      00014710
14720      79      CONTINUE      00014720
15130      XAN=ANGLE/57.29577      00015130
15131      U=ABS(COS(XAN))      00015131
15132      V=ABS(SIN(XAN))      00015132
15133      ANG1=(C2(N)-S02(N))/57.2958      00015133
15134      ANG1=SIN(ANG1)*COS(SL2(N)/57.2958)      00015134
15135      XP(1)=111.2*57.2958*ARSIN(ANG1)      00015135
15136      YP(1)=(SL2(N)-C1(N))*111.2      00015136
15137      ANG2=(C2(N)-S01(N))/57.2958      00015137
15138      ANG2=SIN(ANG2)*COS(SL1(N)/57.2958)      00015138
15139      XP(2)=111.2*57.2958*ARSIN(ANG2)      00015139
15143      XPP(1)=XP(1)*U-V*YP(1)      00015143
15144      YP(2)=(SL1(N)-C1(N))*111.2      00015144
15145      XPP(2)=XP(2)*U-V*YP(2)      00015145
15147      DO 23 L=3,N2+2      00015147
15150      XPP(L)=U*XP(L)-V*YP(L)      00015150
15151      23      CONTINUE      00015151
15152      WRITE(2,235)TITLE,ANGLE      00015152
15153      235     FORMAT(1H1,1X,7A5,"PERFIL DE LOS EVENTOS SISMICOS",      00015153
15154      12X,"ANGULO=",I3)      00015154
15160      CALL PLOTXY(0,N2+2,XL,YL,XPP,Z)      00015160
15200      C      00015200
15210      C      00015210
15220      C      00015220
15221      C      SE DESEA CONOCER EL VALOR DE LAS CONSTANTES "A" Y "B",      00015221
15222      C      DE LA FORMULA DE GUTENBERG-RICHTER:  $N=EXP(A-BM)$ , PARA      00015222
15223      C      CADA REGION INVESTIGADA; YA QUE EL VALOR DE "B", TIENE      00015223
15224      C      CIERTAS IMPLICACIONES TECTONICAS (VER TESIS DE ENOCH),      00015224
15225      C      PARA ELLO, VAMOS A GRAFICAR EL NUMERO DE EVENTOS SISMICOS      00015225
15226      C      CON DETERMINADA MAGNITUD MB, MS O MP VS MAGNITUD, Y POR      00015226
15227      C      MINIMOS CUADRADOS, VAMOS A ENCONTRAR LA RECTA QUE MAS SE      00015227
15228      C      AJUSTE A DICHO DATOS. LA PENDIENTE DE LA RECTA SERA "B".      00015228
15229      C      DE ACUERDO A LO ANTERIOR, PROCEDEREMOS COMO SIGUE:      00015229
15230      C      ENCONTRAREMOS PRIMERO EL MAYOR VALOR DEL ARREGLO YM      00015230
15231      C      DIFERENTE DE CERO.      00015231
15500      C      00015500
17100      C      00017100
17110      C      NSM1=SM1*10      00017110
17120      C      NSM2=SM2*10      00017120
17200      C      DO 50 L=NSM1,NSM2      00017200
17210      C      K1=-L+NSM2+NSM1      00017210
17300      C      IF (YM(K1).NE.0) GO TO 31      00017300
17400      C      50      CONTINUE      00017400
17500      C      31      CONTINUE      00017500
17600      C      NSM2=K1      00017600
17700      C      00017700
17710      C      SE TOMARA EL PROMEDIO PARA CADA 3 VALORES DEL ARREGLO YM Y      00017710
17720      C      SE HARAN ACUMULADOS, EMPEZANDO POR EL ULTIMO VALOR DE      00017720
17730      C      DICHO ARREGLO. EL RANGO DE MAGNITUDES DELA CADA VEZ,      00017730
17740      C      00017740
18000      C      00018000
18100      C      NSM1=NSM1+1      00018100
18200      C      NSM2=NSM2-1      00018200
18210      C      DO 76 LP=1,100      00018210
18220      C      YE(LP)=0.0      00018220
18222      C      XB(LP)=0.0      00018222

```



```

18224          XC(LP)=0.0          00018224
18226          XD(LP)=0.0          00018226
18230          76 CONTINUE          00018230
18300          DO 36 I=1,1000      00018300
18400          Y(I)=0.0            00018400
18500          X(I)=0.0            00018500
18600          36 CONTINUE          00018600
18700          NSM=NSM2-NSM1+1     00018700
18800          L=NSM+1             00018800
18900          DO 32 M=NSM1,NSM2   00018900
18910          I=-M+NSM1+NSM2     00018910
19000          L=L-1              00019000
19010          C EL VECTOR Y(L) ESTARA FORMADO POR ELEMENTOS QUE SON EL PROME-
19020          C DIO PARA CADA TRES VALORES DEL ARREGLO YM Y QUE SE HAN ACU-
19030          C MULADO, EL VECTOR X(L), SERA EL VECTOR MAGNITUD,          00019030
19040          C          00019040
19100          Y(L)=(YM(I+1)+YM(I)+YM(I-1))/3+Y(L+1) 00019100
19135          XT(L+1)=FLOAT(I+1)/10.0 00019135
19140          YE(L+1)=YM(I+1)+YE(L+2) 00019140
19145          YE(L)=YM(I)+YE(L+1) 00019145
19160          YJ(L)=YM(I)          00019160
19200          X(L)=FLOAT(I)/10.0   00019200
19220          32 CONTINUE          00019220
19230          IF(FNOR.EQ.0.0) GO TO 307 00019230
19240          WRITE(2,300)FNOR      00019240
19250          300 FORMAT(1H1,2X,' EL FACTOR DE NORMALIZACION (FNOR) ES:',2X, 00019250
19260          1F10.4,/,3X,' A:MAGNITUD',/,3X,' B:NUMERO DE EVENTOS',/,3X, 00019260
19305          1' C:NO. DE EVENTOS ACUMULADOS',/,3X,' D:NO. DE EVENTOS',1X, 00019305
19306          1'ACUMULADOS FILTRADOS',/,3X,' E:FACTOR DE NORMALIZACION POR',1X, 00019306
19307          1'NUMERO DE EVENTOS',/,3X,' F:FNOR POR NO. EVENTOS ACUMULADOS',/, 00019307
19308          13X,' G:FNOR POR NO. EVENTOS ACUMULADOS FILTRADOS') 00019308
19309          WRITE(2,301)          00019309
19310          301 FORMAT(/,10X,' A',6X,' B',7X,' C',7X,' D',7X,' E',7X,' F',7X,' G') 00019310
19312          DO 277 KK=1,40        00019312
19313          XB(KK)=FNOR*YJ(KK)    00019313
19314          XC(KK)=FNOR*YE(KK)    00019314
19315          XD(KK)=FNOR*Y(KK)     00019315
19316          WRITE(2,278)XT(KK),YJ(KK),YE(KK),Y(KK),XB(KK),XC(KK),XD(KK) 00019316
19317          278 FORMAT(/,5X,7F8.3) 00019317
19318          277 CONTINUE          00019318
19400          307 DO 35 I=1,NSM    00019400
19405          C          00019405
19410          C EL VECTOR Y(L), ENCONTRADO ARRIBA, SE HARA LOGY(L), YA QUE 00019410
19420          C ASI LO EXIGUE LA FORMULA GUTENBERG-RICHTER: N=EXP(a-bM), 00019420
19500          Y(I)=ALOG10(Y(I))    00019500
19600          35 CONTINUE          00019600
19700          MFIRST=SFIRST*10.0-NSM1+1 00019700
19800          CALL LSOLIN(NSM,MFIRST,X,Y,AA,BB,RMS) 00019800
19810          Y(NSM+1)=0.0          00019810
19820          Y(NSM+2)=2.5          00019820
19830          X(NSM+1)=SM1         00019830
19840          X(NSM+2)=SM2+0.7     00019840
19900          CALL LINE(NSM+2,X,Y,AA,BB,XX,YY) 00019900
20000          WRITE(2,225)TITLE,DMAG,SM1,SM2,AA,BB,RMS,SFIRST 00020000
20100          225 FORMAT("1",7A5,1X,"MAGNITUDES",/,A2,1X,F3.1,"=",F3.1, 00020100
20110          15X,"A=",F8.2,2X,"B=",F6.2,1X,"RMS=",F5.2,2X,"MAG-MIN=",F6.2) 00020110
20160          CALL PLOTXY(100,NSM+2,XX,YY,X,Y) 00020160
20200          C          00020200
20210          C          00020210
20220          C          00020220

```

20370			00020370
20535	C		00020535
20540	C		00020540
20545	C		00020545
20546	C	SE PROCEDERA A GRAFICAR EL NUMERO DE EVENTOS POR MES VS TIEM-	00020546
20547	C	PO; PARA ELLO EMPLEAREMOS EL VECTOR "NA" ENCONTRADO ANTERIOR-	00020547
20548	C	MENTE Y CREAREMOS EL VECTOR "TTN" QUE SERA EL VECTOR ACUMULA-	00020548
20549	C	DO Y ESTE SERA GRAFICADO VS TX(=VECTOR TIEMPO EN AÑOS).	00020549
20550	C		00020550
20600		NT1=T1*12+1.0	00020600
20610		NT2=T2*12	00020610
20612		NKN=0	00020612
20615		NPN=0	00020615
20620		DO 18 I=NT1,NT2	00020620
20622		TN(I)=NA(I)+NKN	00020622
20624		NKN=TN(I)	00020624
20626		IF(TN(I).EQ.0.0) NPN=NPN+1	00020626
20628		TTN(I-NT1+1)=TN(I)	00020628
20650		TX(I-NT1+1)=FLOAT(I-1)/12.010.08333	00020650
20670	18	CONTINUE	00020670
20680		NO=NT2-NT1	00020680
20690		CALL LSQLIN(NO,NPN, TX, TTN, AA, BB, RMS)	00020690
20700		CALL LINE(NO, TX, TTN, AA, BB, XX, YY)	00020700
20710		TTN(N2+1)=0.0	00020710
20720		TTN(N2+2)=N2	00020720
20723		TX(N2+1)=T1	00020723
20725		TX(N2+2)=T2	00020725
20726		WRITE(2,236)TITLE, T1, T2, AA, BB, RMS	00020726
20727	236	FORMAT("1",7A5,1X,"EVENTOS ACUM. VS TIEMPO",1X,	00020727
20728		1"T1=",F7.4,1X,"T2=",F7.4,1X,"A=",F8.2,1X,"B=",F5.2,1X,	00020728
20729		1"RMS=",F5.1)	00020729
20730		CALL PLOTXY(100,NO,XX,YY, TX, TTN)	00020730
20731	C		00020731
20732	C	SE NORMALIZARA EL VALOR DE B OBTENIDO ANTERIORMENTE; SE	00020732
20733	C	DIVIDIRA ENTRE EL AREA Y EL INTERVALO DE TIEMPO INVESTIGADO.	00020733
20734	C		00020734
20735		IF (AREA.EQ.1) GO TO 53	00020735
20736		AR=3.1416*R**2	00020736
20737		BNOR1=BB/AR	00020737
20738		AR1=AR*(T2-T1)	00020738
20739		BNOR2=FLOAT(N2)/AR1	00020739
20740		GO TO 39	00020740
20741	53	CONTINUE	00020741
20742		AR=(SL1(N)-SL2(N))*(S01(N)-S02(N))	00020742
20743		BNOR1=BB/AR	00020743
20744		AR1=AR*(T2-T1)	00020744
20745		BNOR2=FLOAT(N2)/AR1	00020745
20746	39	CONTINUE	00020746
20747		WRITE(2,317)BNOR1	00020747
20748	317	FORMAT(/,/, EL VALOR DE B NORMALIZADO SERA: BNOR1 Y BNOR2,	00020748
20749		11X, SIENDOI, 2X, BNOR1=B/GRADOS**2, 2X, BNOR2=, 1X,F7.3)	00020749
20750		WRITE(2,318)BNOR2	00020750
20751	318	FORMAT(/,/, SIENDOI, 2X, BNOR2=NO. EVENTOS/GRADOS**2, 1,	00020751
20752		1 DELTA TIEMPO, 2X, BNOR2=, 1X,F7.3)	00020752
20754		NSM1=0	00020754
20756		NSM2=0	00020756
20758		N2=0	00020758
20780	24	CONTINUE	00020780
20900		STOP	00020900
21000		END	00021000

21005				00021005
21006				00021006
21010				00021010
21020				00021020
21030				00021030
21040				00021040
21050				00021050
21060				00021060
21100				00021100
21200				00021200
21300				00021300
21400				00021400
21500				00021500
21600				00021600
21700				00021700
21800				00021800
21900				00021900
22000				00022000
22100				00022100
22200				00022200
22300				00022300
22400				00022400
22500				00022500
22600				00022600
22700				00022700
22800				00022800
22900				00022900
23000				00023000
23100				00023100
23200				00023200
23300				00023300
23400				00023400
23500				00023500
23600				00023600
23700				00023700
23800				00023800
23900				00023900
24000				00024000
24100				00024100
24200				00024200
24300				00024300
24400				00024400
24500				00024500
24600				00024600
24700				00024700
24800				00024800
24900				00024900
25000				00025000
25100				00025100
25200				00025200
25300				00025300
25400				00025400
25500				00025500
25600				00025600
25700				00025700
25800				00025800
25900				00025900
26000				00026000
26100				00026100
26200				00026200

```

*****
***** SUBROUTINAS *****
*****
SUBROUTINA DE GRAFICACION.
SUBROUTINE PLOTXY(N1,N2,X1,Y1,X2,Y2)
    ESTA SUBROUTINA GRAFICA 2 CONJUNTOS DE DATOS Y COMO FUNCION
    DE X EN UNA HOJA, SU DIMENSION ES DE 100*50; LOS DOS CONJUNTOS
    DE DATOS X1, Y1, X2, Y2, TIENEN N1 Y N2 PUNTOS RESPECTIVAMENTE.
    LA SALIDA DE LA GRAFICA ESTA DETERMINADA POR LOS VALORES
    MAXIMOS Y MINIMOS DE LOS CONJUNTOS DE DATOS X2, Y2 Y LOS VALO-
    RES X1, Y1 FUERA DE LA GRAFICA NO SON USADOS. SI N1=0, EL CON-
    JUNTO DE DATOS X1, Y1 NO SE USA.
    LOS VALORES DE X Y Y PUEDEN VENIR EN CUALQUIER ORDEN, SERAN
    ORDENADOS AUTOMATICAMENTE.
    DIMENSION X1(1000),Y1(1000),X2(1100),Y2(1100),A(101,51)
    DIMENSION YSC(51),XSC(11)
    DATA 00/'0',STAR/'*',CRS/'+',BLANK/' '
    XMAX=-1#10E10
    YMAX=XMAX
    XMIN=-XMAX
    YMIN=XMIN
    ENCUENTRA LOS PUNTOS MAXIMOS Y MINIMOS.
    DO 1 I=1,N2
    IF(X2(I).GT.XMAX) XMAX=X2(I)
    IF(Y2(I).GT.YMAX) YMAX=Y2(I)
    IF(X2(I).LT.XMIN) XMIN=X2(I)
    IF(Y2(I).LT.YMIN) YMIN=Y2(I)
    1 CONTINUE
    DO 29 I=1,101
    DO 29 K=1,51
    A(I,K)=BLANK
    29 CONTINUE
    LOS PONE EN UN ARREGLO.
    DO 50 I=1,51,10
    DO 50 K=1,101,2
    A(K,I)='.'
    50 CONTINUE
    DO 51 K=1,101,10
    DO 51 I=1,51,2
    A(K,I)='.'
    51 CONTINUE
    LOS ORDENA.
    XR=100,0/(XMAX-XMIN)
    YR=50,0/(YMAX-YMIN)
    SI N=0, REMUEVE LOS VALORES DE X1 Y Y1.
    IF(N1.EQ.0) GO TO 5

```

26300		DO 2 I=1,N1	00026300
26400		NX=(X1(I)-XMIN)*XR+1.5	00026400
26500		IF(NX.GT.101.OR.NX.LT.1) GO TO 11	00026500
26600		NY=(Y1(I)-YMIN)*YR+1.5	00026600
26700		NY=52-NY	00026700
26800		IF(NY.GT.51.OR.NY.LT.1) GO TO 11	00026800
26900		A(NX,NY)=STAR	00026900
27000	11	CONTINUE	00027000
27100	2	CONTINUE	00027100
27200	5	CONTINUE	00027200
27300	C		00027300
27400	C	VALORES DE 'A' PARA LAS VARIABLES X2, Y2.	00027400
27500	C		00027500
27600		DO 12 I=1,N2	00027600
27700		IX=(X2(I)-XMIN)*XR+1.5	00027700
27800		IY=(Y2(I)-YMIN)*YR+1.5	00027800
27900		IY=52-IY	00027900
28000	C		00028000
28100	C	SI VARIOS PUNTOS ESTAN EN LA MISMA POSICION, SE PONE EL	00028100
28200	C	SIMBOLO 'O' EN LUGAR DE 'X'.	00028200
28300	C		00028300
28400		IF(A(IX,IY).EQ.'X') GO TO 3	00028400
28500		A(IX,IY)='X'	00028500
28600		GO TO 4	00028600
28700	3	CONTINUE	00028700
28800		A(IX,IY)=OO	00028800
28900	4	CONTINUE	00028900
29000	12	CONTINUE	00029000
29100	C		00029100
29200	C	VALORES DE LOS EJES COORDENADOS.	00029200
29300	C		00029300
29400		DO 10 I=1,51	00029400
29500		YSC(52-I)=YMIN+(I-1)*(YMAX-YMIN)/50.0	00029500
29600	10	CONTINUE	00029600
29700		DO 15 I=1,11	00029700
29800		XSC(I)=XMIN+(I-1)*(XMAX-XMIN)/10.0	00029800
29900	15	CONTINUE	00029900
30000	C		00030000
30100	C	IMPRIME.	00030100
30200	C		00030200
30300		WRITE(2,100)	00030300
30400	100	FORMAT(12X,102(' '))	00030400
30500		DO 20 IL=1,51	00030500
30600		WRITE(2,201)YSC(IL),(A(I,IL),I=1,101)	00030600
30700	201	FORMAT(1X,F10.2,1X,'I',101A1,'I')	00030700
30800	20	CONTINUE	00030800
30900		WRITE(2,100)	00030900
31000		WRITE(2,202)(XSC(I),I=1,11)	00031000
31100	202	FORMAT(8X,11(F8.2,2X))	00031100
31200		RETURN	00031200
31300		END	00031300
31310	C		00031310
31320	C		00031320
31330	C	*****	00031330
31340	C		00031340
31350	C	SUBROUTINA DEL	00031350
31360	C		00031360
31400		SUBROUTINE DEL(LAT1,LON1,LAT2,LON2,AD)	00031400
31500	C		00031500
31600	C	ESTA SUBROUTINA CALCULA LA DISTANCIA EN GRADOS ENTRE DOS PUNTOS.	00031600

31700		LAS COORDENADAS DE ESTOS PUNTOS SON: LAT1, LON1 Y LAT2, LON2.	00031700
31800		TODOS LOS ANGULOS ESTAN EN GRADOS.	00031800
31900	C		00031900
32000	C		00032000
32100	C	REAL LAT1,LON1,LAT2,LON2	00032100
32200	C	CDN=57.295778	00032200
32300	C	SL1=LAT1/CDN	00032300
32400	C	SL2=LAT2/CDN	00032400
32500	C	OL1=LON1/CDN	00032500
32600	C	OL2=LON2/CDN	00032600
32700	C	CON=1.57079	00032700
32800	C	A=LON2-LON1	00032800
32900	C	A=ABS(A)	00032900
33000	C	IF(A.GT.180.)A=360.-A	00033000
33100	C	A=A/CDN	00033100
33200	C	CD=CON-SL2	00033200
33300	C	BD=CON-SL1	00033300
33400	C	AD=COS(CD)*COS(BD)+SIN(CD)*SIN(BD)*COS(A)	00033400
33500	C	IF(AD.LT.-1.0.AND.AD.GT.-1.02) AD=-1.0	00033500
33600	C	IF(AD.GT.1.0.AND.AD.LT.1.02) AD=1.0	00033600
33700	C	AD=ARCOS(AD)*CDN	00033700
33800	C	RETURN	00033800
33900	C	END	00033900
33910	C		00033910
33920	C		00033920
33930	C	*****	00033930
33940	C		00033940
33950	C	SUBROUTINA LINE.	00033950
33960	C		00033960
34000	C	SUBROUTINE LINE (N,XX,YY,A,B,X,Y)	00034000
34100	C		00034100
34200	C		00034200
34210	C	ENCUENTRA 100 PUNTOS SOBRE UNA LINEA CUYA ECUACION ES Y=A+B*X	00034210
34300	C	Y LIMITES DENTRO DEL RANGO XX DEFINIDO POR LOS N-VALORES DE X.	00034300
34400	C	SI LA LINEA ES VERTICAL A Y B ES CERO Y EL RANGO DE Y ESTA DE-	00034400
34500	C	TERMINADO POR YY.	00034500
34600	C		00034600
34700	C		00034700
34800	C	DIMENSION XX(5000),YY(5000),X(100),Y(100)	00034800
34900	C		00034900
35000	C	ENCUENTRA LOS VALORES MAXIMO Y MINIMO.	00035000
35100	C		00035100
35200	C	XMAX=XX(1)	00035200
35300	C	XMIN=XMAX	00035300
35400	C	DO 1 I=1,N	00035400
35500	C	IF (XX(I).GT.XMAX) XMAX=XX(I)	00035500
35600	C	IF (XX(I).LT.XMIN) XMIN=XX(I)	00035600
35700	C	1 CONTINUE	00035700
35800	C	XR=(XMAX-XMIN)/99.0	00035800
35900	C	DO 2 I=1,100	00035900
36000	C	X(I)=XR*(I-1)+XMIN	00036000
36100	C	Y(I)=A+B*X(I)	00036100
36200	C	2 CONTINUE	00036200
36300	C		00036300
36400	C	LINEA VERTICAL.	00036400
36500	C		00036500
36600	C	IF(A.NE.0.0.AND.B.NE.0.0) RETURN	00036600
36700	C	YMAX=YY(1)	00036700
36800	C	YMIN=YMAX	00036800
36900	C	DO 3 I=1,N	00036900



## BIBLIOGRAFIA

- ASTIZ L., 1980. *Sismicidad en Acambay, estado de México. El temblor del 22 de febrero de 1979*. Tesis profesional: Fac. de Ingeniería, UNAM. México.
- ATWATER T., 1970. Implications of plate tectonics for the cenozoic tectonic evolution of western north-America. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 81; pp 3513.
- ATWATER T. y H. W. MENARD, 1970. Magnetic lineations in the north east Pacific. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, vol. 7; pp 445.
- BATH M., 1965. Lateral inhomogeneities in the upper mantle. *Tectonophysics*, vol. 2; pp 483.
- BERG E., 1968. Relation between earthquake foreshocks, stress and mainshocks. *Nature*, vol. 219; pp 1141.
- BUCHER W., 1952. Geology structure and orogenic history of Venezuela. *Geol. Soc. Am. Mem.*, vol. 49; pp 113.
- DEAN B. W. y Ch. H. DRAKE, 1978. Focal mechanism solutions and tectonics of the middle-America arc. *J. Geol.*, vol. 86; pp 111.
- DEL CASTILLO A., 1980. *La estadística de Poisson y el modelo de la dona en la actividad sísmica anterior al terremoto de Oaxaca (Ms=7.8) de noviembre 29 de 1978*. Tesis profesional: Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- DIETZ R. S., 1961. Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea-floor. *Nature*, vol. 190; pp 854.
- DUDA S. J., 1965. Strain release in the circum-Pacific belt: Chile 1960. *J. Geophys. Res.*, vol. 68; pp 5331.
- EVERNDEN J. F., 1970. Study of regional seismicity and associated problems. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 60; pp 393.
- FIGUEROA J., 1973. *Sismicidad en Chiapas*. Rev. Inst. Ingeniería, UNAM, México.
- GONZALEZ L. C., 1980. *Estudio de las réplicas (29 de nov. - 17 dic. 1978 M<sub>s</sub>3.0) del temblor de Oaxaca del 29 de noviembre de 1978. Calibración de magnitudes*. Tesis profesional: Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- GUNN R., 1943. A quantitative evaluation of the influence of the lithosphere on the anomalies of gravity. *J. Franklin Inst.*, vol. 34; pp 185.
- GUTENBERG B. y C. RICHTER, 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 34; pp 185.
- GUTENBERG B. y C. RICHTER, 1954. *Seismicity of the Earth and associated phenomena*. Hafner Publishing Company, New York and London.
- HANUS V. y J. VANEK, 1977. Subduction of the Cocos plate and deep fracture zones of Mexico. *Bol. Inst. Geof.: Geofísica Internacional*, vol. 17; pp 14.
- HATTORI S., 1974. Regional distribution of b-value in the world. *Bull. IISSE, Tsukuba, Japan*, vol. 12; pp 39.
- HESS H. H., 1933. Interpretations of geological and geophysical observations: U. S. Hydrographic Office, Navy Princeton gravity expedition to the West Indies in 1932. *U. S. Navy Hydrographic Office, Washington, D. C.*, 27.
- HESS H. H., 1938. Gravity anomalies and island arc structure with particular reference to the West Indies. *Am. Philos. Soc. Proc.*, vol. 79; pp 71.

- HESS H. H. y J. C. MAXWELL, 1953. Caribbean research project. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 64; pp 1.
- HESS H. H., 1962. *History of ocean basin in petrologic studies: A Volume - to Honor A. F. Buddington*. Editado por A. E. Engel et al., pp 599. *Geol. Soc. Am.*, New York.
- Iida K., 1966. On the earthquake sequences in the region Chubu district in Japan. *Research Group on the Regional Peculiarities of natural Damages (126)*.
- KARNIK V., 1967. Some problems of seismicity in Europe. *Progress Report*, - VI; pp 1.
- KELLEHER J., 1970. Space-time seismicity of the Alaska-Aleutian seismic zone. *J. Geophys. Res.*, vol. 75; pp 5745.
- KELLEHER J., 1972. Rupture zones of large South American earthquakes and - some predictions. *J. Geophys. Res.*, vol. 77; pp 2087.
- KELLEHER J., L. SYKES y J. OLIVER, 1973. Possible criteria for predicting earthquake locations and their relations to major plate boundaries of - the Pacific and the Caribbean. *J. Geophys. Res.*, vol. 78; pp 2547.
- KELLEHER J., J. SAVINO, H. ROWLETT y W. McCANN, 1974. Why and where great thrust earthquakes occur along island arcs. *J. Geophys. Res.*, vol. 79 - pp 4889.
- KELLEHER J. y W. McCANN, 1976. Bouyant zones, great earthquakes, and unstable boundaries of subduction. *J. Geophys. Res.*, vol. 81, No. 26; pp 4885.
- LePICHON X., 1968. Sea-floor spreading and continent drift. *J. Geophys. Res.*, vol. 73; pp 3661.
- LOPEZ E., 1976. *Geología de México*. Edición Escolar, tomos I, II y III.
- MINSTER J. B. y T. H. JORDAN, 1978. Present day plate motions. *J. Geophys. Res.*, vol. 83; pp 5331.
- MIYAMURA S., 1962. Magnitude-frequency relation of earthquakes and its bearing on geotectonics. *Proc. Jap. Acad.*, vol. 38; pp 27.
- MOGI K., 1962a. On the time distribution of aftershocks accompanying the - recent major earthquakes in and Japan. *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 40; pp 107.
- MOGI K., 1962b. Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relations to the earthquake phenomena. *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 40; pp 125.
- MOGI K., 1962c. The fracture of a semi-infinite body caused by an inner - stress origin and its relation to earthquake phenomena (1). *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 40; pp 815.
- MOGI K., 1962d. Magnitude-frequency relation for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes (2). *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 40; pp 831.
- MOGI K., 1963a. The fracture of a semi-infinite body caused by an inner - stress origin and its relation to earthquake phenomena (2). *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 41; pp 595.
- MOGI K., 1963b. Some discussions on aftershocks, foreshocks and earthquake swarms -the fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to earthquake phenomena (3)-, *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 41; pp 615.
- MOGI K., 1968. Migration of seismic activity. *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 46; pp 53.



- MOGI K., 1968. Development of aftershock areas of great earthquakes. *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo, Japan*, vol. 46; pp 175.
- MOLNAR P. y L. R. SYKES, 1969. Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 80; pp 1639.
- MOOSER F., 1969. The mexican volcanic belt. Structure and development. Formation of fractures by differential crustal heating. *Símpoio Panamericano del Manto Superior, Geofísica Internacional*.
- MOOSER F., 1972. The mexican volcanic belt. Structure and Tectonics. *Geofísica Internacional*, vol. 12; pp 55.
- MOOSER F., 1974. Presentación del nuevo mapa geológico del valle de México. Resumen del artículo presentado en la reunión de la UGM, México, D. F.
- MORALES L., 1980. *Microtremblores y sismotectónica de la costa de Guerrero entre Acapulco y Tecpan*. Tesis de maestría (geofísica): Fac. de Ciencias UNAM, México.
- MORGAN W. J., 1968. Rises, trenches, great faults and crustal blocks. *J. Geophys. Res.*, vol. 73; pp 1959.
- MOTA R., 1973. *Estudio de la actividad sísmica de la costa de Chiapas, durante el periodo abril-julio de 1970*. Tesis profesional: Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- MURRAY S., 1961. *Statistics. Theory and Problems*. Schaum Publishing Co., - New York.
- NOVELO D., 1980. *Sismicidad profunda en Chiapas*. Tesis profesional: Fac. de Ingeniería, UNAM, México.
- NÚÑEZ F., 1980. *Sismicidad (M<sub>s</sub> 3.0) en la región del temblor de Oaxaca (29 de noviembre de 1978, M<sub>s</sub> 7.8); observaciones del 20 de enero al 15 de abril de 1979*. Tesis profesional: Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- OHTAKE M., T. MATUNOTO y V. LATHAM, 1977. Seismicity gap near Oaxaca, southern Mexico as a probable precursor to a large earthquake. *Pageoph.*, vol. 115; pp 375.
- PAPAZACHOS B., N. DELIBASIS, N. LIAPIS, G. MOUMOULIDIS y G. PURCARU, 1967. Foreshock and aftershock sequences of some large earthquakes in the region of Greece. *Ann. di Geof.*, vol. 20; pp 1.
- REYES A., J. N. BRUNE y C. LOMNITZ, 1979. Source mechanism and aftershock study of the Colima, Mexico earthquake of January 30, 1973. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 58; pp 399.
- RICHTER C., 1958. *Elementary Seismology*. Freeman & Co., San Francisco, U. S. A.
- SANDOVAL J.H., 1975. *Anomalías geofísicas y su relación con la tectónica de la porción sur del Golfo de México*. Tesis de maestría (geofísica): - Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- SCHOLZ C. H., 1968. The frequency-magnitude relation of microfracturing in rocks and its relation to earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 58; pp 399.
- SEGGERN D., A. SHELTON y BAAG CHANG-EOB, 1981. Seismicity parameters preceding moderate to major earthquakes. *J. Geophys. Res.*, vol. 86, No. B-10; pp 9325.
- SINGH S. K., J. YAMAMOTO, J. HAVSKOV, M. GUZMAN, D. NOVELO y R. CASTRO, 1980. Seismic gap of Michoacan, Mexico. *Geophys. Res. Lett.*, vol. 7; pp 69

- SINGH S. K., E. BAZAN y L. ESTEVA, 1980a. Expected earthquake magnitude - from fault. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 70, No. 3; pp 903.
- SINGH S. K., L. ASTIZ y J. HAVSKOV, 1981. Seismic gaps and recurrence periods of large earthquakes along the mexican subduction zone: A Reexamination. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 75, No. 3; pp 827.
- SUYEHIRO J., T. ASADA y M. OHTAKE, 1964. Foreshocks and aftershocks accompanying a perceptible earthquake in Central Japan. *Papers in Meteorology and Geophysics*, vol. 15; pp 71.
- URIBE A., 1979. *Determinación de epicentros y magnitudes para sismos locales en el área de Itzantún, Chiapas*. Tesis profesional: Fac. de Ingeniería, UNAM, México.
- UTSU T., 1957. Magnitude of earthquakes and occurrence of their aftershocks. *Zisshu (J. Seism. Soc. Jap.)* (en japonés), vol. 10; pp 35.
- UTSU T., 1961. A statistical study on the occurrence of aftershocks. *Geophys. Mag.*, vol. 30; pp 521.
- UTSU T., 1969. Aftershocks and Earthquakes Statistics (I) - some parameters which characterize and aftershock sequence and their implications. *J. of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics)*, vol. 3, No. 3; pp 129.
- UTSU T., 1970. Aftershocks and Earthquakes Statistics (II). *J. of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics)*, vol. 3; No. 4.
- UTSU T., 1971. Aftershocks and Earthquakes Statistics (III). *J. of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics)*, vol. 3; No. 5.
- UTSU T., 1972. Aftershocks and Earthquakes Statistics (IV). *J. of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VII (Geophysics)*, vol. 3; No. 6.
- WILSON J. T., 1965a. A new class of faults and its bearing on continental drifts. *Nature*, vol. 207, No. 4995; pp 343.
- ZUÑIGA F. y C. VALDES, 1980. *Análisis de las réplicas del temblor de Petatlán del 14 de marzo de 1979*. Tesis profesional: Fac. de Ingeniería, UNAM, México.