

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Institut de Ciències de la Terra *Jaume Almera*

Departament de Geofísica

Programa de Doctorado de *Tectònica y Geofísica*, bienio 96-98

**EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL MARGEN CONTINENTAL OESTE
DE MÉXICO: FOSA MESOAMERICANA Y GOLFO DE CALIFORNIA
(CORTES-P96)**

Tesis

Presentada por **Rafael Bartolomé de la Peña** ante el *Departament de Geodinàmica i Geofísica* de la *Universitat de Barcelona* para optar al grado de Doctor en Ciencias Físicas.

Director:

Dr. Juan José Dañobeitia

Tutor: **Dr. Josep Anton Muñoz**

Barcelona, Marzo de 2002

7. Sismicidad

Me despierta un ruido tremebundo. Hace millones de años (o más) la Tierra se formó a base de horrorosos cataclismos: los océanos embravecidos arrasaban las costas, sepultaban islas mientras cordilleras gigantescas se venían abajo y volcanes en erupción engendraban nuevas montañas; seísmos desplazaban continentes. Para recordar este fenómeno, el Ayuntamiento envía todas las noches unos aparatos, denominados camiones de recogida de basuras, que reproducen bajo las ventanas de los ciudadanos aquel fragor telúrico. Me levanto, hago pis, bebo un vasito de agua y me vuelvo a dormir.

Eduardo Mendoza (1990) "Sin noticias de Gurb"

7. Sismicidad

7.1 Introducción

La sismotectónica del suroeste de México está dominada por la colisión de las placas de Rivera y Cocos con la placa Norteamericana, a lo largo de la fosa mesoamericana (MAT), y por la consiguiente subducción. Una de las principales características de esta zona de subducción es la variación de pendiente de la placa oceánica en subducción (Molnar y Sykes, 1969; Stoiber y Carr, 1973; Nixon, 1982; Burbach y otros, 1984; Pardo y Suárez, 1995).

Los trabajos previos indican que la geometría de la subducción de la placa de Cocos es subhorizontal entre 98° W y 102° W (Suárez y otros, 1990), pasando a ser más inclinada (mayor de 30°) entre 96° W-98° W (Ponce y otros, 1992) y entre 102° W y 104° W (Pardo y Suárez, 1993). En el caso de la placa de Rivera, Pardo y Suárez (1993) concluyen, sobre la base de hipocentros de microsismos locales e hipocentros relocalizados de telesismos, que la placa subduce con un elevado ángulo de inclinación, alcanzando una pendiente casi constante de ~ 50° a profundidades mayores de 40 km. Aunque la sismicidad relacionada con la subducción de la placa de Rivera bajo el bloque de Jalisco es baja, no puede considerarse que lo haga de manera asísmica (Pardo y Suárez, 1993) (Fig. 7.1, perfil 1), como previamente se había propuesto (Nixon, 1982).

La evolución tectónica de esta región en los últimos 25 Ma (descrita en detalle en el capítulo 2) se ha visto caracterizada por tres grandes episodios de reorganización de placas, resultado de la migración de la Placa de Farallón, que evolucionó como placa de Guadalupe, y que posteriormente se segmentó en las actuales placas de Rivera y Cocos.

En cuanto a la cinemática de las placas, el polo de rotación de Rivera-Norteamérica (Fig. 7.1) para los últimos 3 Ma está localizado muy cerca de la placa de Rivera (DeMets y Stein, 1990), lo cual produce variaciones rápidas en la dirección y

velocidad de convergencia relativa a lo largo de la fosa, con valores entre 1.2 y 2.2 cm/año. La edad de la litosfera oceánica (≈ 9 Ma) de placa de Rivera al llegar a la fosa es Mioceno Superior (Klitgord y Mammerickx, 1982). La velocidad relativa de la placa de Cocos bajo la placa Norteamericana aumenta hacia el sureste lo largo de la fosa, de 4.8 cm/año cerca de 104.5° W a 7.5 cm/año alrededor de los 94° W (DeMets y otros, 1990). La edad de la placa de Cocos también varía a lo largo de la fosa, con saltos asociados a los desplazamientos a lo largo de las zonas de fractura (Fig. 3.10), como las de Orozco (103° W) y la de O’Gorman (99° W), en el flanco oriental de la Dorsal del Pacífico Este (EPR). La edad de la litosfera de Cocos al llegar a la fosa oscila entre los 10 Ma al noroeste y los 25 Ma al sureste de la dorsal de Tehuantepec (95° W) (Couch y Woodcock, 1981).

En este capítulo se pretende determinar la geometría de las placas de Cocos y de Rivera en subducción bajo la placa Norteamericana, sobre la base de los datos de localizaciones hipocentrales de sismos registrados con magnitud mayor a 3, entre los años 1967-1999, por la base mundial de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, EEUU), que incluye la red IRIS en la zona comprendida entre 99° W y 108° W. (Fig. 7.1).

La lista final de eventos seleccionados del catálogo son los considerados como de mayor precisión para el periodo 1967-1999, eliminando aquellos cuyas localizaciones hipocentrales han sido realizadas:

- en un tiempo menor a un mes tras el seísmo y consideradas “preliminares”
- con un número menor a tres estaciones sismológicas.

Los eventos que conforman la mayor parte de la lista son los publicados por el Bulletin of the International Seismological Centre (ISC), publicados dos años tras el evento, con hipocentros “finales”.

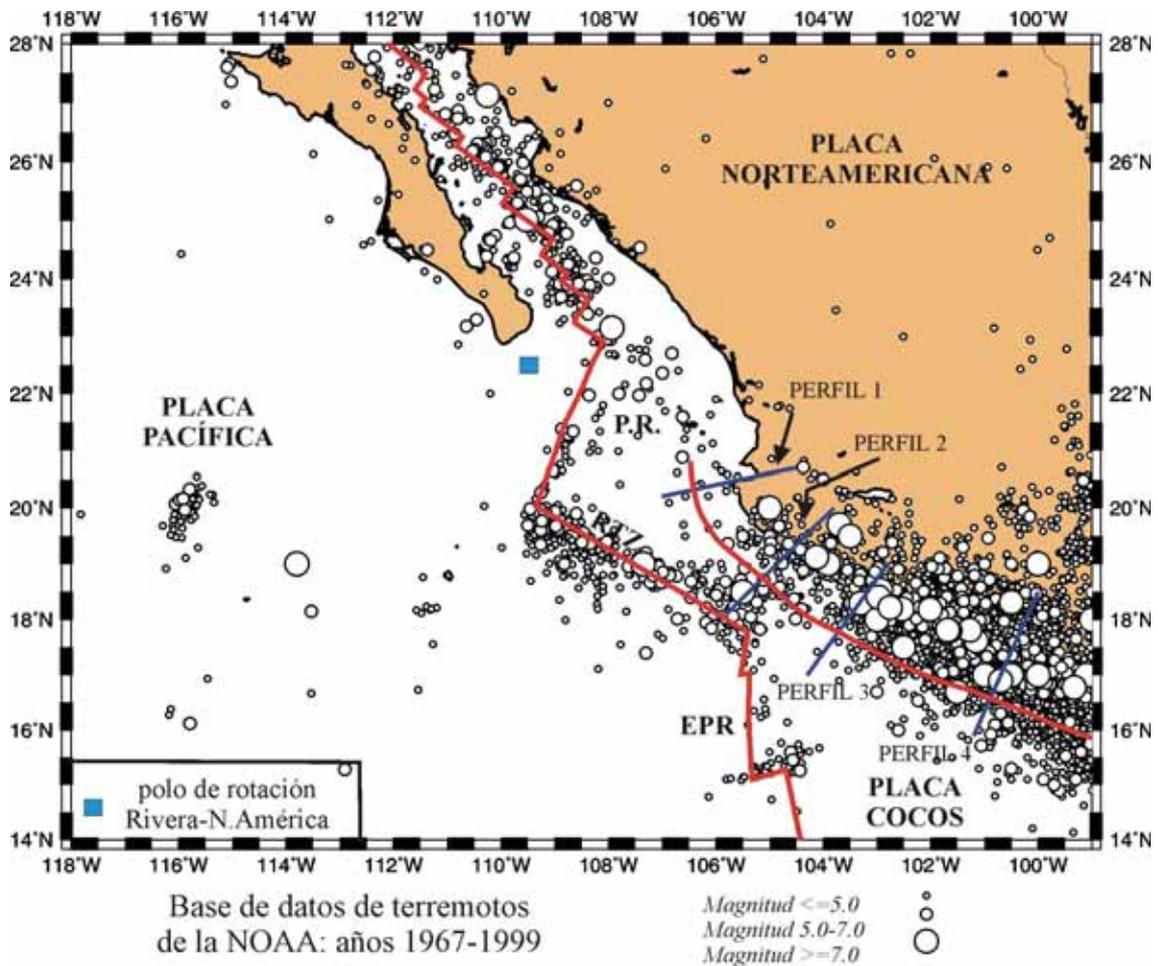


Figura 7.1: Epicentros de sismos localizados en el suroeste de México, extraídos de la red mundial de la NOAA entre los años 1967 y 1999. Se muestra la localización de los cortes en profundidad en azul (perfiles 1 a 4), orientados en la dirección de convergencia relativa de las placas de Rivera y Cocos respecto a la Norteamericana, basado en el polo de rotación de Rivera-Norteamérica (DeMets y Stein, 1990). Nota: P.R. es Placa de Rivera; EPR: dorsal Pacífico Este.

7.2 Datos sismológicos

La sismicidad (epicentros) de la región del suroeste de México (Fig. 7.1) está caracterizada por una distribución mayoritaria a lo largo de una franja, que incluye desde la fosa hasta la línea de costa, evidentemente asociada a la convergencia entre placas.

Un segundo conjunto de sismos, localizados a unos 200 km de la fosa tierra adentro y entre 20 y 120 km de profundidad, se encuentran relacionados con el volcanismo Cuaternario (volcanes de Cerrobuco, Colima, etc. Fig. 3.7) y asociados a la subducción, y que está bien ilustrado en la Fig. 7.2 (perfiles 1, 3 y 4).

Para visualizar la geometría de la placa en subducción, hemos representado cuatro perfiles (Perfil 1 y 2 para la placa de Rivera, y Perfil 3 y 4 para la placa de Cocos) de la sismicidad en profundidad (Fig. 7.2). El origen de cada perfil está a una distancia que oscila entre 50 y 100 km anteriores a la fosa. Los perfiles están orientados paralelos a la dirección de convergencia relativa entre las placas Rivera-Norteamericana (DeMets y Stein, 1990) y entre las placas Cocos-Norteamérica (DeMets y otros, 1990).

Los sismos utilizados para cada uno de los perfiles han sido escogidos dentro de un ancho de banda de 35 km a cada lado del perfil y han sido proyectados a lo largo de la sección. Se han eliminado aquellos sismos cuya profundidad hipocentral es de 33 km, por considerarlos una estimación estándar en corteza inferior.

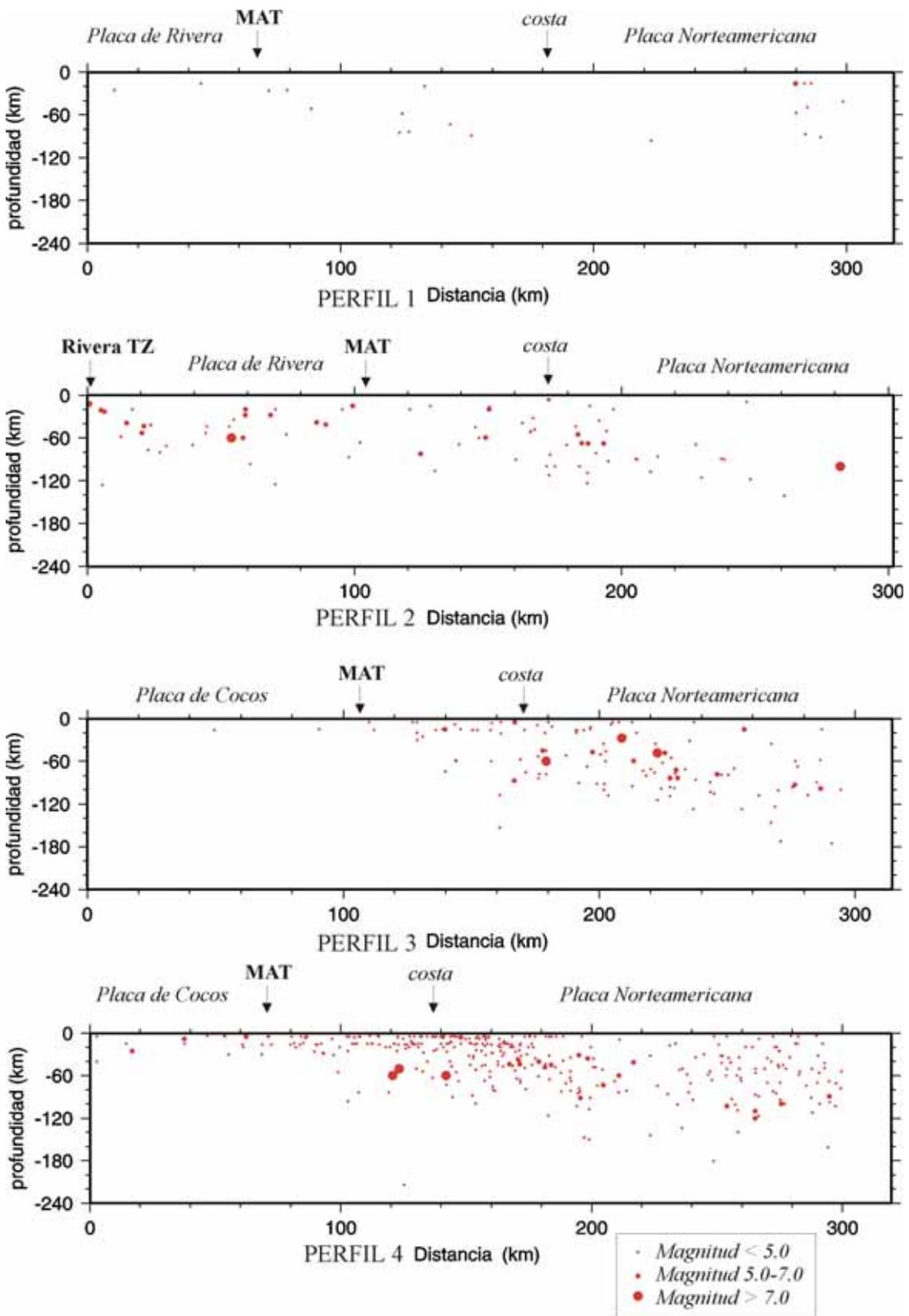


Figura 7.2: Ver página siguiente

Figura 7.2: *Perfiles de la sismicidad en profundidad (hipocentros) comprendiendo la fosa mesoamericana (MAT) y el Margen continental al SO de México. El origen de los cortes se encuentra entre 50 y 100 km de la fosa. Los perfiles están orientados paralelos a la dirección de convergencia entre las placas de Rivera y Cocos (DeMets y Stein, 1990; DeMets y otros, 1990).*

A lo largo del perfil 1 se observa una menor cobertura de sismos, lo cual podría sugerir que la placa de Rivera subduce bajo el bloque de Jalisco de manera asísmica (Nixon, 1982), aunque esta hipótesis ha sido rechazada por Pardo y Suárez (1995) ya que documentaron, desde el año 1837, al menos seis grandes sismos de magnitud >7.0 . La reducida sismicidad asociada lo largo de este perfil es consistente con su localización, en la terminación Norte de la fosa Mesoamericana (Fig. 7.1).

En los perfiles 3 y 4, observamos que la parte más superficial de la zona de subducción (profundidad menor que 30 km) sigue una geometría constante, con una pendiente inicial de unos 10° , que aumenta progresivamente hasta los $\sim 25^\circ$ a la profundidad de 30 km. Según Pardo y Suárez (1995), esta geometría es independiente de la edad de la fosa y de la velocidad de convergencia relativa de la placa oceánica subducida, observándose a lo largo de toda la zona de subducción del sur de México.

7.3 Interpretación de los datos

La interpretación de los perfiles de la Fig. 7.2 muestra que las placas de Rivera y Cocos tienen una rápida variación lateral de la pendiente para profundidades mayores de ~ 30 km (Fig. 7.3). La sismicidad define una zona de Wadati-Benioff con una pendiente de $\sim 50^\circ$ de la placa penetrando en el manto, iniciándose a una distancia de ~ 100 km de la fosa.

En el perfil 4, que corresponde a la región central de México, la sismicidad muestra que la geometría de la placa en subducción es prácticamente horizontal entre los 40 y 100 km de distancia de la fosa. La sismicidad registrada alcanza profundidades de hasta 100 km aunque la máxima distribución se encuentra entorno a los 60 km de profundidad, tendencia que coincide con los resultados de Pardo y Suárez (1995) para el resto de la región central de México. La excepción se encuentra en la región más oriental de la placa de Cocos (96° W), donde los anteriores autores obtienen que la pendiente de la placa oceánica cambia rápidamente desde una subducción subhorizontal en la región central, a una subducción de mayor inclinación de $\sim 30^\circ$.

En la región nor-occidental de la placa de Cocos (perfiles 3 y 4), la pendiente determinada por la zona de Wadati-Benioff aumenta hacia el norte, penetrando en el manto con una pendiente de $\sim 55^\circ$, compatible con los 50° de Pardo y Suárez (1995) hasta una profundidad máxima de 160 km (Fig. 7.2).

En el caso de la placa de Rivera bajo la región de Jalisco (perfil 1) la máxima profundidad focal observada es de unos 100 km, mientras que algo más al sur (perfil 2) se alcanzan los 130 km de profundidad. En el caso del perfil 1, existe una notable ausencia de eventos sísmicos por lo que la geometría de la placa subducida ha sido inferida siguiendo la tendencia general observada por los escasos sismos localizados. En el caso del perfil 4, a distancias mayores de 140 km de la fosa (200 km del total del perfil) la ausencia de sismos a profundidades mayores de 120 km no permite definir con exactitud la pendiente de la placa en subducción.

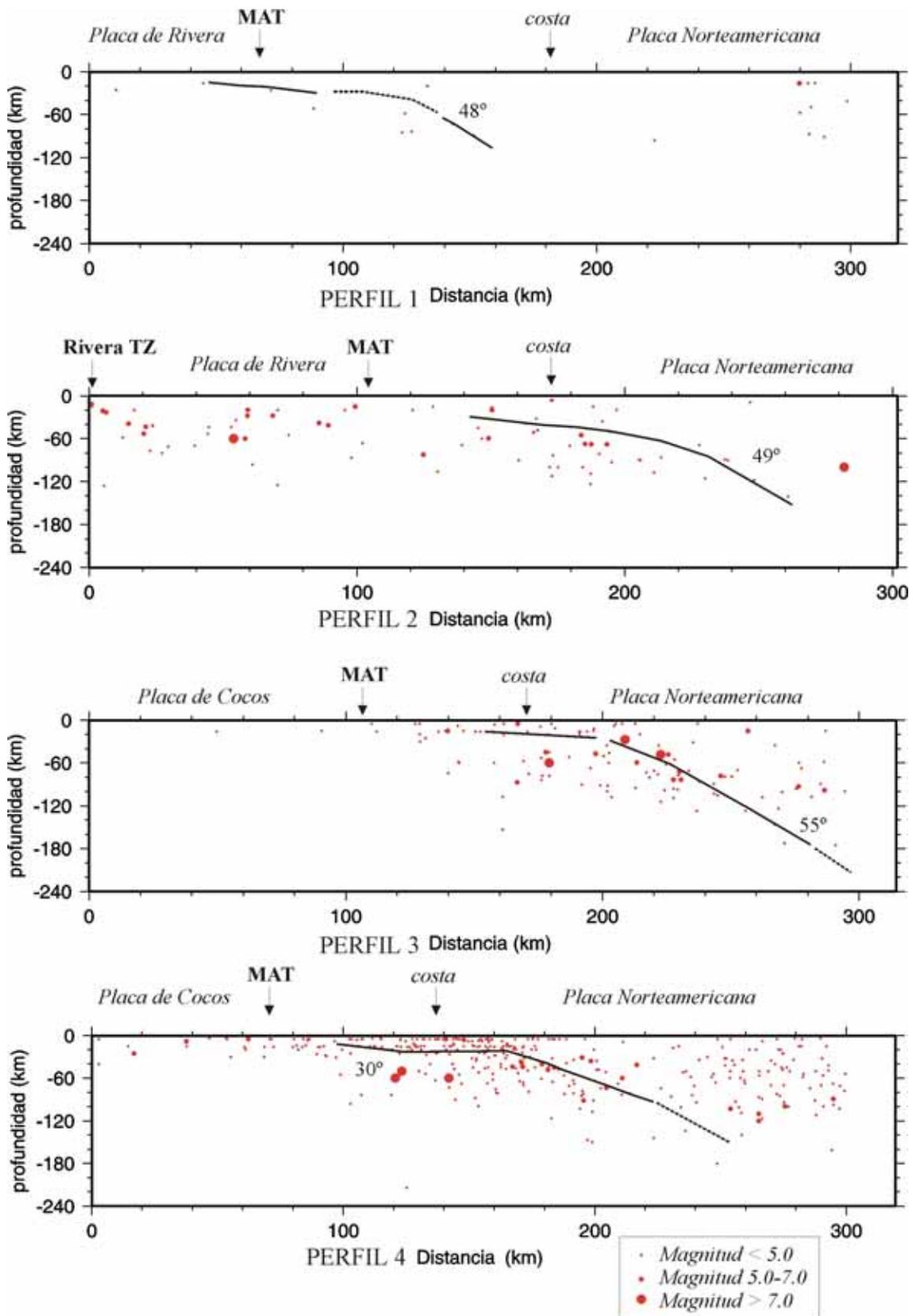


Figura 7.3: Ajuste de los planos de subducción a lo largo de perfiles sintéticos ortogonales a la costa en función de los datos hipocentrales de sismos de la región (Fig. 7.2) y proyectados sobre perfiles.

7.4 Resultados

Se ha podido determinar la forma y geometría de las placas de Rivera y Cocos en subducción bajo la placa Norteamericana en el suroeste de México. La subducción de la litosfera oceánica de la placa de Cocos parece tener un carácter más horizontal hacia el sur, mientras que en el límite entre Cocos y Rivera y en la placa de Rivera hacia el oeste, la geometría es mucho más inclinada.

Para profundidades menores de 35 km, no parecen observarse cambios de pendiente importantes en la zona acoplada interplaca. Los cambios importantes en la pendiente y geometría de la placa subducida se observan cuando se desacopla de la placa continental.

Mediante el análisis de los datos expuestos, en el que se ha dado un mayor peso a los sismos de mayor magnitud proyectados en los perfiles, puede darse una explicación a la orientación oblicua de la faja volcánica mexicana (asociada a la subducción al oeste de México) respecto a la dirección de la fosa.

Si se tiene en cuenta que en los cuatro perfiles estudiados la distancia entre la fosa y la línea de costa es aproximadamente la misma, y que las profundidades de 100 km se consiguen cada vez más lejos de la costa y hacia el sur, se puede sugerir la existencia de una relación directa entre la Faja Volcánica Transmexicana (TMV) (Fig. 3.7) con la compleja geometría de subducción de las placas de Rivera y Cocos bajo la placa Norteamericana, dando así una explicación a las direcciones no paralelas de la fosa MAT y la TMV, al contrario de lo que sucede en la mayoría de los márgenes activos en subducción del resto del mundo, donde el cinturón volcánico asociado a la subducción es paralelo a la fosa (América Central, Andes, Japón etc.).

