

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

10. Discusión y Conclusiones

*Tras un año de investigación, uno cae en la
cuenta de que podía haberse hecho en una semana.*

Sir William Henry Bragg (1862 - 1942)

*Dila -Dijo don Quijote-, y sé breve en tus razonamientos;
que ninguno hay gustoso si es largo.*

Cervantes

10. Discusión y conclusiones

10.1 Introducción

En este trabajo se han analizado una ingente cantidad de datos geofísicos al objeto principal de obtener la estructura y evolución de la corteza y manto superior del Margen Oeste Mexicano y la boca del Golfo de California, zonas de enorme complejidad tectónica, dado el número de elementos estructurales involucrados como placas tectónicas en colisión, zonas transformantes, zonas de subducción, dorsal oceánica, etc. Además, se ha realizado un análisis pormenorizado del tratamiento de los datos, en particular de los de sismica de reflexión multicanal, fundamentales para la obtención de imágenes de calidad de la corteza, conjuntamente con los rasgos superficiales de la batimetría, la caracterización en profundidad mediante los registros de refracción restringidos por los datos de anomalías gravimétricas, y la determinación de la edad del fondo oceánico con anomalías de expansión oceánica. Igualmente se ha incluido un epígrafe dedicado al conocido reflector BSR, dada su relevancia como una posible fuente de energía alternativa en los años venideros.

10.2 Procesado de los datos geofísicos

Las interpretaciones en geofísica experimental dependen en gran medida de la calidad de los registros por una parte y de la habilidad para procesar los mismos eliminando el ruido aleatorio y/o coherente en la señal, en este sentido es básico por tanto participar de manera activa en todas las secuencias mencionadas.

En primer lugar, la definición de los parámetros adecuados en la adquisición es tarea básica para obtener un mayor rendimiento a la hora de auscultar las entrañas de la tierra. Así, en esta tesis se ha realizado la programación para la adquisición de datos batimétricos de alta resolución mediante la sonda multihaz del B/O Hespérides, para ello inicialmente se ha realizado una serie de medidas de la propagación del sonido u ondas acústicas en las distintas zonas de estudio, ya que la salinidad y/o temperatura difieren de un sector a otro y por tanto, la velocidad de propagación es distinta y los datos no serían comparables asumiendo una velocidad constante por el agua. Los datos batimétricos mostrados en esta tesis reúnen los requisitos de normalización para ser

comparados con otros datos adquiridos siguiendo similares prevenciones. Los datos batimétricos nos han permitido definir los rasgos estructurales más superficiales, y en consecuencia definir dominios de actividad tectónica reciente, como en el caso de la confrontación de las placas de Cocos y Rivera en su sector más oriental.

Los campos potenciales adquiridos igualmente a bordo de buque oceanográfico, son datos relativos que han de ser referenciados a campos internacionales, bien el Campo Magnético Internacional de Referencia (IGRF) para los datos magnéticos, bien el Campo internacional de referencia (IGSN71) para la gravimetría. A parte de hacer las oportunas correcciones, variación magnética diaria y tormentas magnéticas, caso de magnetismo, y correcciones por el efecto de la latitud, y la navegación del barco (efecto Eötvös) para la gravimetría, se ha efectuado la conexión a la Red Gravimétrica Mundial (RGM) utilizando un gravímetro portátil en el puerto de Acapulco.

Los datos de sismica de reflexión, como se ha expresado en el capítulo 3, suponen un enorme esfuerzo hasta conseguir secciones en tiempo, o secciones migradas. En este sentido es fundamental un exhaustivo análisis de las trazas proporcionadas por las distintas secciones del “streamer”, y eliminar aquellas con excesivo ruido o erróneas para evitar así, que al ser sumadas incorporemos en ruido. Una vez controlada la calidad de los datos, es necesario hacer la geometría de los CDP's al objeto de maximizar la relación señal ruido y cancelar ruidos no deseados, así hemos realizado los oportunos análisis de velocidad que permiten aplicar las correcciones de NMO, y finalmente sumar las trazas para cada CDP. Posteriormente, hemos aplicado distintos tipos de filtrado a los datos en función de la utilización de los mismo, en algunos casos también hemos realizado migraciones (Kirchhoff) para situar adecuadamente los distintos reflectores, de otro modo las secciones no-migradas producen imágenes distorsionadas que aumentan con el buzamiento. Todos estos procesos requieren un importante consumo de tiempo en ordenadores de altas prestaciones.

10.3 *El Bottom Simulating Reflector (BSR)*

El Bottom Simulating Reflector (BSR), es un reflector detectado bajo la superficie del fondo oceánico a profundidades inferiores al 1 s, y tiene la particularidad que emula la reflexión marina del fondo oceánico, aunque con la polaridad cambiada. El interés del reflector estriba en que este cambio de fase es debido a la discontinuidad entre los sedimentos que contiene gas hidratado y los que contienen gas libre. En el margen oeste de México existía pocas evidencias geofísicas sobre la existencia del BSR, en este trabajo se han detectado una serie de reflectores susceptibles de cumplir las condiciones del BSR, y para su cuantificación hemos deducido una formula analítica

$$R_{BSR} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{A_3}{(1-R_{FM})}}{(1-R_{FM})A_0} = \frac{A_3}{(1-R_{FM})^2 A_0} = \frac{R_{FM}}{(1-R_{FM})^2} \frac{A_3}{A_4} \quad (\text{detalles en capítulo IV})$$

que nos proporciona el coeficiente de reflexión del BSR, utilizando el coeficiente de reflexión del fondo marino y la amplitud de la reflexión anómala, además hemos calculado la estabilidad del gas hidratado mediante una estimación de la presión y temperatura del BSR. Finalmente se ha compilado los reflectores que cumplen los requisitos del BSR, realizando una distribución de los mismos sobre los perfiles analizados. Además hemos comparado las velocidades de los sedimentos hidratados con datos de otros océanos y nuestros cálculos están dentro del rango de valores aceptados para los hidratos de gas.

10.4 *El Margen Oeste Mexicano en la Placa de Rivera*

El estudio del margen oeste mexicano en la Placa de Rivera ha revelado una distinta deformación al Norte y Sur del margen mexicano. Así, se ha constatado una significativa deformación superficial en los perfiles situados en la zona meridional, evidenciada por fallas normales que cortan la cobertera sedimentaria y hasta el techo de la corteza superior, sin embargo en la zona septentrional parece que las evidencias de fallas normales se restringen al entorno del techo de la corteza. Esto demostraría una tectónica activa y reciente. Los perfiles analizados muestran un claro reflector de alta amplitud y longitud de onda larga, con una importante continuidad lateral que se ha identificado como el techo de la corteza oceánica de la Placa de Rivera. Se ha medido el ángulo buzamiento de la misma bajo la corteza continental de la placa Americana,

obteniéndose unos valores promedio entorno a 8° que concuerdan con los datos de sismicidad. La detección del techo de la corteza nos ha permitido definir el plano de subducción en el margen, observando que además de la ya conocida subducción ortogonal al continente, ésta podría continuar hacia el norte, aunque con menor buzamiento e intensidad. La elevación continuada de las islas Tres Marías, sería la consecuencia de esta incipiente subducción. Así, en el entorno de las islas existiría una compleja confrontación de cortezas, que posiblemente se traduce en un ligero engrosamiento de la corteza.

La base de la corteza se observa de manera discontinua en los perfiles como un reflector de cierta amplitud, y corta longitud de onda. Las imágenes de la corteza, son compatibles con modelos previos realizados a partir de datos de OBS en los mismos perfiles y en la modelización gravimétrica. Así, el valor promedio de la corteza está sobre los 9 km, bajo una corteza continental (placa Norteamericana). El modelo de subducción aquí deducido es acorde con los distintos datos adquiridos durante la campaña, y no contradicen los datos de sismicidad, sin embargo se sugiere que la subducción lejos de finalizar a la altura de la latitud de Puerto Vallarta, continua hacia el norte, por las islas tres Marías, realizando una ligera curvatura hacia oeste respecto de la fosa mesoamericana.

10.5 Dominio cortical entre el Bloque de Jalisco y la Península de Baja California

La estimación de la variación cortical entre el dominio de la placa Rivera y la placa Pacífica se ha realizado fundamentalmente por los registros proporcionados por los OBS desplegados a lo largo del transecto Puerto Vallarta (Bloque de Jalisco), y Los Cabos (Península de baja California). No obstante, la información proporcionada por los OBS y estaciones de tierra en los extremos del perfil es sustentada tanto por los datos de sísmica de reflexión adquiridos en el mismo transecto, así como por la modelización gravimétrica. La resolución de la evolución lateral de la corteza desde la dorsal del Pacífico (EPR) hacia ambos lados, en las dos placas, tiene una significativa repercusión en la geodinámica de la región. Nuestros modelos muestran una corteza típica oceánica en la zona axial de la dorsal, y hasta la isocrona 2 A (3.0 Ma), con un grosor medio de la corteza de 6-6.5 km, y con una característica de capas oceánicas claras, que van desde la capa más superficial o capa 2 A, compuesta por extrusivos

volcánicos, con velocidades entre 3.8 km/s y 4.9 km/s, por una corteza superior formada por las capas oceánicas 2 B y 2 C, con un rango de velocidades entre 5.9 km/s y 6.6 km/s, que se correlaciona con diques laminados, y una corteza inferior o capa 3, con una velocidades entre 6.8 km/s y 7.3 km/s, con afinidades de gabros. En la zona próxima a las islas Tres Marías la situación crustal es similar, aunque se observa un ligero incremento en el espesor cortical, pero mantiene los rasgos de una corteza oceánica. Sobre la capa de extrusivos volcánicos se detecta alguna cuenca sedimentaria, por otra parte claramente observada en los registros de sísmica de reflexión, que reducen la velocidad promedio de esta capa hasta valores promedios de 4.0 km/s. La corteza superior en su sector más oriental también presenta un significativo engrosamiento con gradientes de velocidades inferiores a la zona axial, pero el mayor engrosamiento se realiza a expensas de la corteza inferior donde se superan los 4 km de espesor.

La discusión importante en este sentido estriba en que hasta la fecha, la mayor parte de autores liderados por Lonsdale (1995) argumentan afinidades continentales para la corteza localizada al sudoeste de las islas Tres Marías, es decir próxima al alto de María Magdalena. Los modelos realizados en esta tesis muestran inequívocamente, que la corteza hasta prácticamente el escarpe de las Islas Tres Marías es oceánica. Esta constatación, supone que la corteza a ambos lados de la dorsal no es simétrica, y por tanto, habrá que explicar tal situación. La hipótesis argumentada en este trabajo, estriba en considerar que la mayor extensión lateral de corteza oceánica en el margen oriental de la dorsal EPR (también llamado PRR en esta latitud), puede explicarse como consecuencia de un periodo de actividad de la extinta dorsal de MMR, previo a la anomalía 2 A (3.0 Ma). Esto habría ocasionado una generación de corteza en esta dorsal de unos 30-40 km, hasta que plausiblemente hubo un salto en la dirección de expansión (frecuente por otro lado en esta dorsal del Pacífico) hacia la actual dorsal PRR (Fig. 10.1). Esta hipótesis explicaría simultáneamente la asimetría cortical, dejando el margen conjugado de la Península de Baja California en las proximidades del escarpe de las islas Tres Marías, que es donde se observa un súbito engrosamiento cortical. Además, explicaría la existencia de una serie de anomalías magnéticas de alta amplitud, localizadas al oeste del MMR, como anomalías de expansión oceánica pre- 2 A (3.0 Ma), pero no explicaría la ausencia de estas al este del MMR. Sin embargo, los datos de corteza junto con la más que posible terminación de la subducción de la placa de Rivera en su sector más meridional, permitiría explicar la atenuación de las anomalías

magnéticas por removilización de la corteza, y la elevación (más reciente en el tiempo) de las islas Tres Marías como consecuencia de la incipiente subducción hacia el norte. Por otra parte, la signatura gravimétrica es muy similar a la de la fosa mesoamericana sugiriendo una morfología de subducción. Todo ello, supone una revisión exhaustiva de los modelos geodinámicos actuales en la confluencia de las Placas de Rivera, boca del Golfo de California y bloque de Jalisco, pero esto está fuera del alcance de estas tesis por falta de datos adicionales.

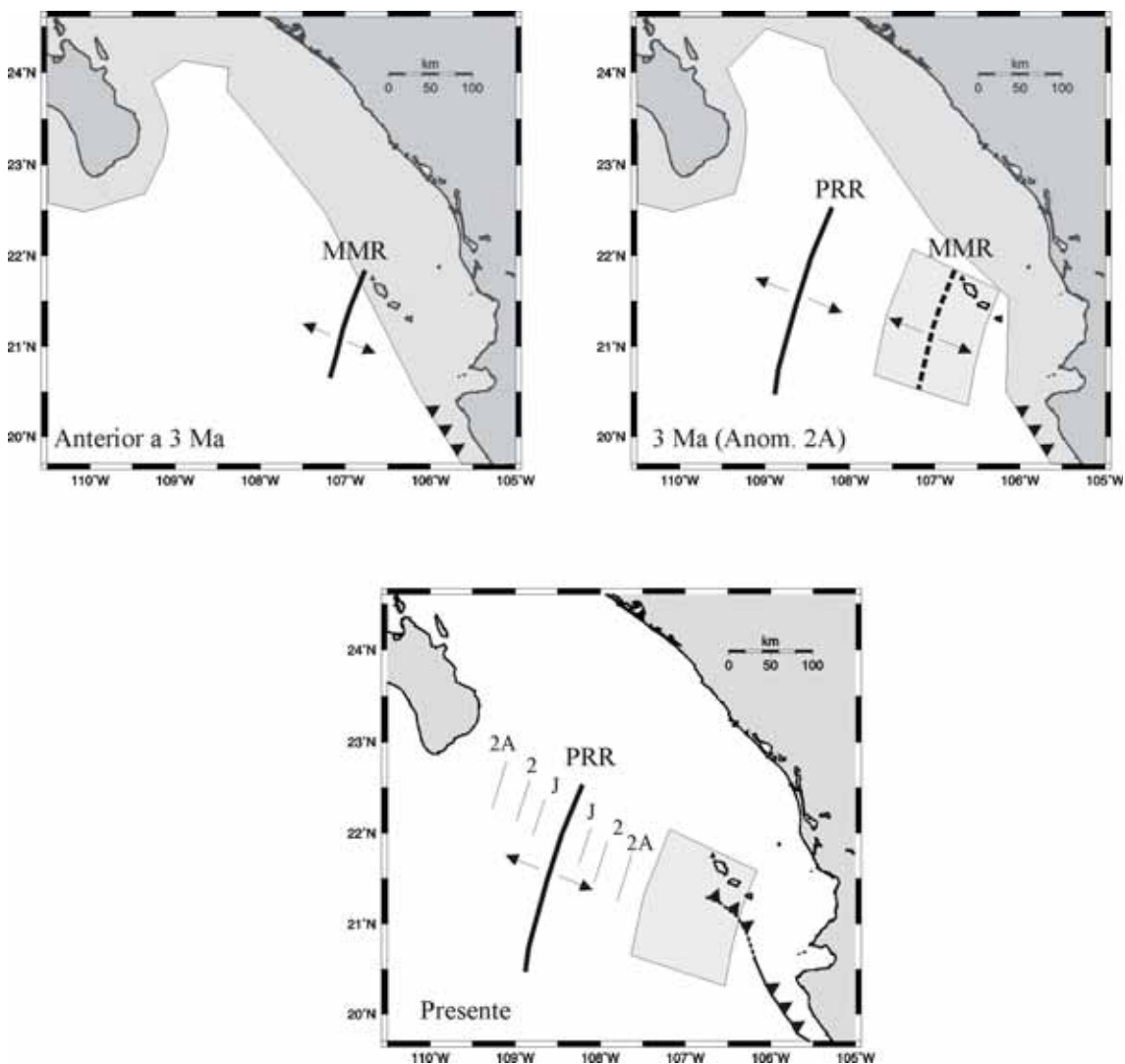


Figura 10.1: Modelo de la evolución geodinámica de la boca del Golfo de California en los últimos 3 Ma propuesto en el presente trabajo. PRR: dorsal Pacífico Rivera; MMR: dorsal María Magdalena; Anomalías J (1.5 Ma), 2 (1.8 Ma) y 2A(3 Ma).