

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

5. Batimetría

Un viajero marino tiene incluso una impresión más vívida de que el océano esta hecho de ondas en lugar de materia.

Arthur S. Eddington (1882-1944)

5. Batimetría

5.1 Datos utilizados

Los mapas batimétricos que se muestran en el presente capítulo los hemos construido a partir de dos fuentes distintas. Por una parte, se ha utilizado datos de batimetría de Sandwell y Smith (1997), obtenidos de sondeos de profundidad y de datos de satélites (Geosat, ERS-1) que se ilustran en las Figs. 5.1 y 5.2. La batimetría adquirida por los buques oceanográficos se ha utilizado para restringir los datos de longitud de onda larga (>160 km) de los satélites. Los datos de batimetría de alta resolución corresponden a los datos proporcionados por la sonda multihaz, adquiridos a bordo del BIO Hespérides durante la campaña CORTES-P96 (ver Anexo I), que se ilustran en las Figs. 5.4, 5.5 y 5.6. Los datos en tierra son los proporcionados por datos de satélites (Sandwell y Smith, 1997).

La resolución de los datos de satélite tiene un espaciado mínimo de $1/30$ grados para la longitud (equivalente a 3.7 km en el ecuador). Para la latitud, el espacio de la malla de datos es de $1/30$ grados en el ecuador, y decrece como $1/\cos(\text{latitud})$ ya que se emplea una proyección Mercator para la confección de la base mundial batimétrica. Los mapas presentados a continuación se han realizado a partir de los datos XYZ para lo que se creó una malla de 5 minutos de paso, equivalentes a una malla cuadrada de 9.25 km en el ecuador. La pérdida de resolución queda justificada por las dimensiones de las estructuras con las que se precisa trabajar (de un orden de magnitud mayor, como mínimo) y por la disminución en el tamaño de los archivos finales.

Para la construcción de la malla hemos utilizado un algoritmo de malla de “vecindad cercana” (*nearneighbour*). En el algoritmo se asigna un valor medio a cada nodo que tenga uno o más puntos dentro de un radio centrado en el nodo. El valor medio se calcula dando un peso a cada uno de los puntos dentro del radio. La función usada para el peso (w) es $w(r)=1.0/(1+d*d)$, donde $d=3*r/\text{radio de búsqueda}$ y r la distancia al nodo.

La amplitud del haz de la sonda multihaz es función de la profundidad en un factor de 3.5 (*Anexo D*). La precisión batimétrica está limitada por la relación señal / ruido, que varía en función de la reflectividad del fondo marino y el grado de inclinación del terreno. Con los datos adquiridos hemos confeccionado una malla de 0.2 minutos, lo que equivale a 370 metros en el ecuador, con los que hemos construido los mapas batimétricos de alta resolución para trabajar con detalle. El método para calcular esta malla ha sido igual al anterior, mediante un algoritmo *nearneighbour*.

Simultáneamente a la batimetría de alta resolución se registraron sonografías (backscatter) con la sonda multihaz SIMRAD EM-12. Este instrumento posee un sonar lateral que proporciona imágenes de la reflectividad de las estructuras submarinas utilizadas, que permite diferenciar la textura de las rocas submarinas.

Hemos utilizado la combinación del software GMT e instrucciones “sed & awk” pertenecientes al sistema operativo UNIX para la confección de las cartas topográficas.

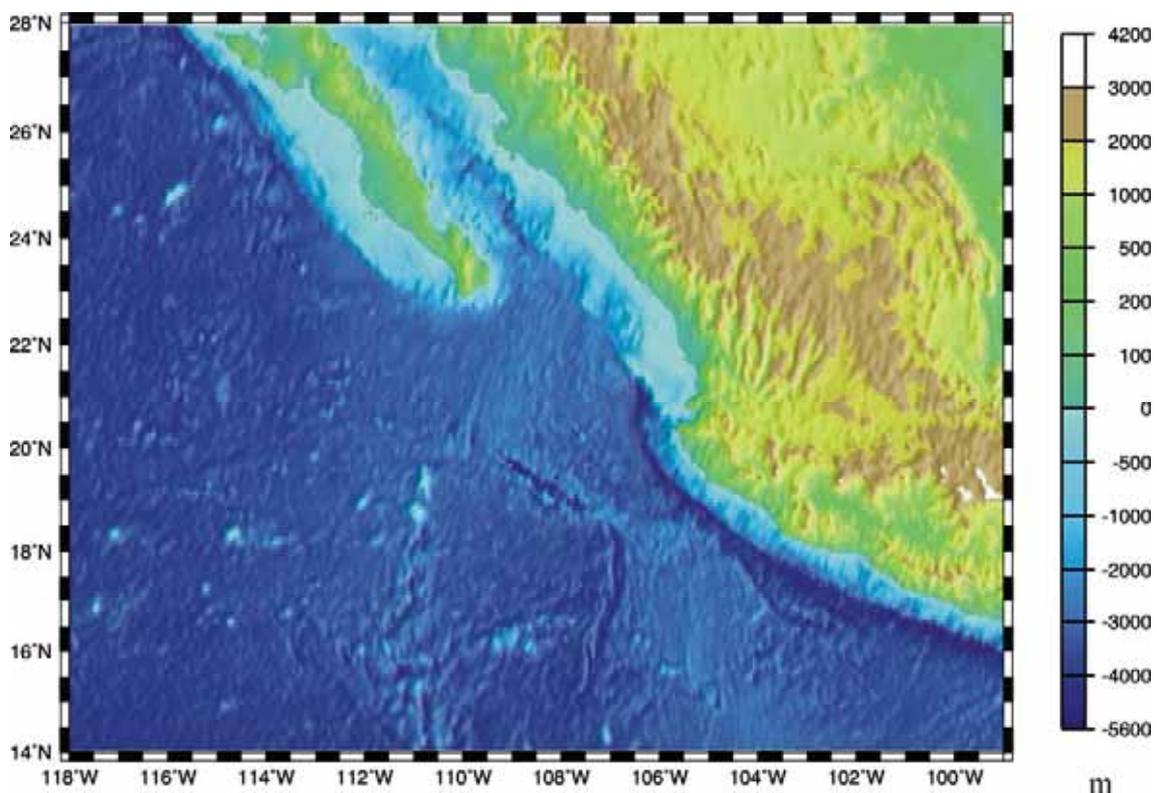


Figura 5.1: Mapa batimétrico / topográfico regional del Margen Oeste Mexicano. Los datos pertenecen a la base mundial satelital de Sandwell y Smith, 1997.

En la Fig. 5.1 se muestra el mapa topográfico con datos de satélite del Margen oeste de México. Destacan cuatro dominios principales en la parte sumergida, y uno en la emergida, desde la parte más occidental hasta el margen oeste mexicano:

- La zona que corresponde a la placa del Pacífico, con profundidades alrededor de los 4000 metros, destaca en su extremo más oriental la península de Baja California que pertenecía a la placa norteamericana, y que tras la apertura del golfo de California se mueve con dirección noroeste siguiendo la dirección de apertura de los centros de expansión. Los centros de expansión más meridionales son fácilmente identificables en el mapa batimétrico de la Fig. 5.2, mientras que los septentrionales han sido ya recubiertos por una importante cobertera sedimentaria por aportes procedentes del norte del Golfo (ver *capítulo 2*). El límite entre la placa Pacífica y la península de Baja California está marcado por los rasgos estructurales de la paleo-subducción.
- En 110° W, entre los 24° N y 20° N, la dorsal Pacífico-Rivera (PPR) marca el límite de placas entre la placa Pacífica al oeste y la placa de Rivera al este (Fig. 5.2), con profundidades medias alrededor de los 3000 m. La morfología de la placa Rivera destaca por la gran cantidad de estructuras submarinas (*seamounts*) en comparación con la placa Pacífica. El margen sur de la placa de Rivera lo forma la espectacular zona de fractura de Rivera (RFZ), con unas profundidades del eje de la fractura entorno de 5000 m y con paredes de hasta 2500 m de altura (Fig. 5.3).
- El límite este de la placa de Rivera es la fosa mesoamericana (MAT), límite del margen convergente activo del oeste mexicano, alcanzando profundidades de 6000m (Fig. 5.3). Al Sur de México, y fuera de nuestra área de estudio, se encuentra el mínimo de profundidad de la MAT con 6700 m.

- Al oeste de la MAT y sobre los 18.5° N, delimitada a su vez al oeste por el EPR, se encuentra el extremo norte de la placa de Cocos, con profundidades más someras (2000m) que la placa de Rivera. Se ha realizado un mapa batimétrico de alta resolución para visualizar el límite entre la placa de Rivera y la placa de Cocos (Fig. 5.4).
- Para la parte emergida, tras el talud más pronunciado de la zona, cabe destacar el bloque de Jalisco, en 105.7° W, 20.4° N, que con alturas por encima de los 1000 m constituye el área con mayor relieve de nuestro estudio. Conectando el Bloque de Jalisco con el área de estudio de la red sísmica, puede distinguirse el cañón de Puerto. Vallarta (105.5 W, 20.5° N, Fig. 5.3). El cañón se reconoce desde la línea de costa hasta su final en la fosa (Fig. 5.2, 5.6).

Por último, destaca a nivel regional (105° W, 23.5° N) la cordillera de Sierra Madre Occidental (Fig. 3.3), donde se alcanzan las mayores alturas del suroeste mexicano, superando en algunos casos los 3000 m (Fig. 5.2).

De la comparación de los diversos dominios oceánicos podemos observar diferencias en el contenido frecuencial de la batimetría, como en el caso de la placa de Rivera y la Pacífica, además de las diferencias morfológicas tanto en la fosa como en las dorsales. Mientras que en la zona más meridional de la fosa se alcanzan profundidades de hasta 6000 m en nuestra zona de estudio, situada más al norte, estas profundidades oscilan alrededor de los 4000 m. Por otro lado, mientras que en el Bloque de Jalisco y al sur de éste, la transición entre la fosa y la zona emergida se hace a través de una plataforma poco desarrollada de unos 45 km, en la parte norte del mismo y hasta la boca del Golfo de California la plataforma se hace mucho más amplia, alcanzando los 170 km al noreste de las Islas Tres Marías (Fig. 5.3, 5.5), con una amplia terraza bien desarrollada en el flanco este del Golfo. Esto no se mantiene en el flanco oeste del Golfo de California, desarrollándose elevaciones de hasta 1000 m paralelas a la línea de costa.

Los datos de batimetría de alta resolución son fundamentales en el momento de interpretar los perfiles sísmicos, principalmente para delimitar la extensión y localización del prisma de acreción, así como la interpretación de la morfología en superficie: cañones submarinos, *seamounts*, fosa y sus límites.

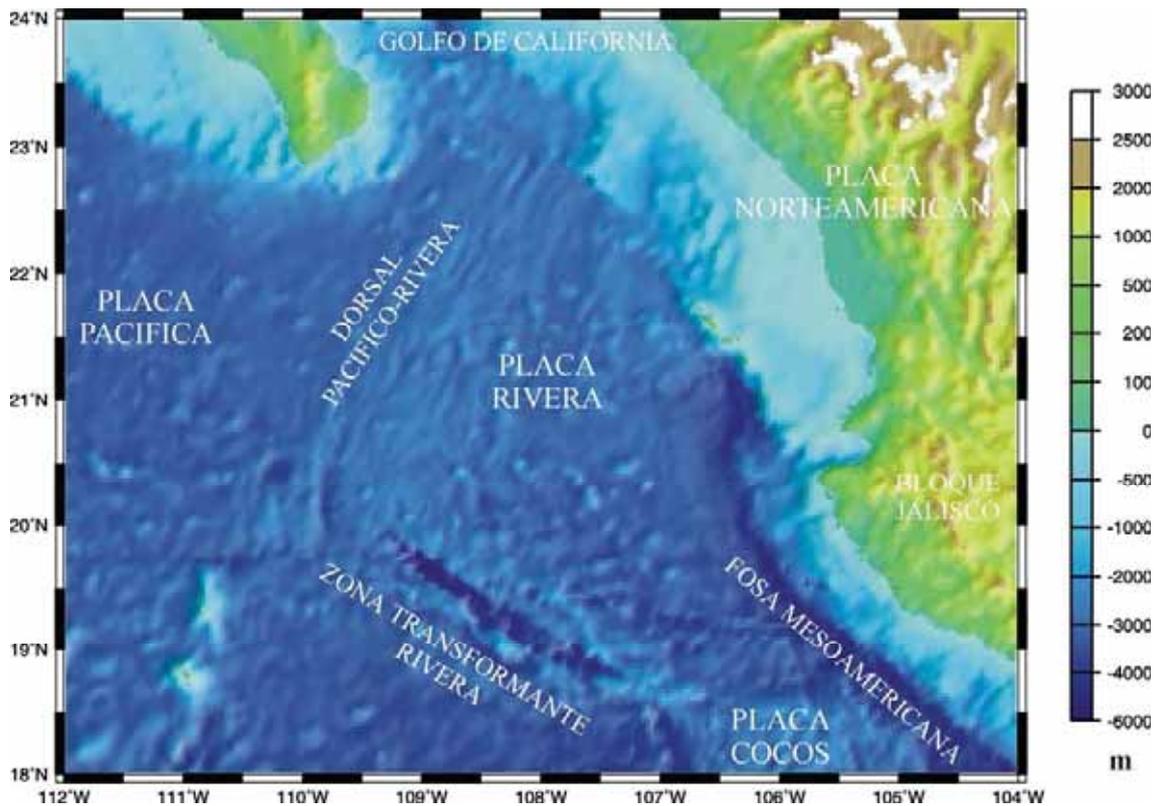


Figura 5.2: Mapa batimétrico / topográfico ampliado regional del Margen Oeste de México. Los datos pertenecen a la base mundial satelital de Sandwell y Smith, 1997. Se ha señalado los cinco dominios estructurales: Placa Pacífica, Placa de Rivera, Fosa Mesoamericana, Placa de Cocos y Bloque de Jalisco.

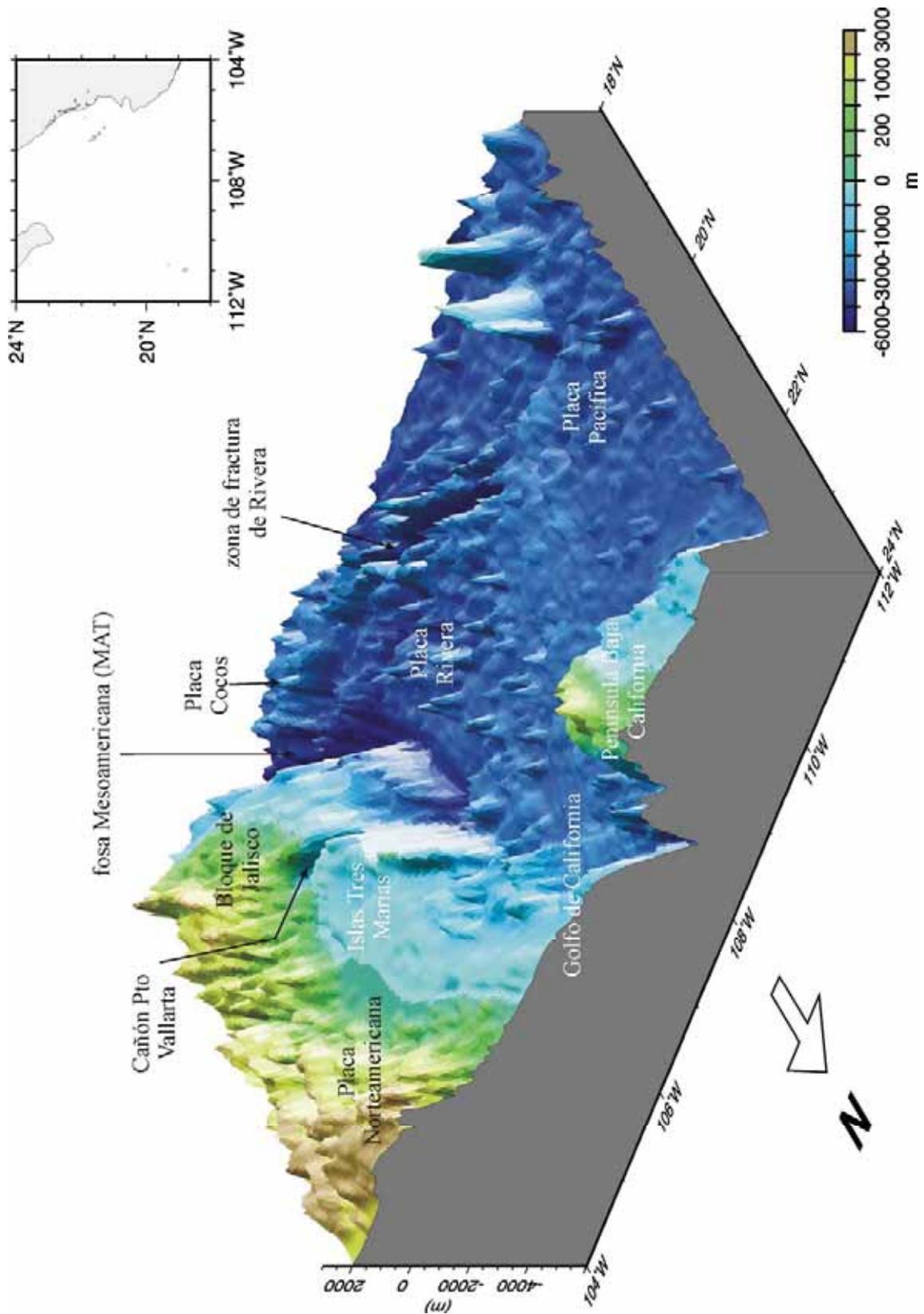


Figura 5.3: Bloque 3-D de la topografía del suroeste Mexicano. Se muestra la localización de las estructuras más significativas estudiadas en este trabajo. Los datos pertenecen a la base mundial satelital de Sandwell y Smith, 1997.

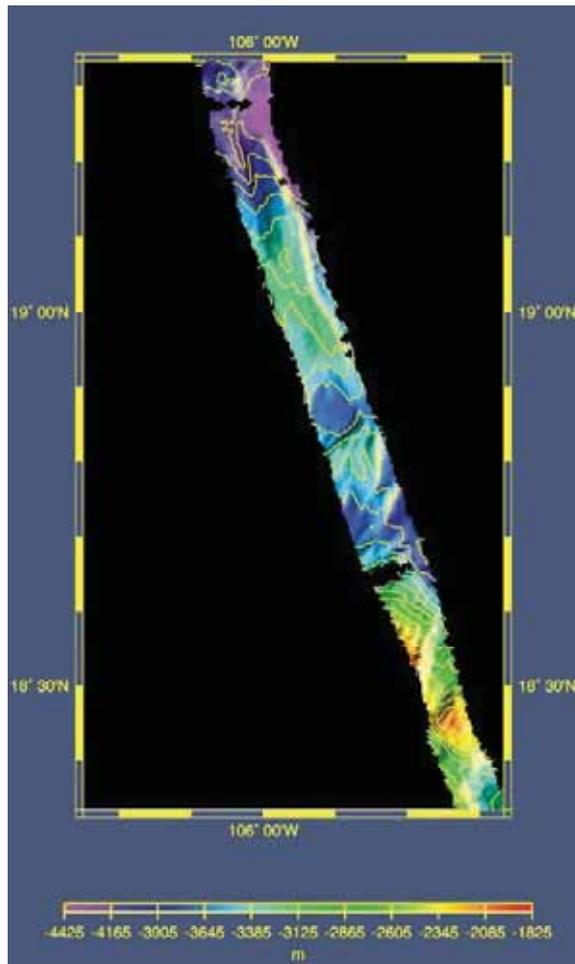


Figura 5.4: Límite de placas entre la placa de Rivera y la placa de Cocos. Datos de sonda multihaz.

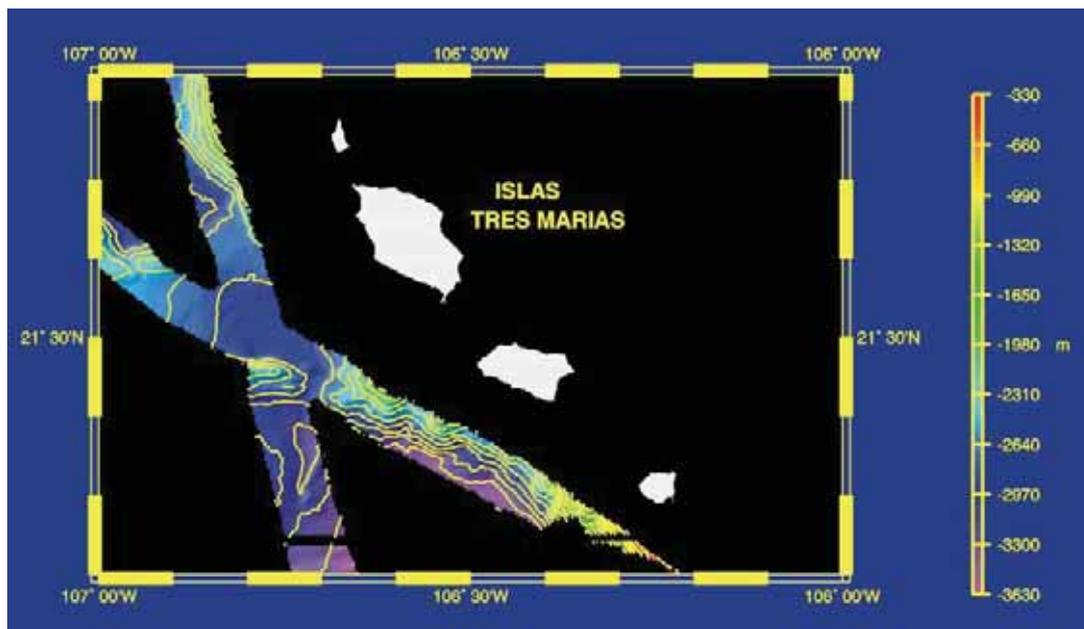


Figura 5.5: Datos de sonda multihaz donde se observa el fuerte gradiente batimétrico asociado a la dorsal extinta de Maria Magdalena.

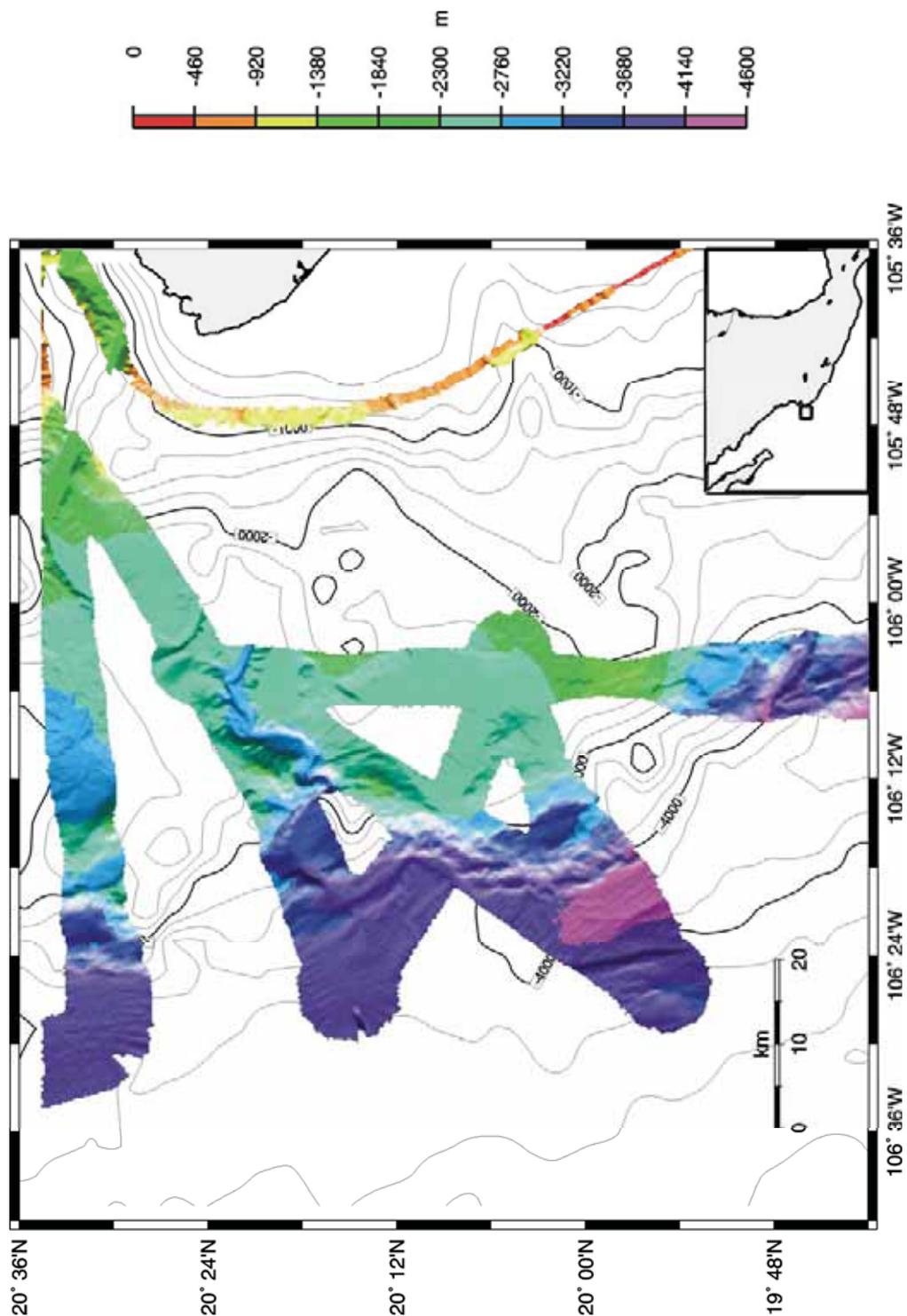


Figura 5.6: Imagen de batimetría de alta resolución de la red sísmica de Puerto Vallarta, iluminada desde el oeste. Los rasgos estructurales más significativos son el cañón de Puerto Vallarta en $106.2^{\circ} W$, $20.3^{\circ} N$ en tono azul (3000m), la morfología de la fosa mesoamericana donde se registran las mayores profundidades, y la plataforma continental en tonos verdes.

En el estudio de las sonografías se debe eliminar el haz central, marcado por una alta reflectividad asociada a un menor recorrido de las ondas emitidas y reflejadas, cuyo cociente es utilizado para calcular los coeficientes de reflectividad. Esto supone que el haz central tenga siempre valores superiores que el resto. La corrección de este efecto no se aplicó en los registros durante el procesado a bordo del buque Hespérides. Los valores de la reflectividad son valores relativos, de manera que su función en la interpretación es cualitativa. Así, los valores positivos (tonos amarillos y verdes) muestran una reflectividad superior a los negativos (azules y lilas).

La sonografía de la red sísmica (Fig. 5.7) permite visualizar una alta reflectividad asociada a la ausencia de sedimentos que han sido drenados de la bahía de Puerto Vallarta por el cañón submarino del mismo nombre (106.2° W, 20.3° N). En la parte oeste rigen los valores más bajos de reflectividad, mostrándonos la zona de subducción de la fosa mesoamericana y las estructuras NNW-SSE asociadas a ésta. El prisma de acreción presenta reflectividad superior (tonos verdes y rojos) que los sedimentos al oeste del mismo (tonos azules y lilas), lo que indica una mayor compactación de los mismos.

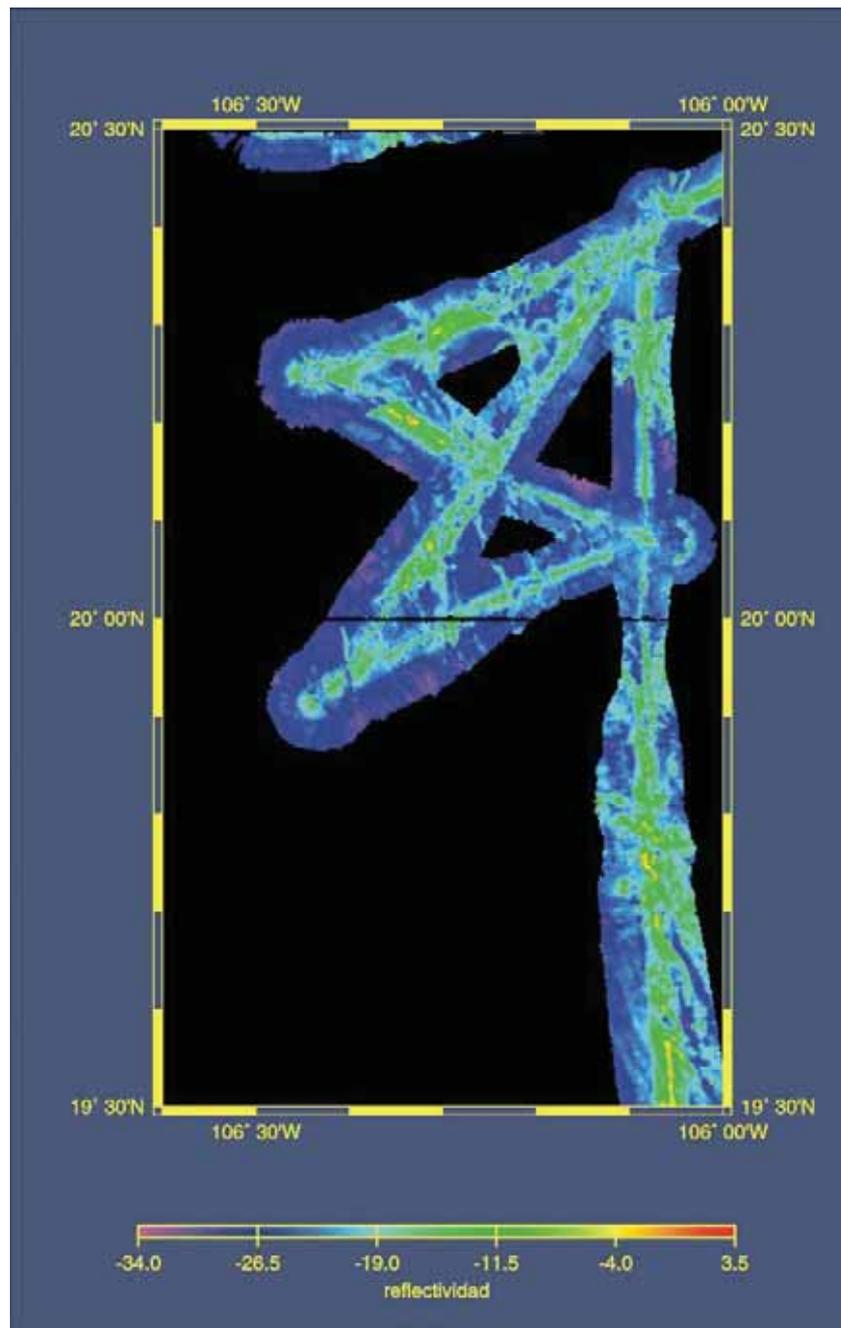


Figura 5.7: Sonografía de la red sísmica de Puerto Vallarta. La interpretación estructural de la imagen viene marcada por las morfologías NNW-SSE asociadas a la fosa y por la diferencia de reflectividad entre los sedimentos compactados del centro de la figura, donde se cortan los perfiles, y los sedimentos poco consolidados del resto de la placa de Rivera.