

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

## **8. Estructura Cortical del Margen Oeste Mexicano (Bloque de Jalisco)**

*El margen es demasiado pequeño para que la demostración quepa en él*

*Fermat (1601-1665)*



## 8. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan imágenes de la estructura cortical del margen oeste mexicano (Bloque de Jalisco) deducida de los registros de sismica multicanal. La localización de los perfiles de sismica de reflexión multicanal utilizados se muestran en la Fig. 1.1.

El capítulo muestra en primer lugar, los registros sumados (stacked) y migrados. En segundo lugar, y a modo de control de calidad del procesado, se ha realizado un análisis de los puntos de corte entre los distintos perfiles, finalmente se presenta la interpretación de los perfiles y la descripción de las estructuras observadas, y un modelo del techo de la corteza, que incluye los datos de todos los perfiles, y que muestra la geometría de la subducción de la placa de Rivera bajo el continente.

### 8.1 Registros de los perfiles de reflexión multicanal

El procesado de los registros de los cinco perfiles sísmicos, situados frente a la costa de Puerto Vallarta, se ha realizado siguiendo las pautas explicadas en el capítulo 2, obteniéndose tanto las secciones de stack como migraciones tipo Kirchoff post-stack (Fig. 8.1). Previo al procesado de las líneas los datos fueron remuestreados de 4 a 8 ms, al objeto de reducir a la mitad el volumen de datos y disminuir el tiempo de ejecución sin perder la resolución requerida en este caso. Como consecuencia del remuestreo se redujo la máxima frecuencia observable, frecuencia de Nyquist, a 62.5 Hz, que es superior a las frecuencias de las señales analizadas en este trabajo. Para evitar problemas de *aliasing* se filtraron las frecuencias superiores a 62.5 Hz. Por otro lado, los disparos se realizaron a intervalos de tiempo constante, de modo que no son equiespaciados debido a la variación en la velocidad del barco, por esta razón se hizo la asignación de CDP's (*CDP binning*) a las trazas correspondientes de los distintos disparos, siendo el intervalo o *bin* utilizado de 12.5 m.

El procesado pre-stack consistió en la aplicación de técnicas estándar (*capítulo 2*), siguiendo la siguiente secuencia: corrección por divergencia esférica que sufre el frente de ondas por su expansión geométrica a medida que se propaga, así como de la absorción a la que está sujeta; edición de trazas para eliminar ruido; filtrado paso-banda, ecualización de las amplitudes de las trazas, y deconvolución predictiva para suprimir las reverberaciones y



múltiples de corto período. El diseño de los parámetros de deconvolución y su aplicación se ideó en dos ventanas temporales debido al cambio frecuencial que sufren las ondas a medida que se propagan por el interior de la Tierra. Los retardos y las longitudes de los operadores de deconvolución se escogieron tras el estudio de paneles stack de prueba y de sus funciones de autocorrelación, producidos para diferentes valores de dichos parámetros. Para detalles, ver Tabla II-I, capítulo 2.

Tras el procesado pre-stack se ordenaron los datos en CDP-gathers y se realizaron análisis de velocidad combinando las técnicas de los paneles de stack a velocidad constante con el análisis de semblanza. La misma técnica fue usada para determinar el campo de velocidades intermedias necesario para la supresión de múltiples en el espacio f-k. Tras la supresión de múltiples se efectuaron nuevos análisis de velocidades en de los CDPs para suprimir los múltiples del fondo marino.

El procesado post-stack se realizó mediante una migración Kirchoff, ensayando distintos modelos de velocidad y descartando aquellas velocidades que no ajustaban las hipérbolas de difracción, empezando por los reflectores de menor profundidad.

Por último se ecualizaron las amplitudes de todas las trazas mediante la técnica del *trace mixing*. Esta técnica consiste en promediar las trazas sobre un número específico de trazas adyacentes, en nuestro caso 7, dando un peso a las mismas inversamente proporcional a la distancia a la traza central. El resultado es una mayor coherencia lateral en los reflectores.

A continuación se presentarán las interpretaciones para cada una de las migraciones. La interpretación de las secciones se ha dividido en dos partes. En la primera parte, se analizará con detalle la estructura superficial. En la segunda parte, se muestra la estructura cortical hasta la base de la corteza.



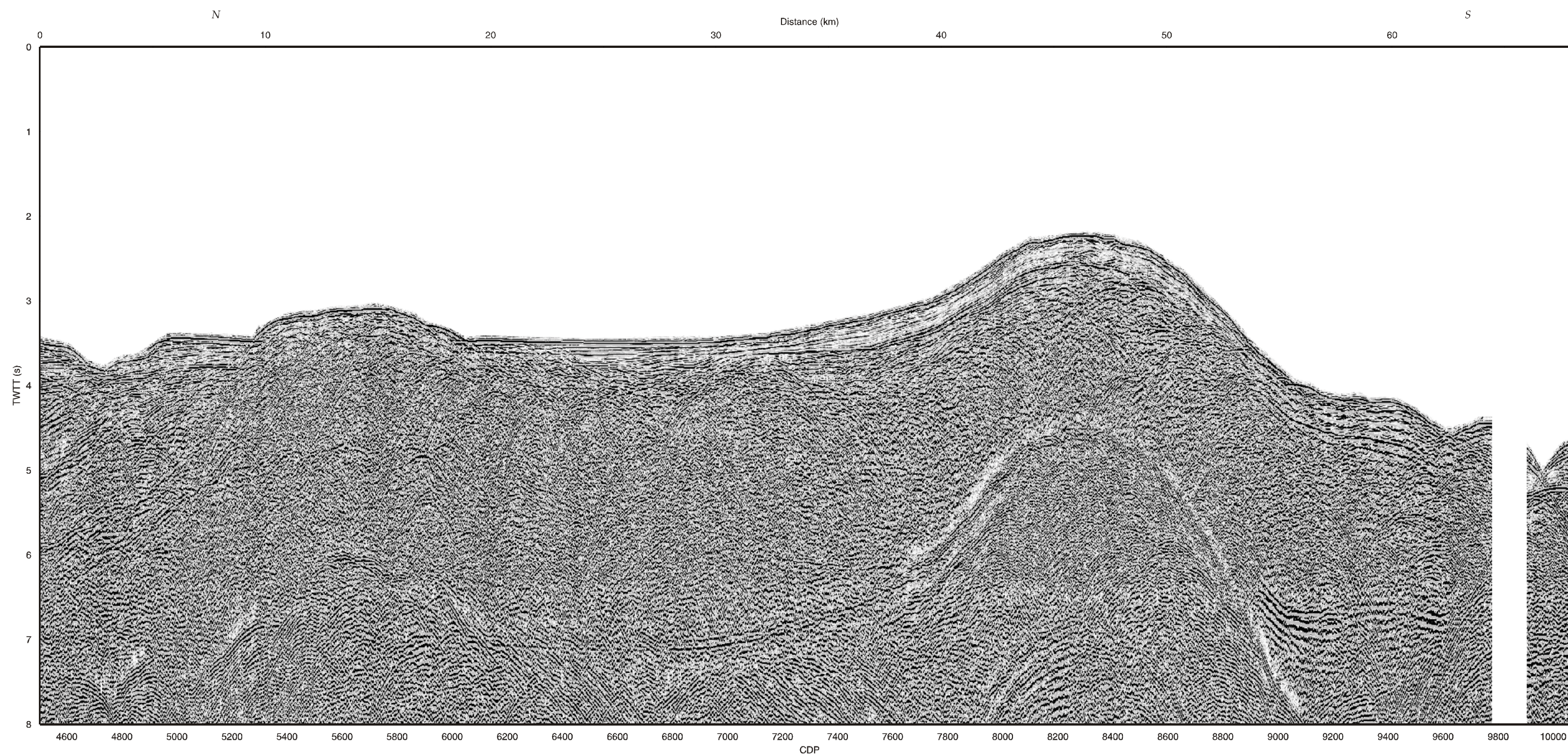


Fig. 8.1a: stack del perfil 201.







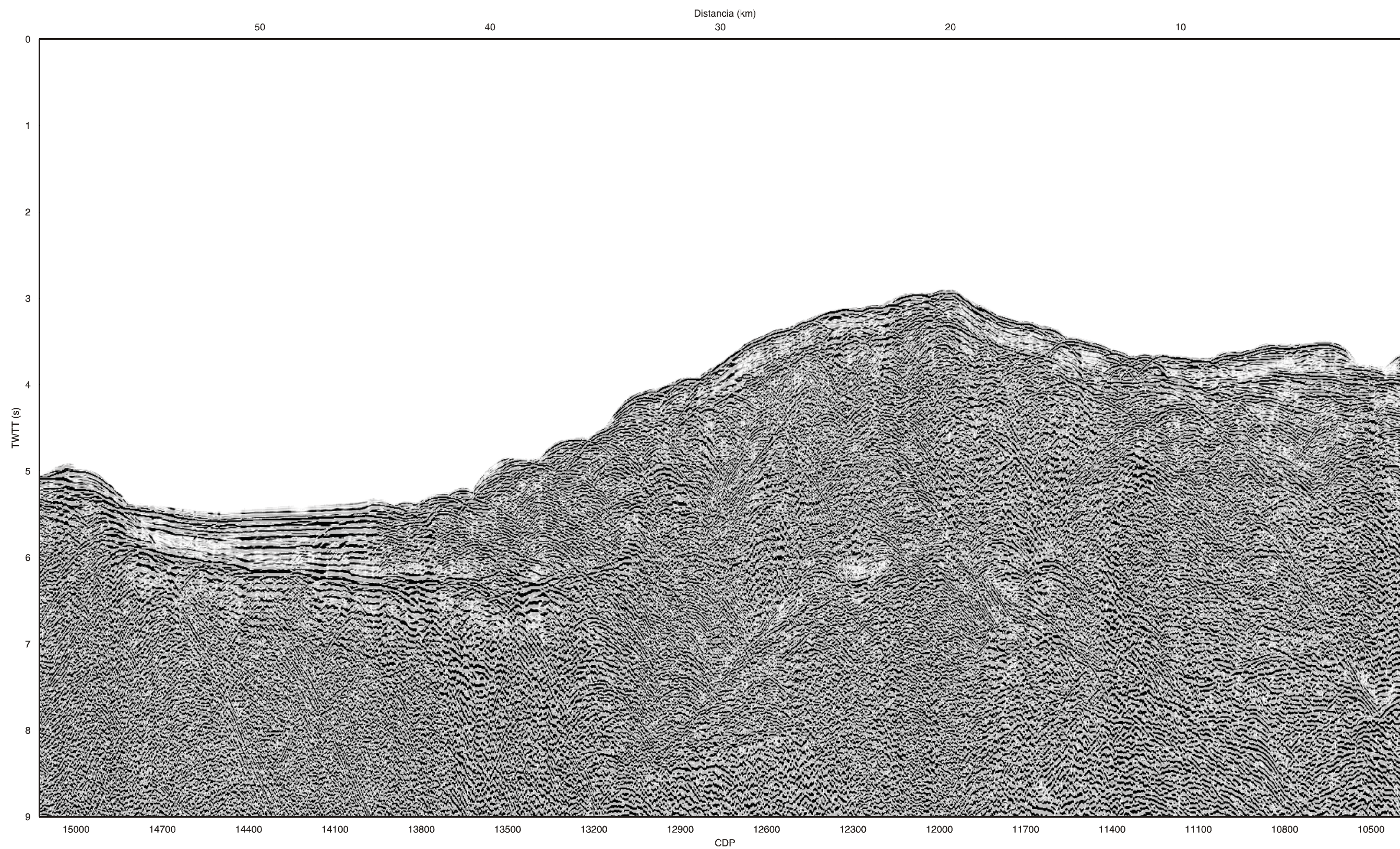


Fig. 8.1b: stack del perfil 202.





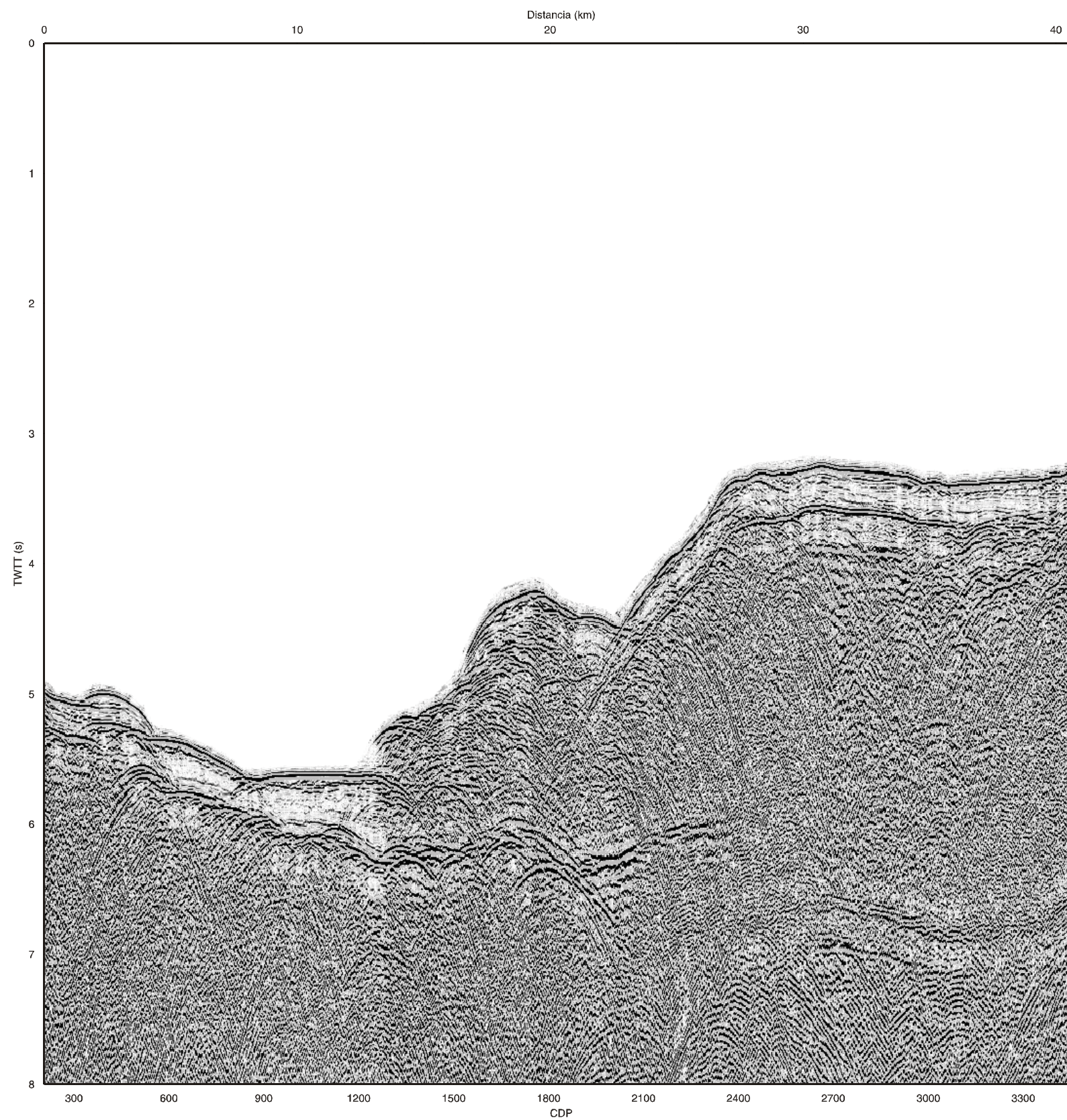


Fig. 8.1c: stack del perfil 203.





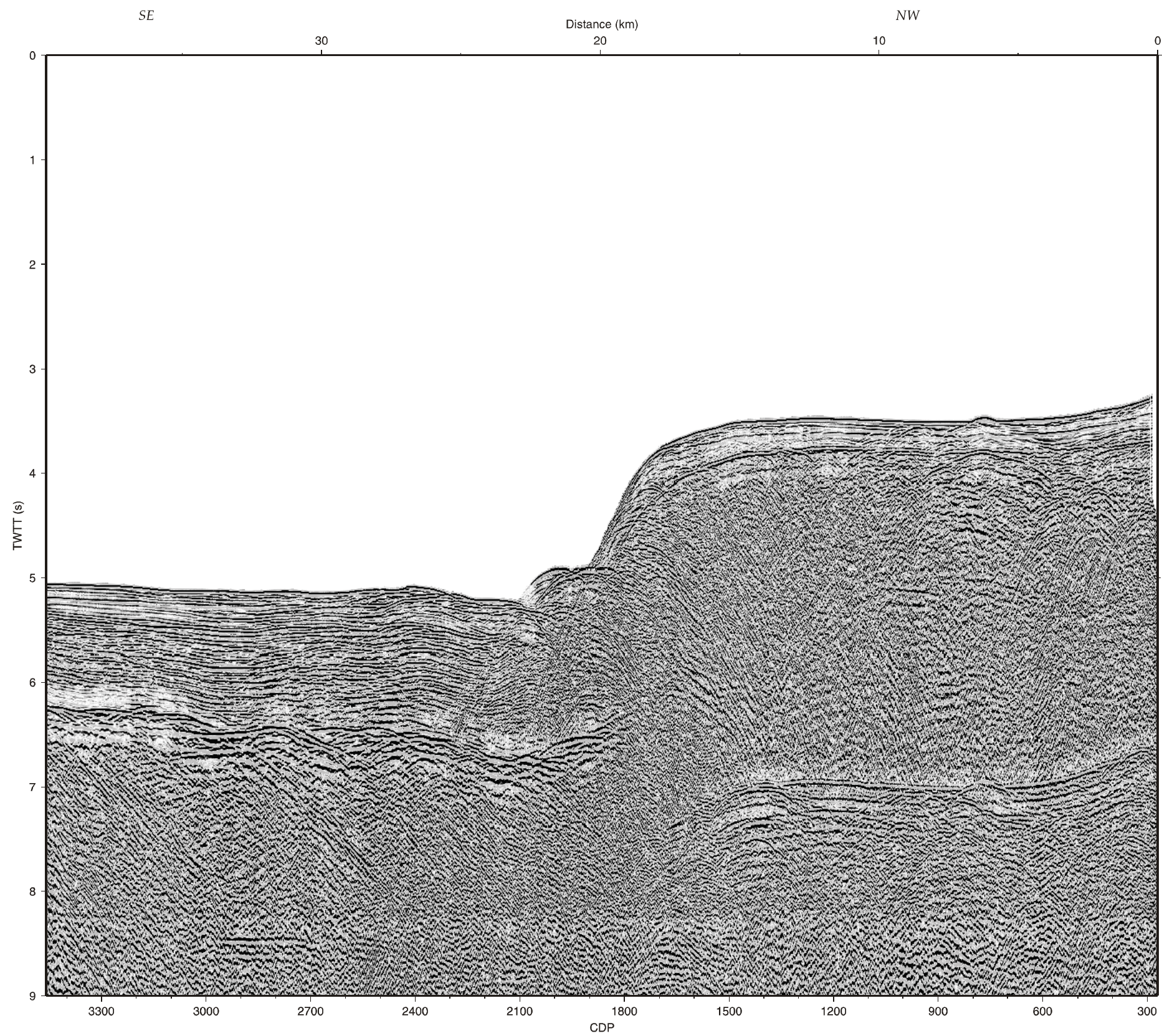


Fig. 8.1d: stack del perfil 204.







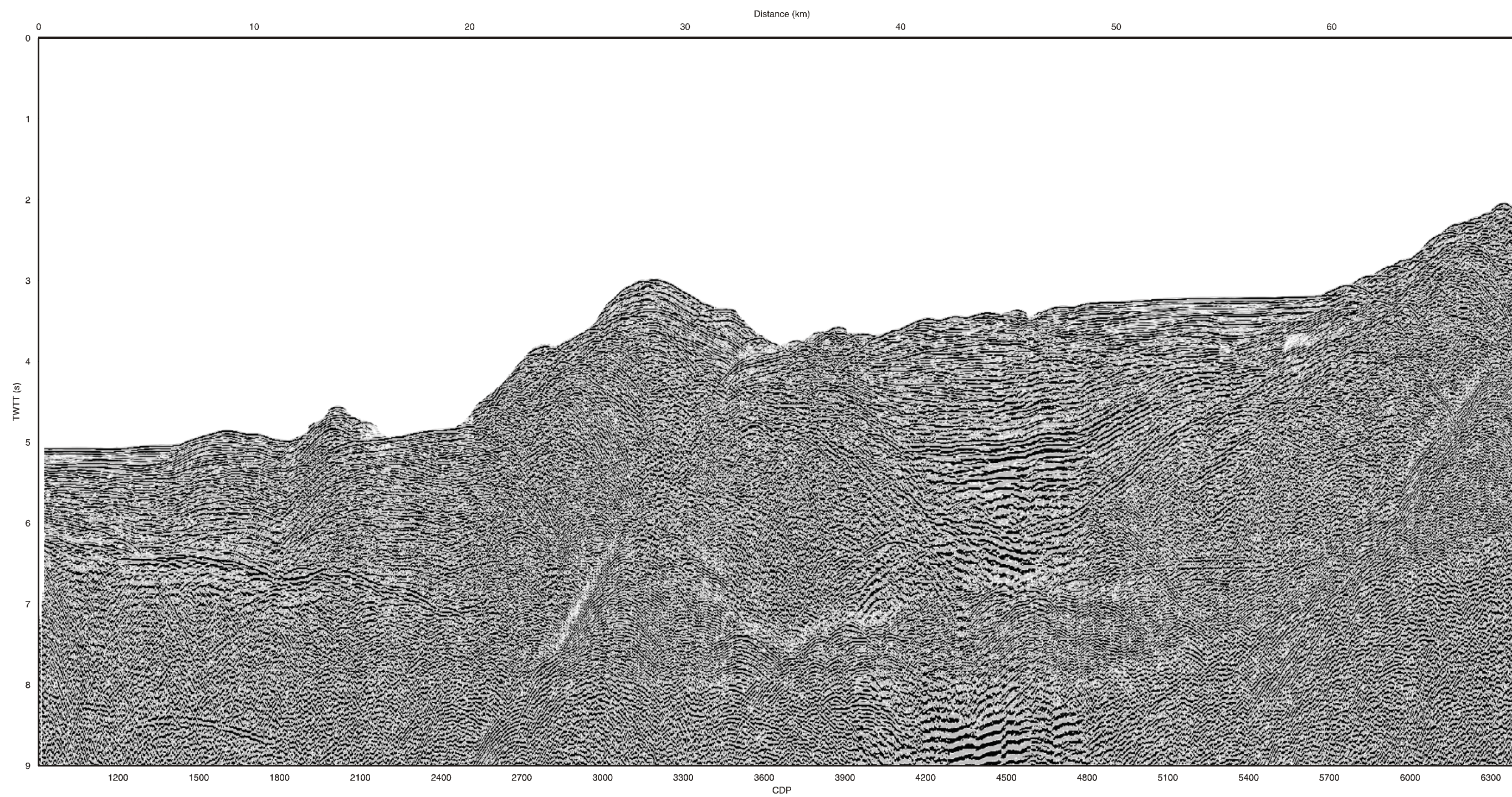


Fig. 8.1e: stack del perfil 205.







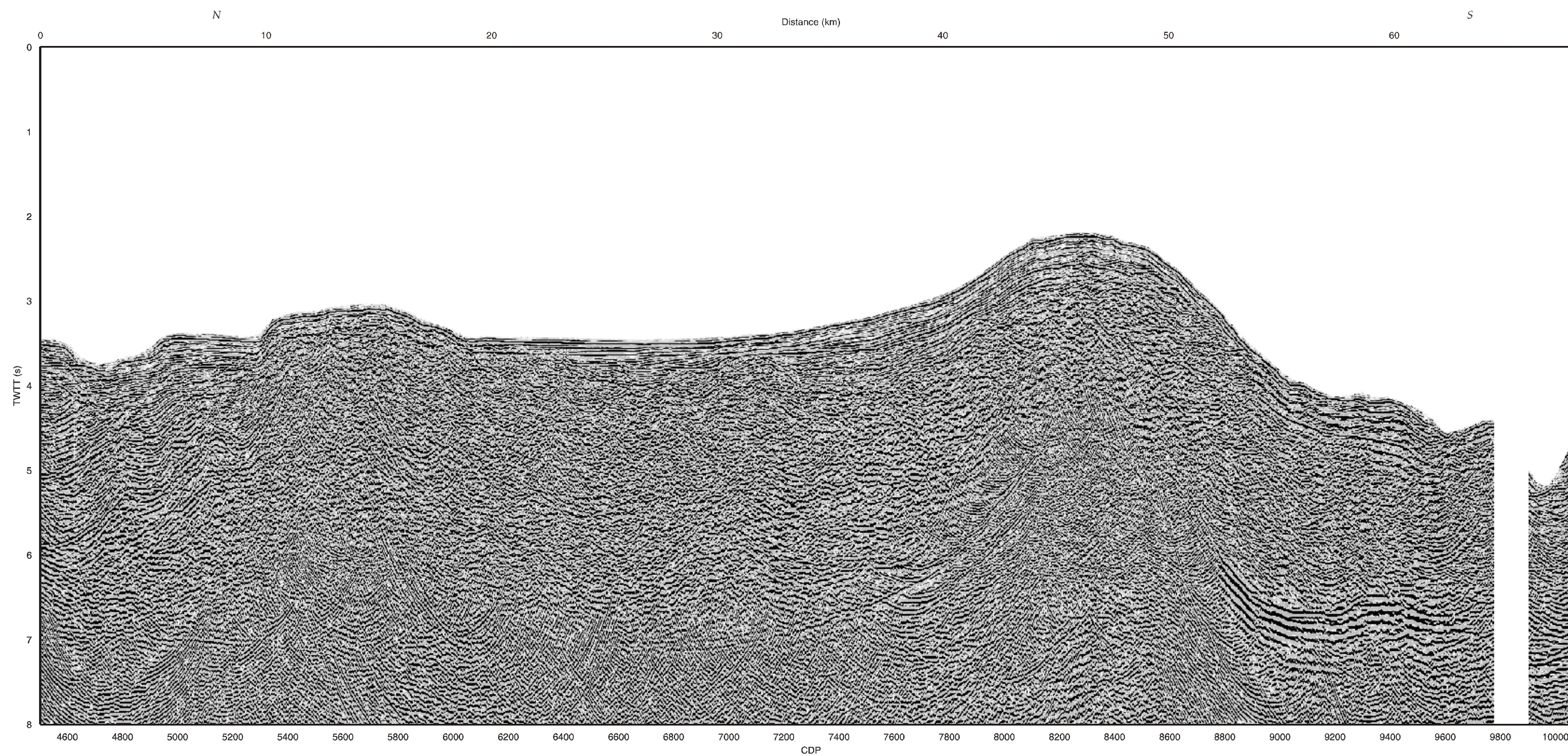


Fig. 8.1f: migración del perfil 201.







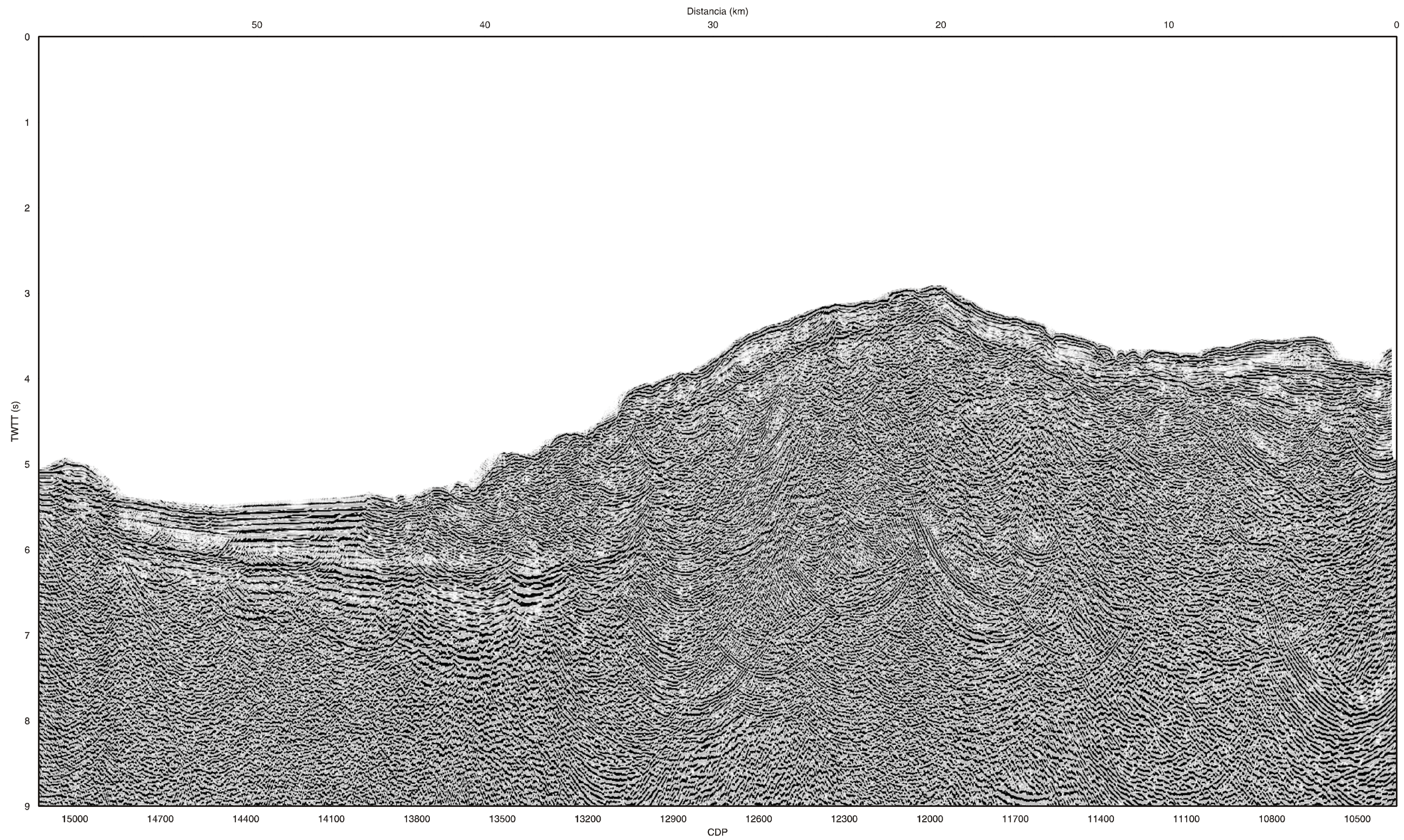


Fig. 8.1g: migración del perfil 202.





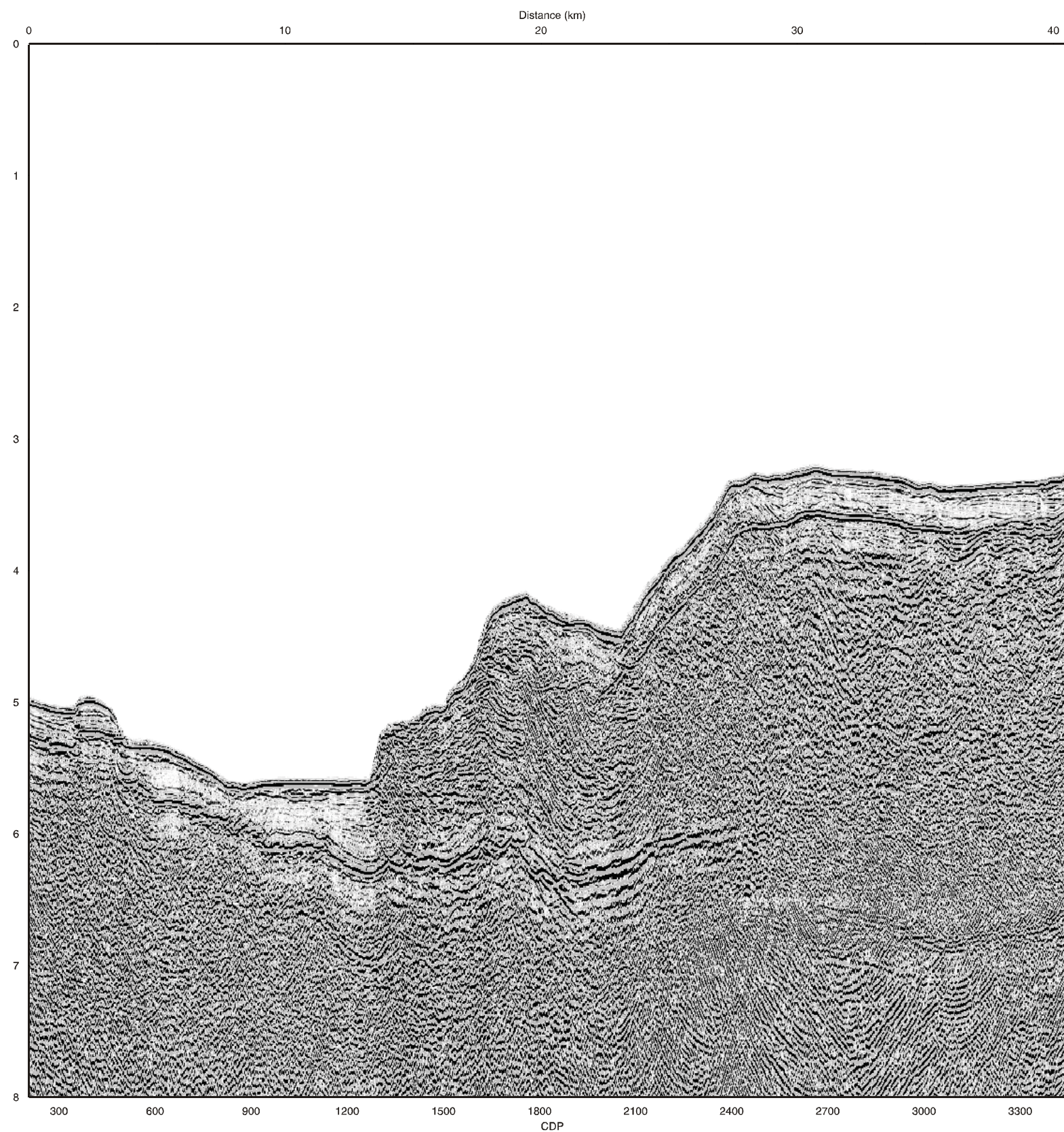


Fig. 8.1h: migración del perfil 203.





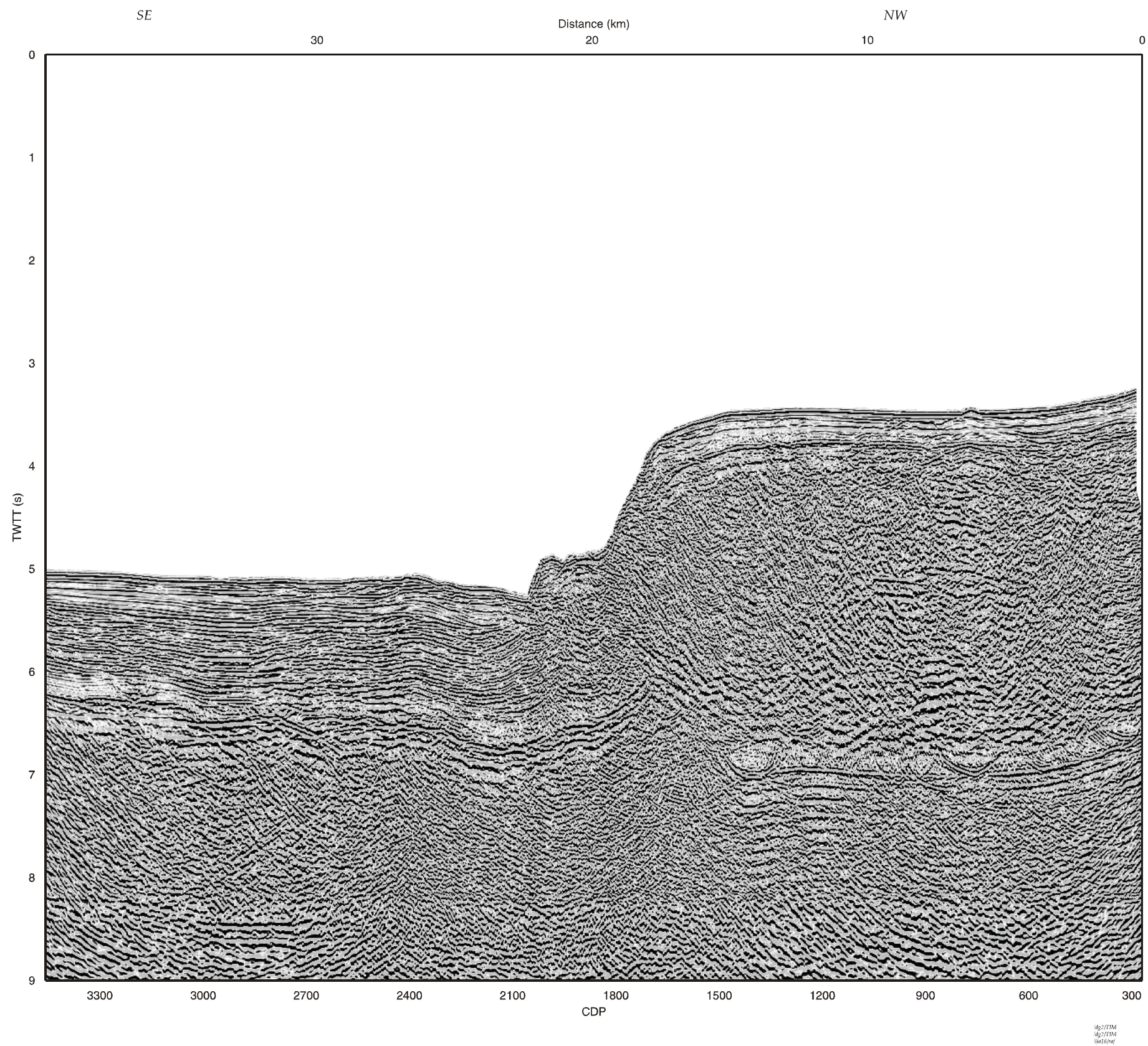


Fig. 8.1i: migración del perfil 204.





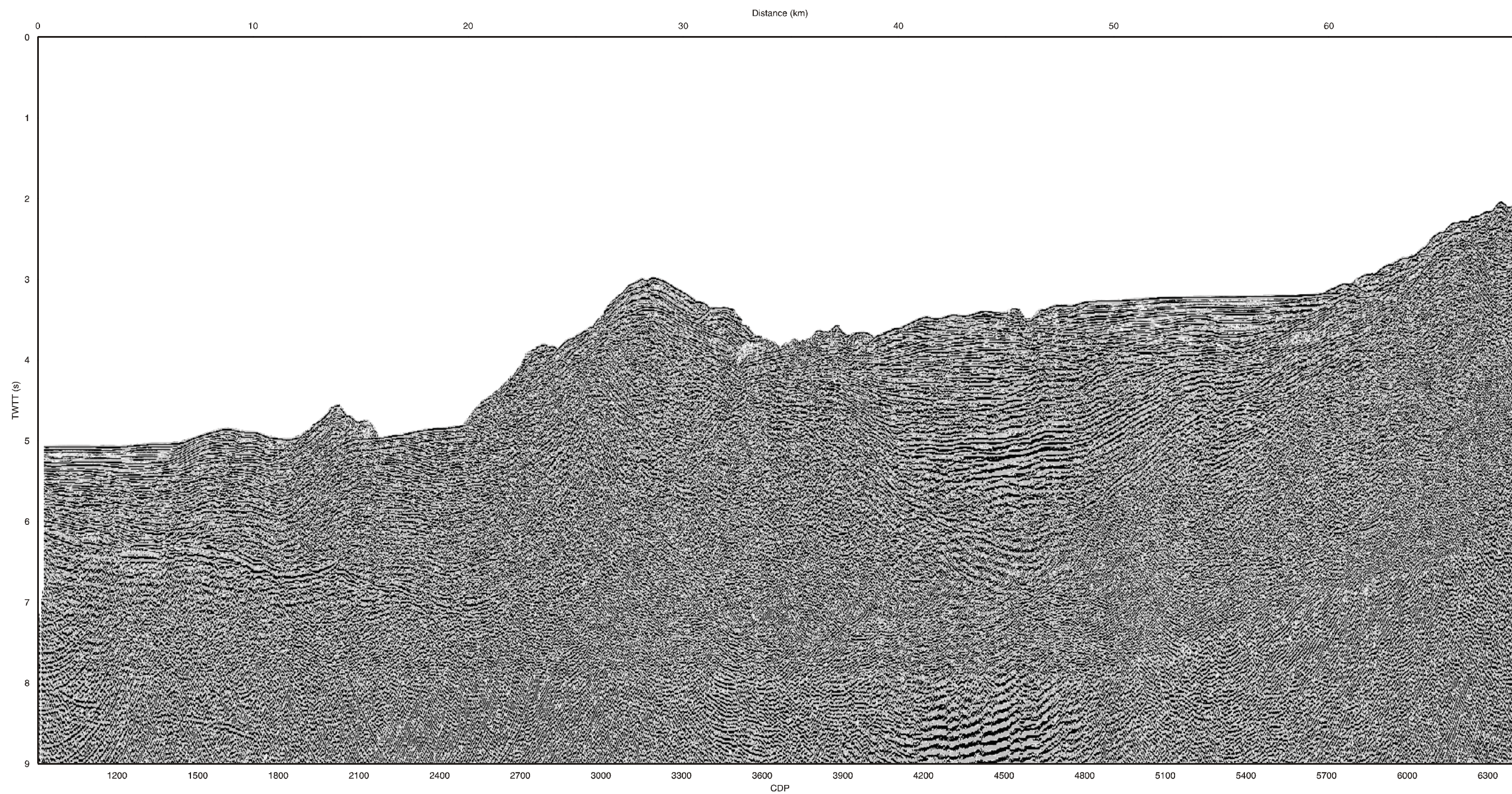


Fig. 8.1j: migración del perfil 205





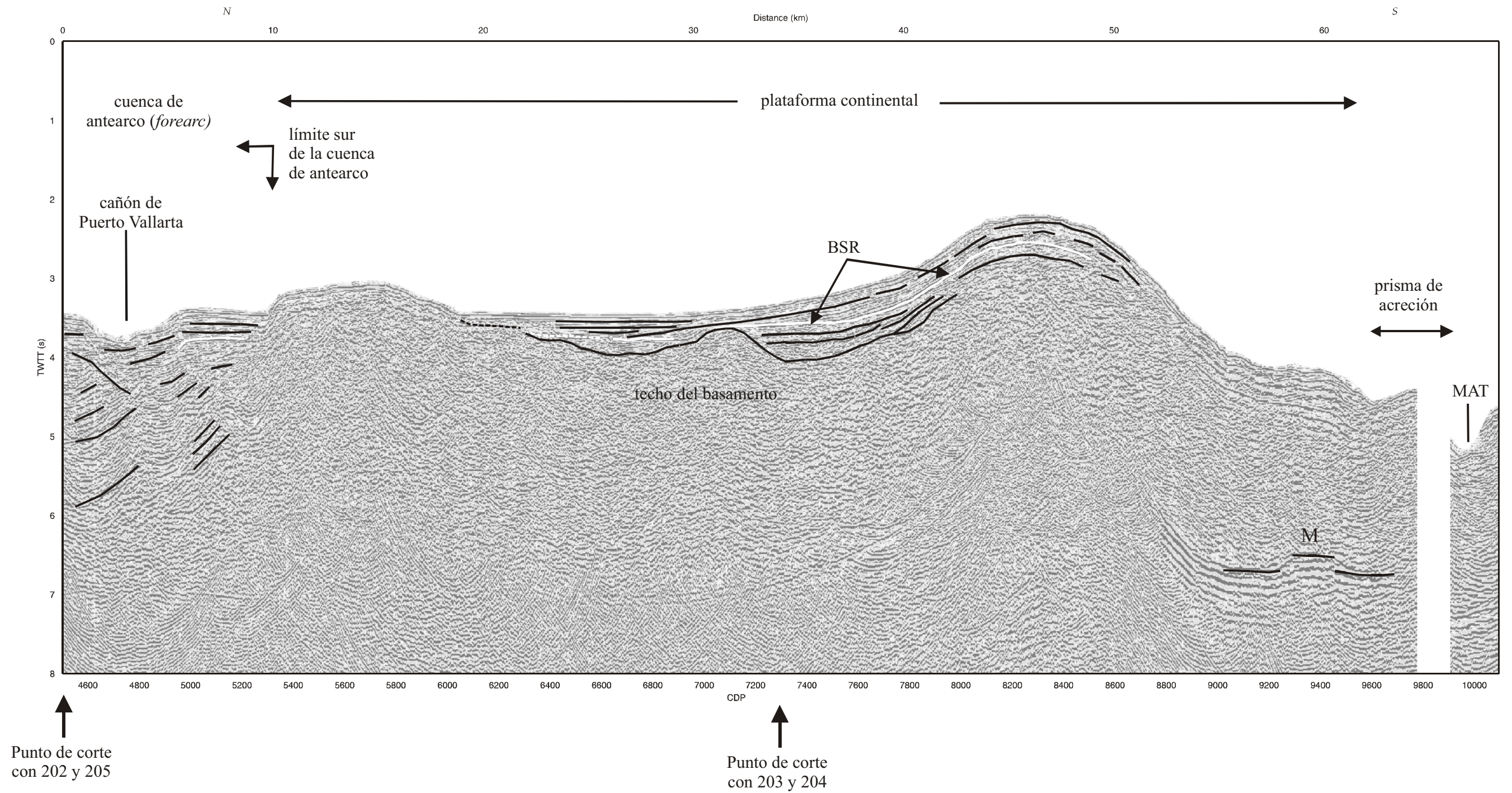


Fig. 8.2a: interpretación de la migración del perfil 201.





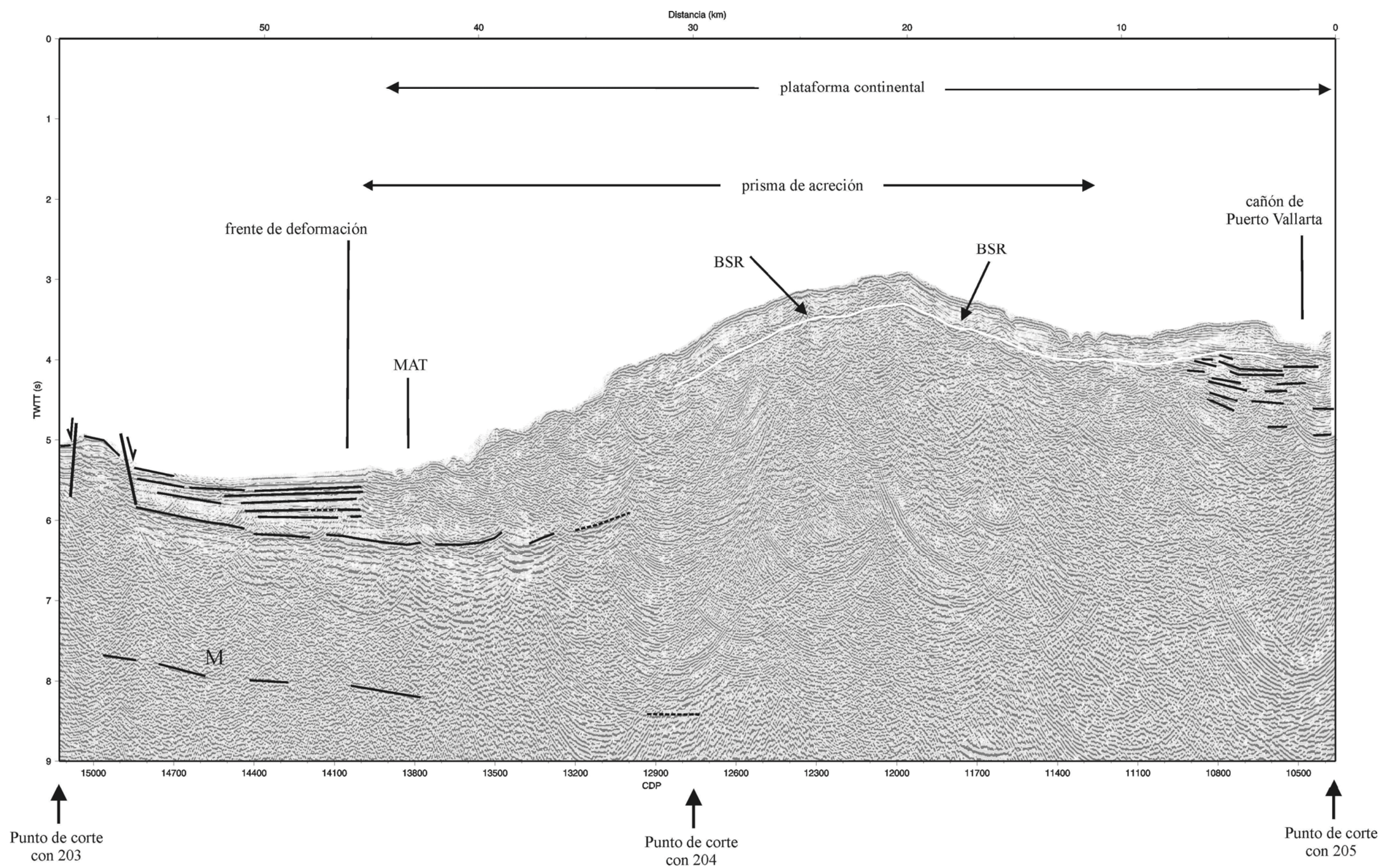


Fig. 8.2b: interpretación de la migración del perfil 202





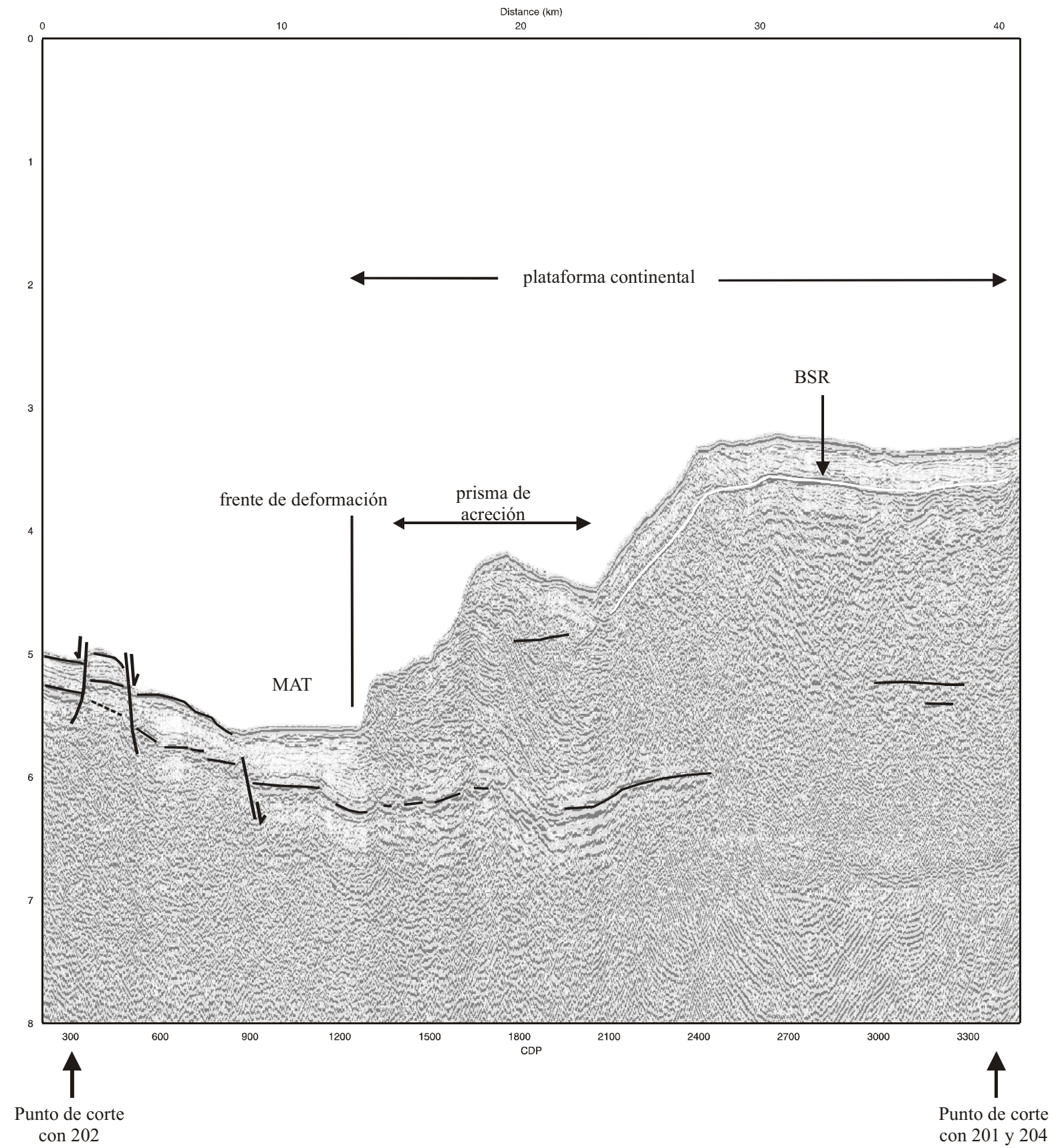


Fig. 8.2c: interpretación de la migración del perfil 203.





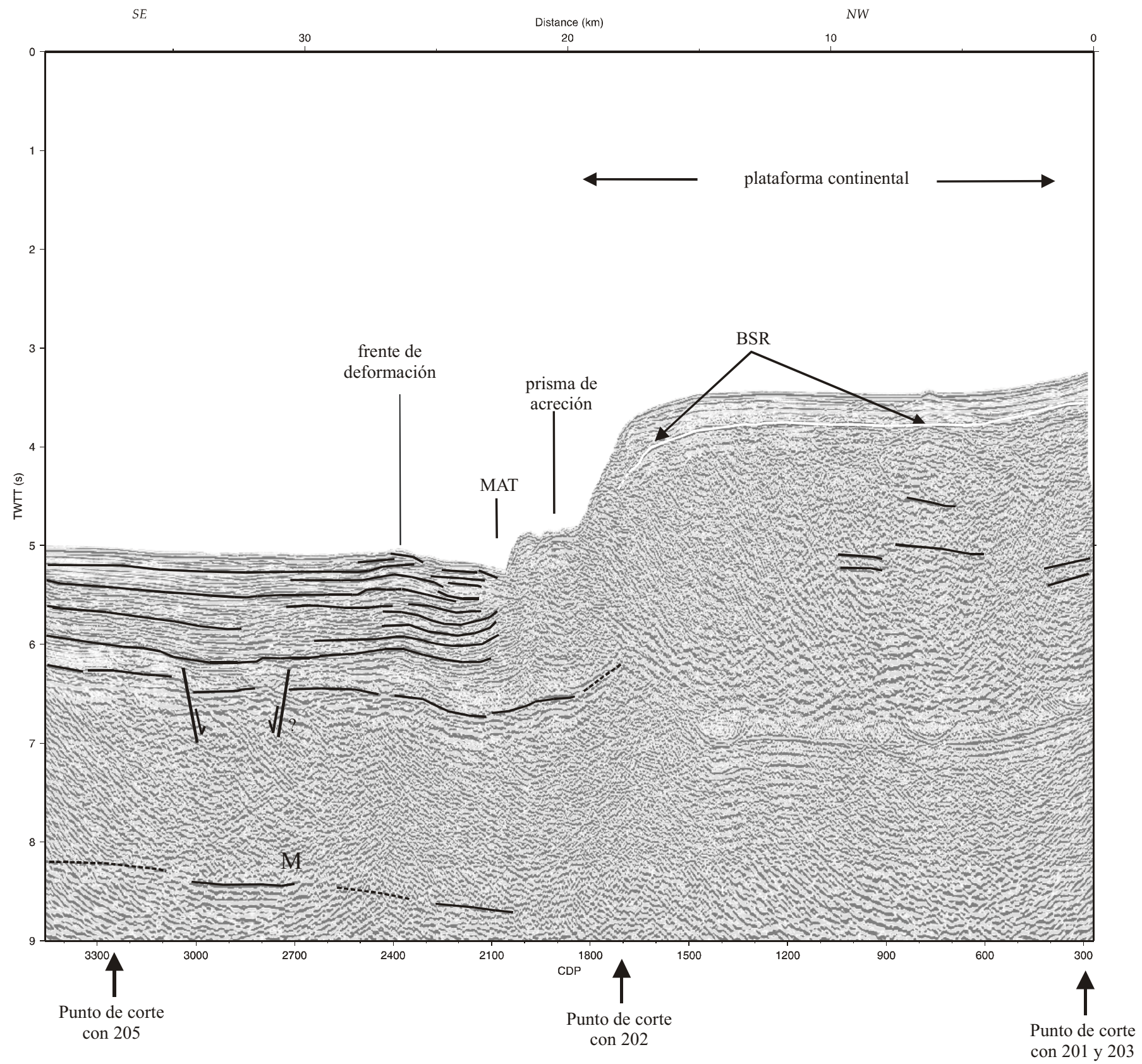


Fig. 8.2d: interpretación de la migración del perfil 204.





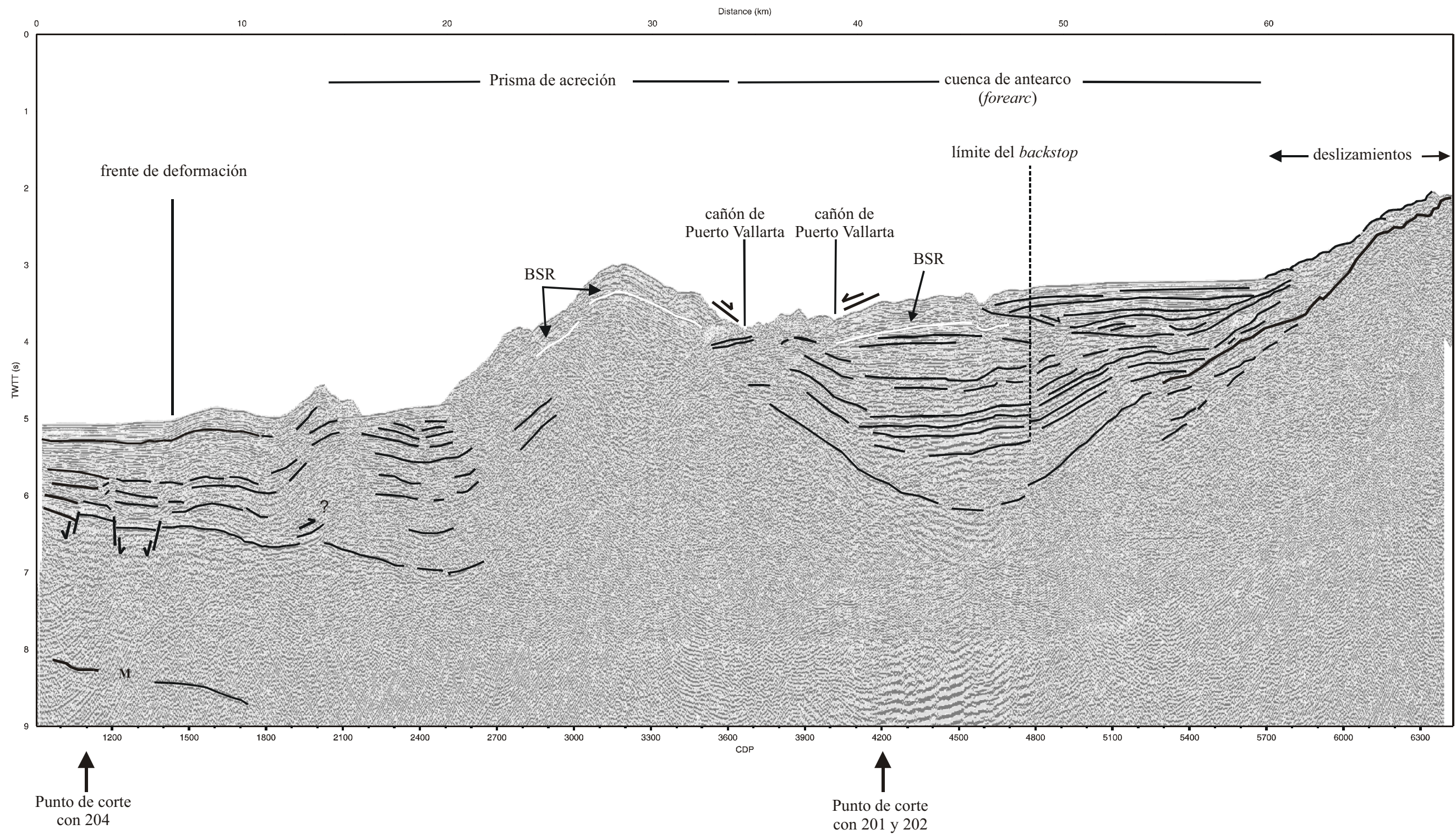


Fig. 8.2e: interpretación de la migración del perfil 205.





**Figura 8.1:** *a-e: Secciones sumadas (stacked) para los perfiles 201, 202, 203, 204 y 205*

*f-j: secciones migradas para los perfiles 201, 202, 203, 204 y 205*

*como resultado de la secuencia de procesamiento referido en la Tabla II-I. Exageración vertical aproximada de 1.5 (velocidad media: 5 km/s).*

**Figura 8.2:** *a-e: Interpretación de las secciones de stack y migración 201, 203, 204 y 205.*

*Exageración vertical aproximada de 1.5 (velocidad media: 5 km/s)*

## **8.2 Estructura superficial**

Los cinco perfiles de sismica están confinados dentro del dominio de la placa de Rivera en subducción bajo la placa Norteamericana. Las secciones 203 y 205 cruzan la fosa perpendicularmente mientras que los perfiles 202 y 204 lo hacen de forma oblicua. El perfil 201 presenta una dirección casi paralela a la fosa dentro de la plataforma continental. Estas orientaciones junto con la propia geometría del prisma de acreción permiten la observación del complejo acrecional en todos los perfiles, aunque en el perfil 201 sólo se muestrea la sección más meridional de este, y en el perfil 204 se justifica la casi ausencia del prisma dado el menor desarrollo del mismo en esa latitud. Es en las secciones 203 y 205, especialmente en ésta última, debido a su mayor longitud, donde visualizaremos todas las unidades que conforman el margen activo al oeste de México (Fig. 8.2).

### **8.2.1 Estructura superficial: Dominio oceánico al oeste de la MAT**

El dominio oceánico, al oeste de la fosa mesoamericana (MAT), se caracteriza por la presencia de una cobertera sedimentaria con un espesor de entre 1 y 1.5 s TWT (1.1-1.5 km). Esta cobertera sedimentaria no presenta rasgos de deformación significativa en los sedimentos previos al frente de deformación en la zona más septentrional (perfiles 204 y 205). Por el contrario, en la zona más occidental muestreada por los perfiles 202 y 203 (Fig. 8.2b y 8.2 c), se observa un fallamiento normal. Estos movimientos verticales parecen estar asociados a un reflector, basculado con un ángulo menor a  $10^\circ$  y que hemos identificado como el techo de la corteza, lo que implica una tectónica activa reciente. La justificación se basa en que la deformación de los sedimentos llega hasta las capas más someras de éstos. Estas fallas normales se prolongan en dirección N-S, al menos unos 10 km, observándose



con claridad en superficie en los datos batimétricos de alta resolución (Fig. 5.6, 106.4° W, 19.9° N). Un rasgo significativo es el menor desarrollo de la zona fallada en la zona sur. Estos movimientos verticales, cuyo origen lo hemos situado en el techo de la corteza y que afectan a los sedimentos más superficiales se han detectado fundamentalmente en la zona meridional (Fig. 8.2b y 8.2c, perfiles 202, 203). Sin embargo, la tectónica activa observada en los perfiles más septentrionales (Fig. 8.2d y 8.2e, perfiles 204 y 205), no parece afectar a las capas sedimentarias más superficiales, que a su vez muestran un paquete sedimentario mayor que en las secciones meridionales (perfiles 203 y 204). Esta actividad aparentemente se circunscribe al techo de la corteza oceánica, lo que visiblemente es debido a dos factores conjuntos, por un aparte un posible decaimiento de la actividad tectónica reciente, y una velocidad de sedimentación superior a la velocidad del hundimiento. Esta mayor tasa de sedimentación podría proceder en gran parte del cañón de Puerto Vallarta, bien definido en los datos batimétricos de alta resolución (Fig. 5.6), y cuya cabecera se detecta en el perfil 204.

Otra evidencia de la actividad tectónica reciente proviene del reflector BSR, ya que el fallamiento del techo de la corteza beneficiaría el escape de gas libre por expulsión tectónica del fluido, y que finalmente migraría en dirección a la fosa, favoreciendo la aparición de estos reflectores anómalos (Minshull, T., *personal communication*).

### **8.2.2 Estructura superficial: Dominio oceánico al este de la MAT**

En las proximidades de la fosa se observa cierto grado de deformación en todo el paquete sedimentario que varía de norte a sur. Así, si para el perfil 203 no se observa evidencia de deformación hasta llegar al prisma (Fig. 8.2c), donde se localizaría el frente de deformación, en el perfil 204 por el contrario se observa el frente de deformación 5 kilómetros al oeste de la fosa (Fig. 8.2d), y en el perfil 205 (Fig. 8.2e) a 15 kilómetros también al oeste de la fosa. Esta migración del frente de deformación hacia el noroeste, en tan sólo 12 kilómetros de distancia, pudiera indicar un cambio en la orientación de la subducción hacia el norte.



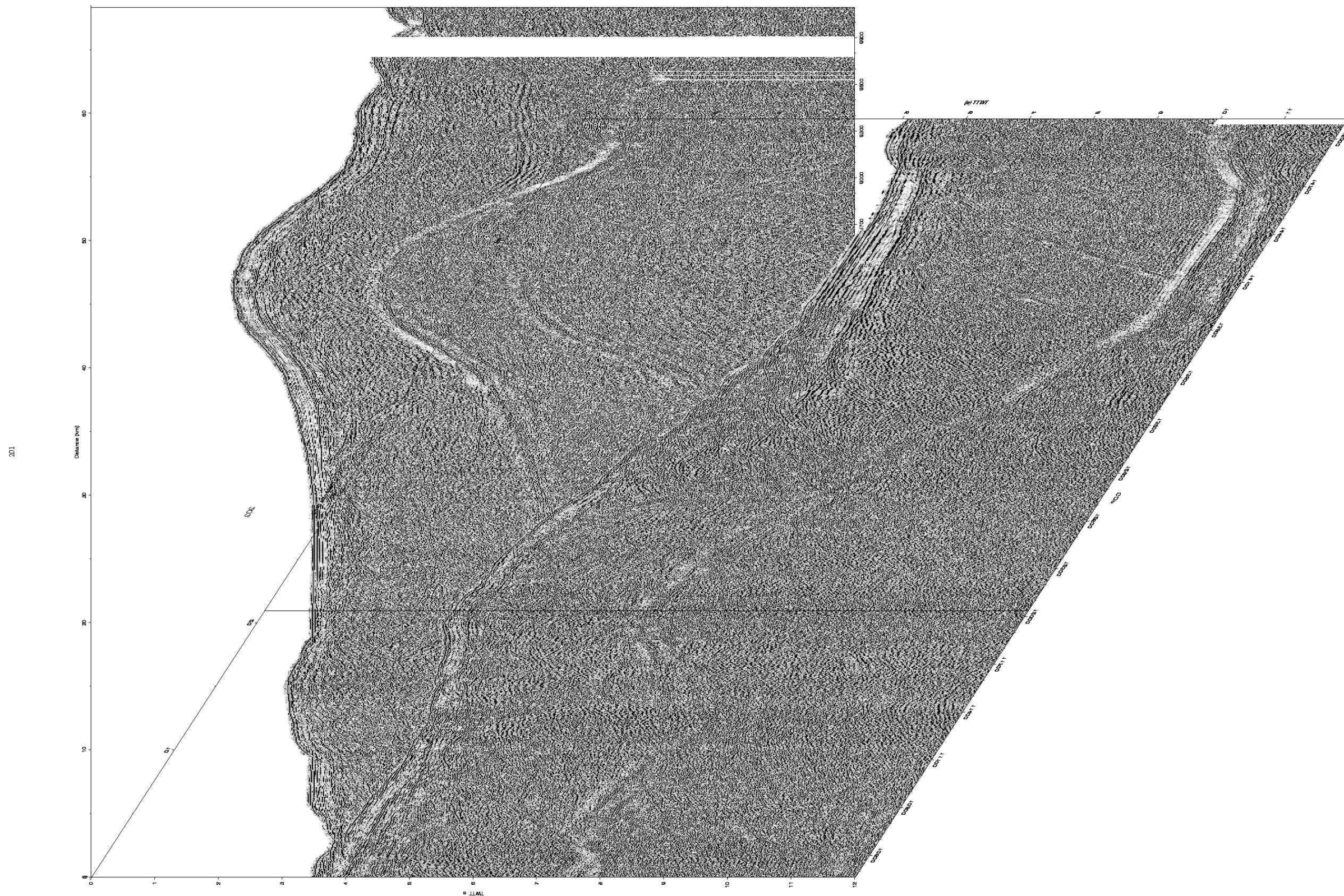


Fig. 8.3a: cruce de los perfiles 201 y 202.





**Fig. 8.3b:** *cruce de los perfiles 201 y 203.*

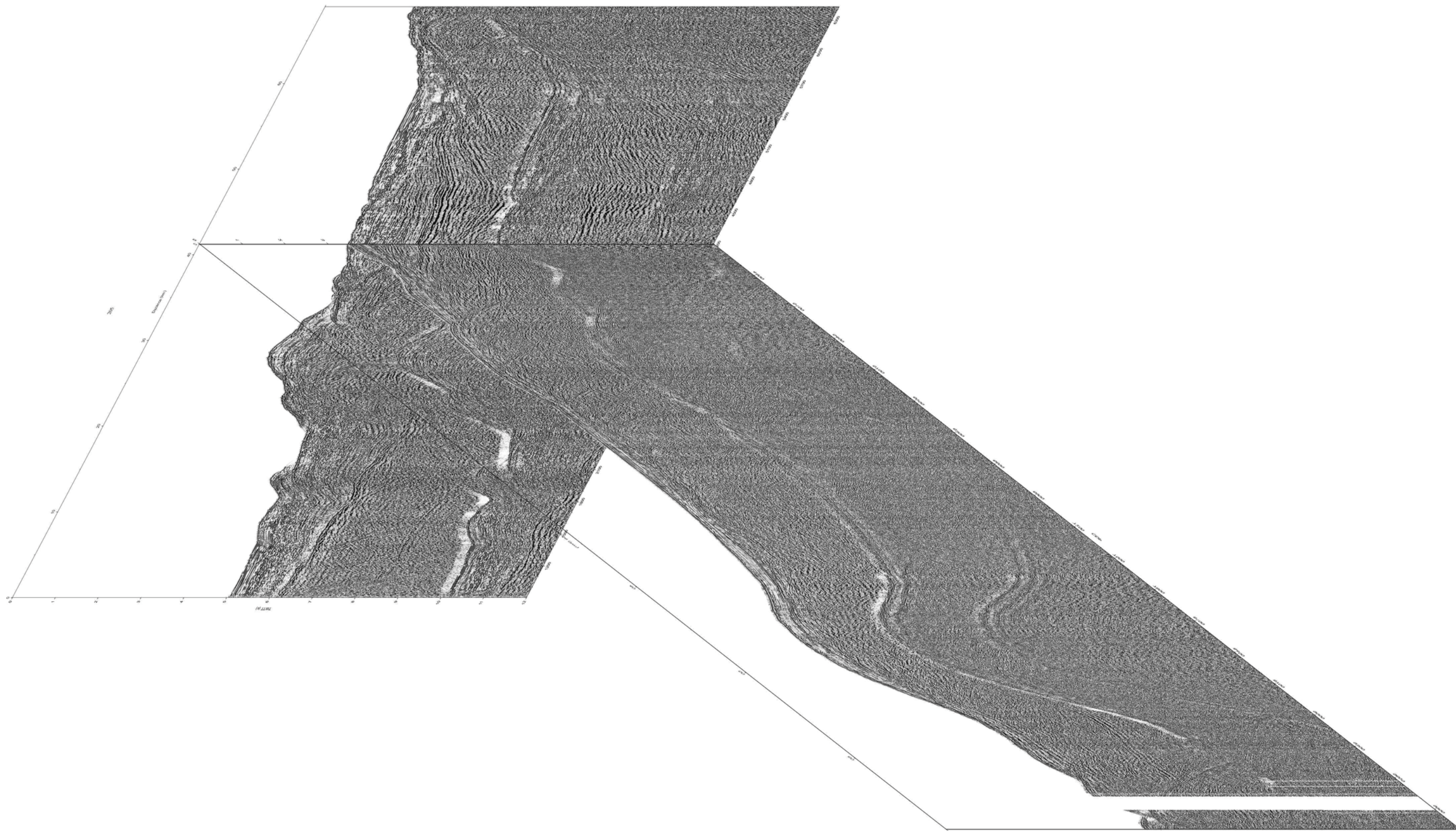




*Fig. 8.3c: cruce de los perfiles 201 y 204.*







**Fig. 8.3d:** cruce de los perfiles 201 y 205.





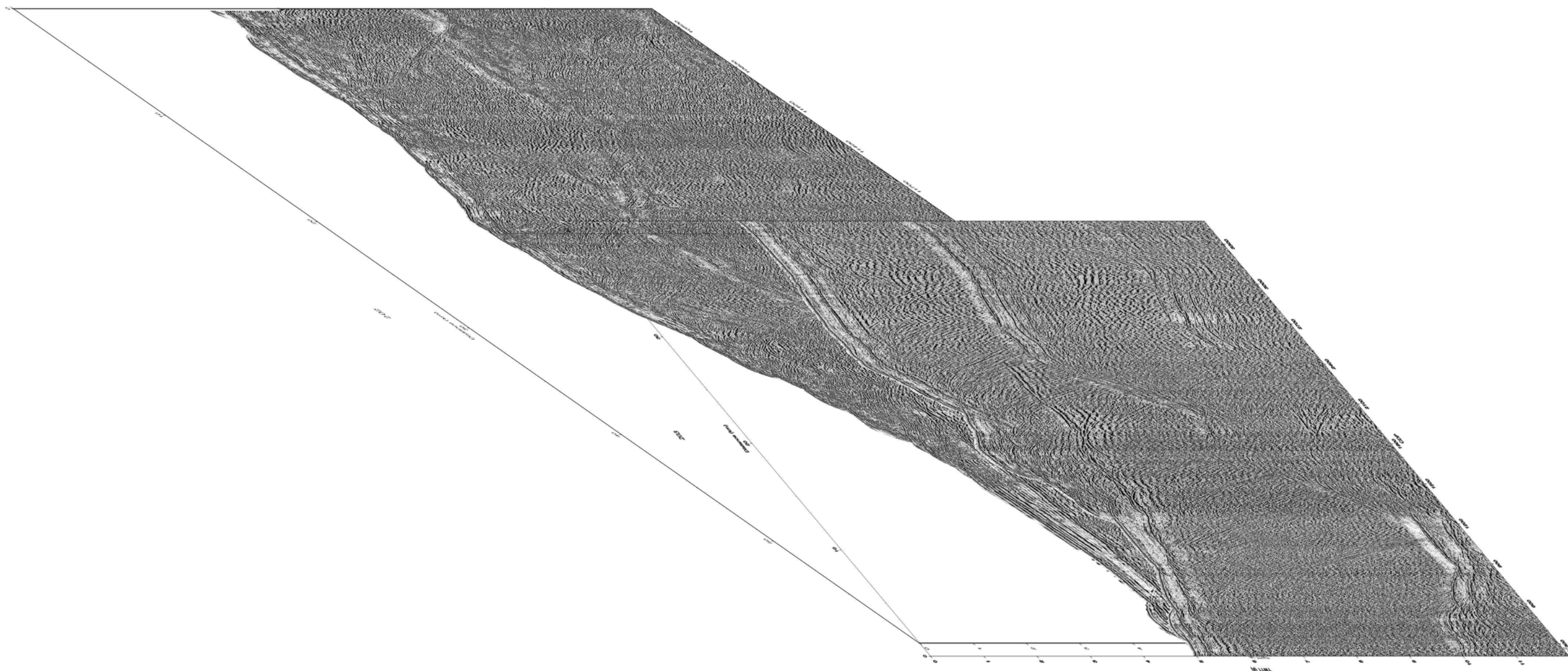
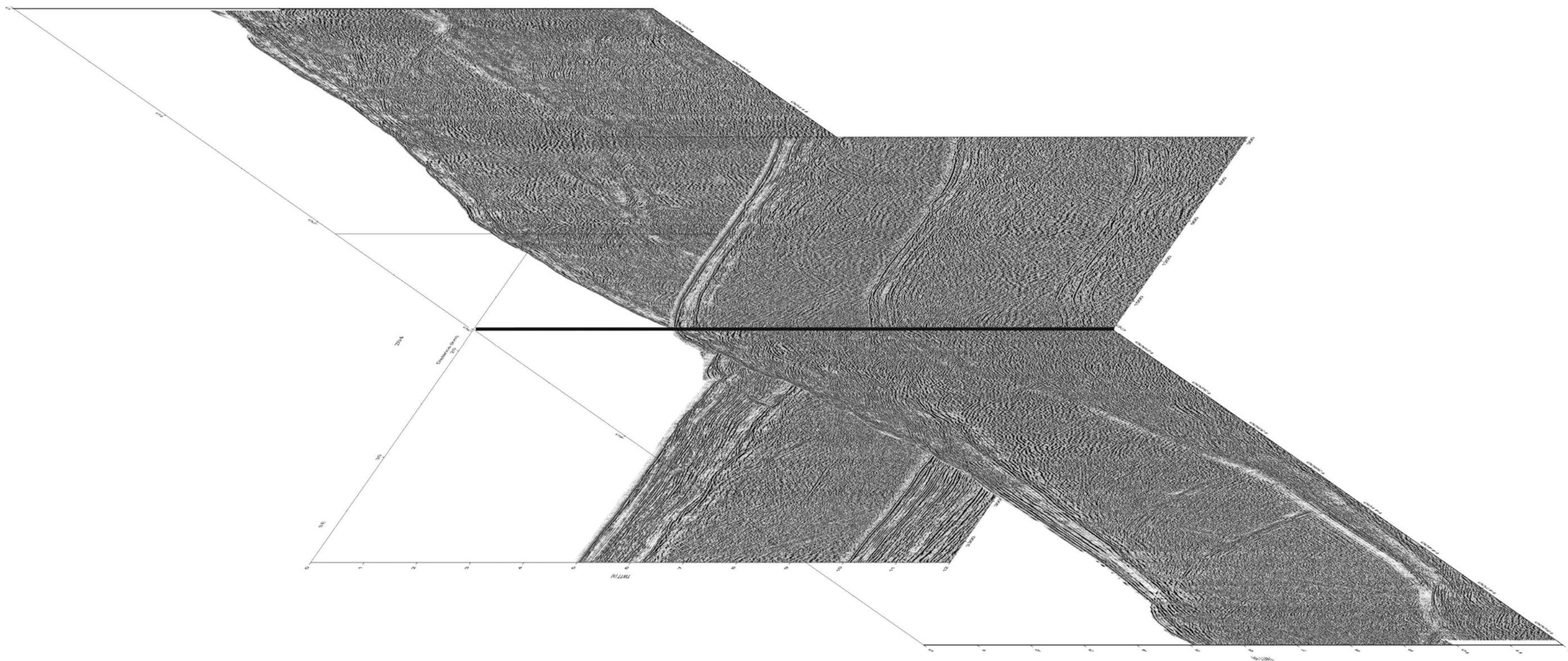


Fig. 8.3e: cruce de los perfiles 202 y 203.







**Fig. 8.3f:** cruce de los perfiles 202 y 204.





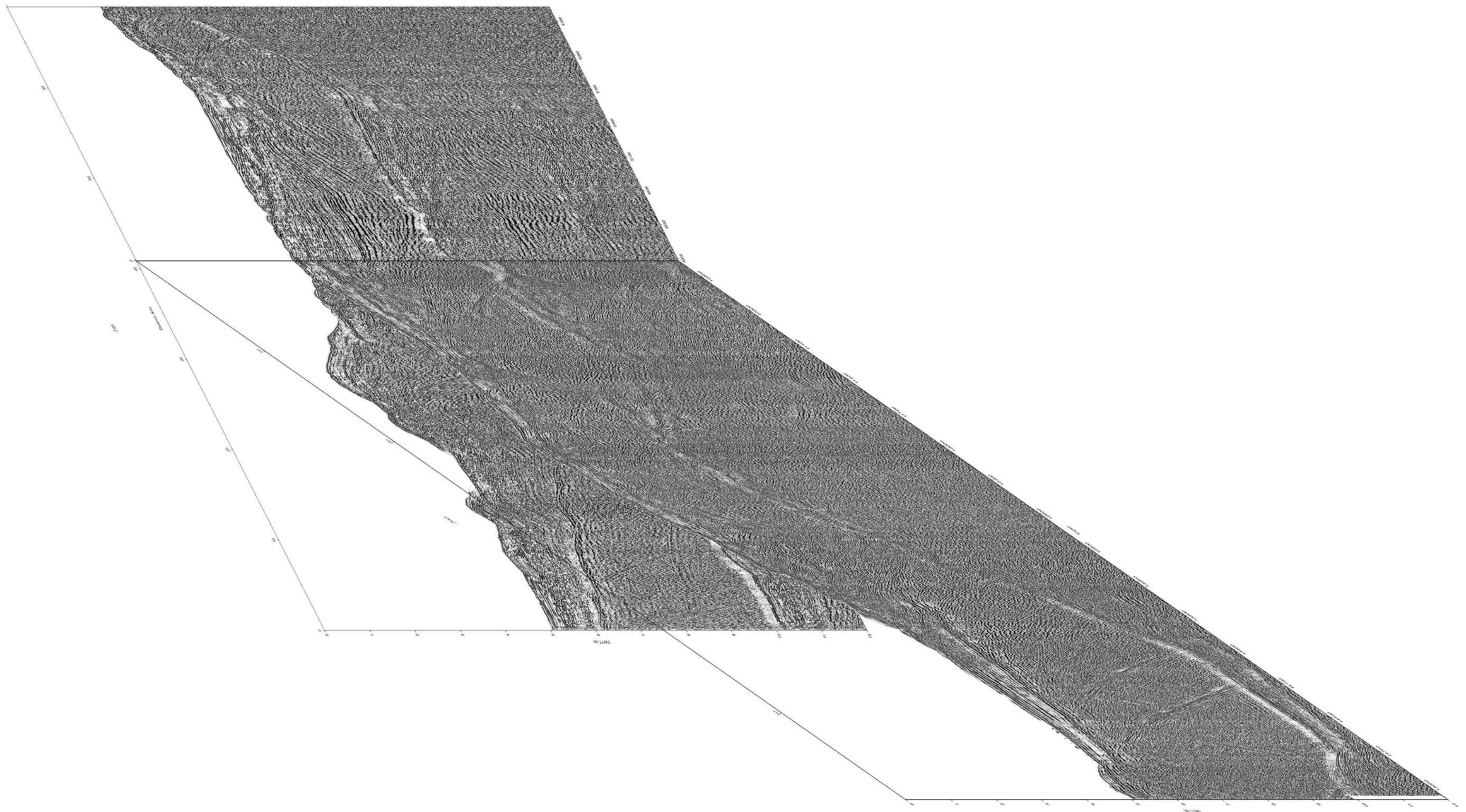


Fig. 8.3g: cruce de los perfiles 202 y 205.





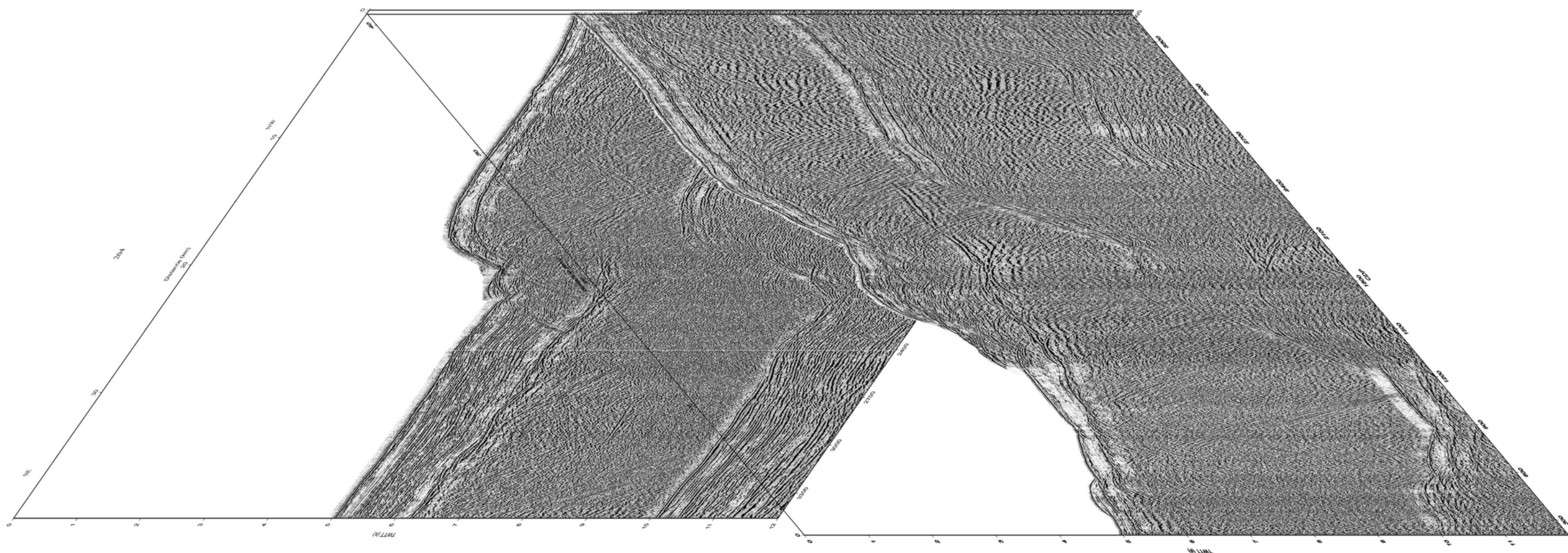


Fig. 8.3h: cruce de los perfiles 203 y 204.







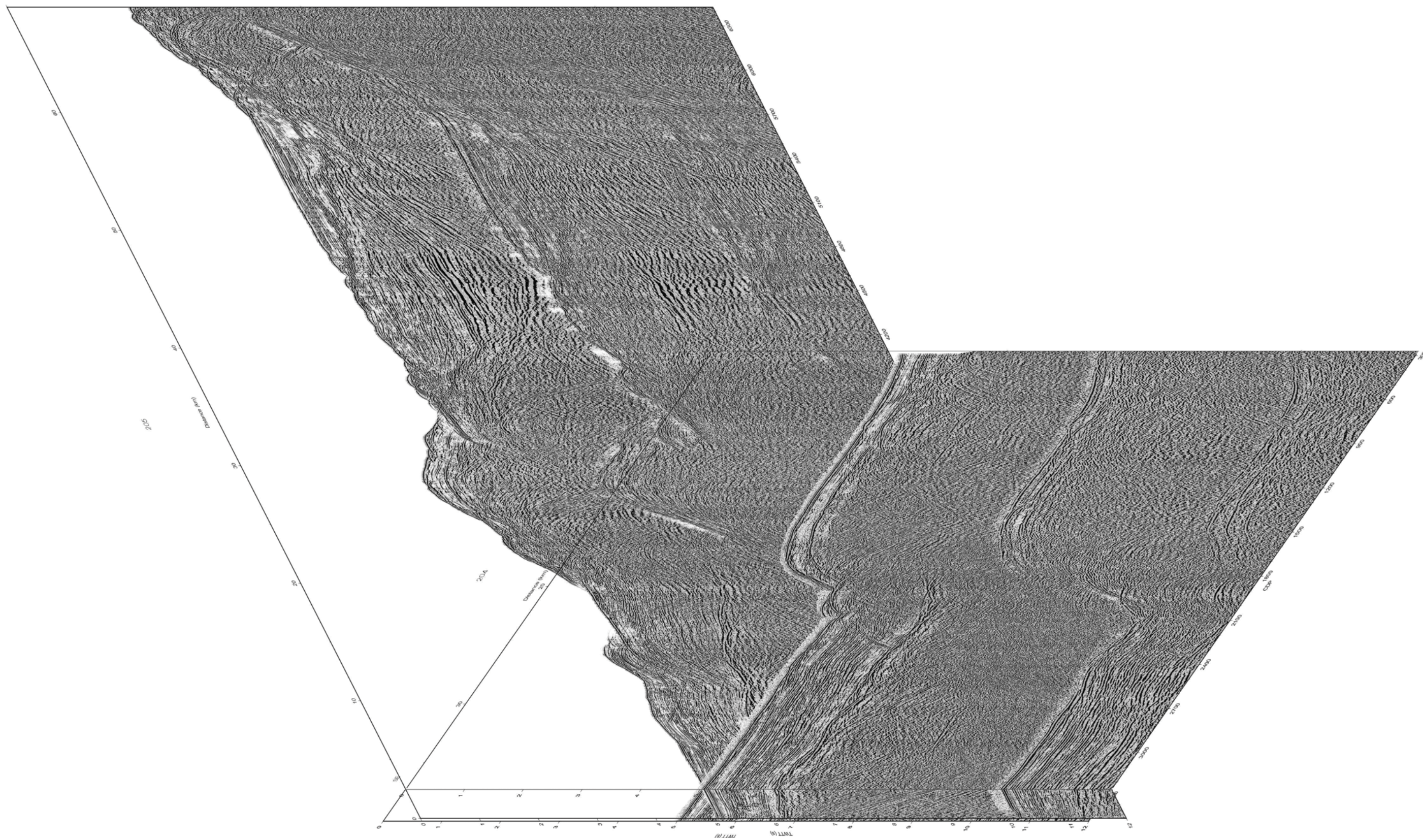


Fig. 8.3i: cruce de los perfiles 204 y 205.





**Figura 8.3: a-i:** Cruce de los perfiles de la red sísmica de Puerto Vallarta.

En la sección 205 (Fig. 8.2e) tenemos una visión prácticamente completa de lo que sería un margen activo. Se ha detectado, además de la fosa y el prisma de acreción, el límite del *backstop*. Este límite sería la zona de mayor rigidez sobre la cual se estaría levantando el complejo acrecional. Encontramos una cuenca de antearco (*forearc basin*) bien desarrollada sobre la cual se depositarían los sedimentos neógenos provenientes del continente. Se aprecian deslizamientos en el talud continental en el extremo este del perfil, muy cercano a la costa, concordando con los datos batimétricos (Fig. 5.3), donde se muestra una plataforma poco desarrollada en el bloque de Jalisco.

La morfología del prisma de acreción parece mantenerse a lo largo del margen, mientras su anchura y estratificación parece variar de norte a sur. Esta estratificación es posible detectarla en los primeros centenares de metros en las secciones 202 y 205, de ahí la formación del BSR en la plataforma y prisma de acreción, si embargo el reflector anómalo no es posible detectarlo hacia el exterior de la plataforma continental (inicio del talud) en los perfiles localizados más al sur (pe. Perfil 203, Fig. 8.2c). La anchura del prisma parece seguir la forma de una “copa de cava” (Fig. 8.4): mayor amplitud en el norte y el sur, estrechándose en su parte central.

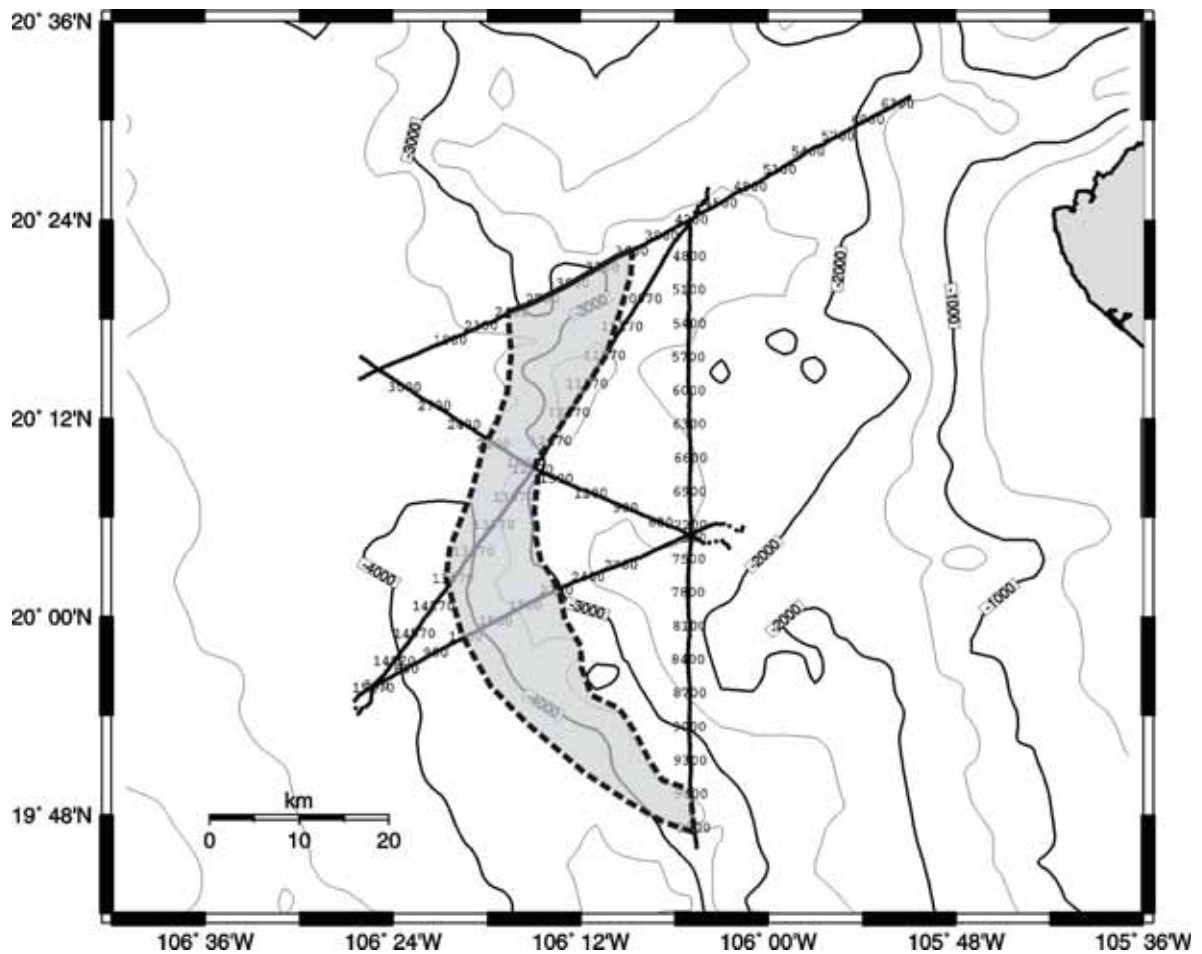
La estructura de la parte superficial en la sección longitudinal a la costa (perfil 201, Fig. 8.2a) nos revela una plataforma continental con un espesor de sedimentos que no superan los 0.5 s TWT (375 m), ligeramente por debajo del BSR. La localización del límite sur de la cuenca de antearco (CDP 5200), en el perfil 201, es un indicio de un cambio de régimen geodinámico al sur del perfil 205 (Fig. 8.2e), o cuando menos un cambio en la orientación de la subducción, como se ha mencionado en la sección precedente.

Al objeto de tener un control de calidad de las secciones procesadas, se ha efectuado un análisis de los puntos de cruce entre las secciones sísmicas (Fig. 8.3). Los puntos de corte se muestran en la Tabla VIII-I. Como puede observarse en las Figs. 8.3 a - 8.3 i, existe una correcta correlación entre todas las facies sísmica identificadas individualmente en los perfiles. Integrando estos datos con los batimétricos de alta resolución, se ha realizado una distribución en planta del complejo de acreción (Fig. 8.4) al oeste del Bloque de Jalisco.



PUNTOS DE CRUCE (# CDP) ENTRE LOS PERFILES		
201-202	201 : 4500	202 : 10200
201-203	201 : 7300	203 : 3400
201-204	201 : 7300	204 : 300
201-205	201 : 4500	205 : 4200
202-203	202 : 15150	203 : 300
202-204	202 : 12760	204 : 1700
202-205	202 : 10150	205 : 4200
203-204	203 : 3400	204 : 300
204-205	204 : 3250	205 : 1100

*Tabla VIII-I: Puntos de cruce entre las secciones sísmicas al oeste del Bloque de Jalisco.*



**Figura 8.4:** *Geometría y dimensiones del prisma de acreción en el oeste del Bloque de Jalisco.*

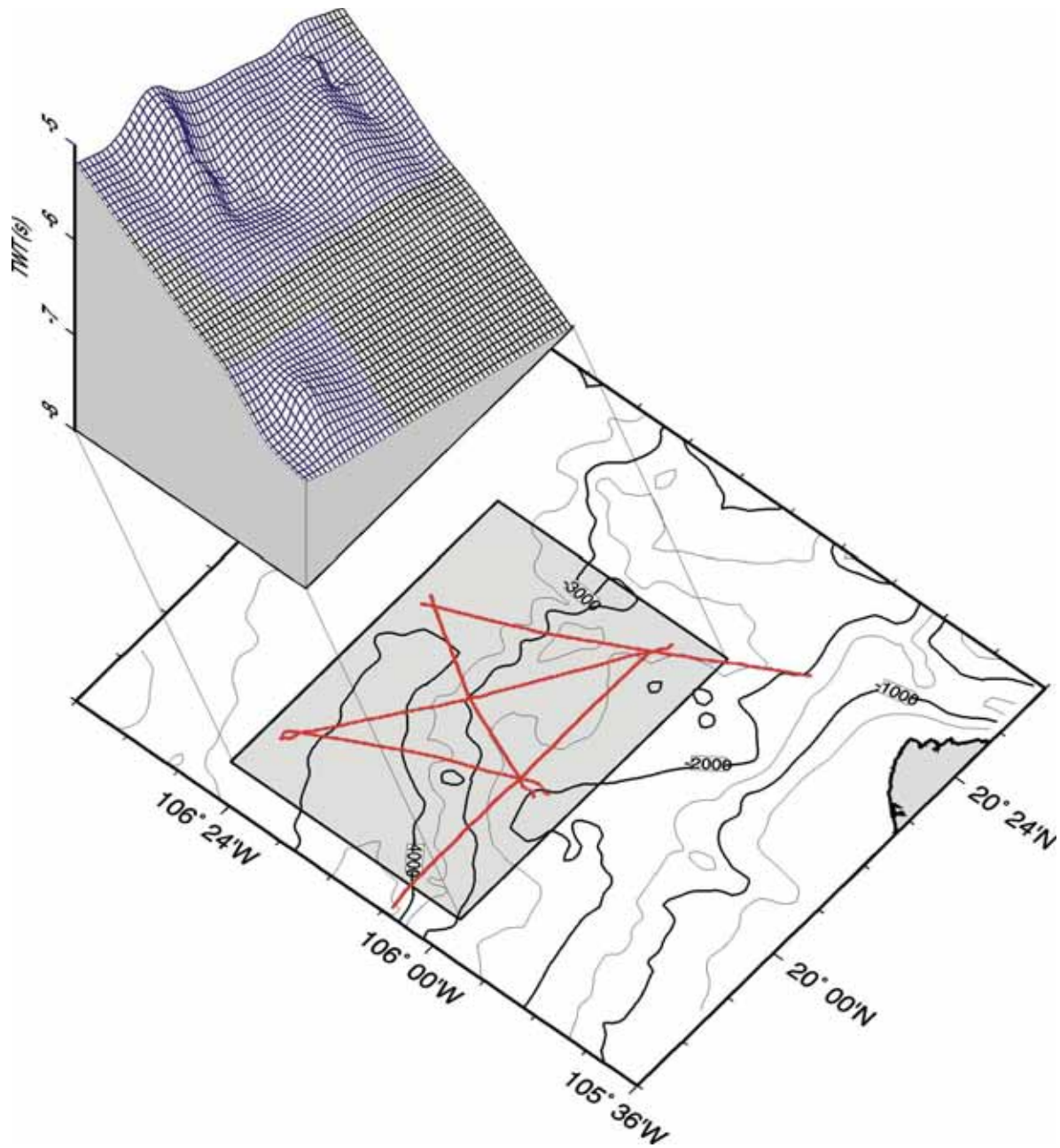
### **8.3 Estructura profunda**

En la totalidad de los perfiles analizados se puede observar con claridad, bajo una variable cobertera sedimentaria, un reflector de alta energía y gran longitud de onda con una importante continuidad lateral en la zona exterior al prisma de acreción que se ha interpretado como el techo de la corteza oceánica. Este reflector situado a algo más de 1.0 s (TWTT) presenta cierta deformación, sobretodo bajo el frente de deformación, que es donde colisionan las placas de Rivera con la placa Norteamericana. Así, en los perfiles 203 y 205 (Fig. 8.2c y 8.2e), ortogonales a la fosa, se observa una deformación diferente al Norte (perfil 205), y al Sur ya comentada en la sección superficial. El techo de la corteza buza suavemente hacia el continente, como efecto de la subducción, y en el perfil más meridional (perfil 203) este reflector se puede continuar durante más de 20 km, adentrándose bajo el prisma de acreción (Fig. 8.2c). En los perfiles 202 y 204 (Figs. 8.2b y 8.2d) debido a su oblicuidad respecto de la fosa, se observa durante una mayor distancia el techo de la corteza oceánica, y como en el caso de los perfiles ortogonales se observa nuevamente la diferencia Norte Sur en la deformación. Bajo este reflector y a una profundidad media de 1 s (TWTT), se detecta un cambio significativo en la señal sísmica, que podría ser debido a un límite difuso entre la corteza superior e inferior. Además, en estos perfiles se aprecia de manera más aparente, un fuerte reflector discontinuo situado a unos 2.5 s (TWTT) por debajo del fondo oceánico, que hemos interpretado como la discontinuidad del Moho oceánico. Esta discontinuidad, al igual que la estructura de la corteza observada en las imágenes de la sísmica multicanal es compatible, con un modelo de corteza deducido a partir de OBS (Dañobeitia y otros, 1997; Dañobeitia y otros, 1998) desplegados a lo largo de estos mismos perfiles, y que muestra un espesor cortical promedio para la placa de Rivera de unos 6 km, con la significación de un contraste de velocidades entre la corteza superior e inferior. Igualmente los datos gravimétricos mostrados en el capítulo 6 concuerdan con las interpretaciones generales de la corteza oceánica de la Placa de Rivera. Hay que hacer notar que en las interpretaciones (Figs. 6.2, 6.3 y 6.4) gravimétricas se ha incluido una capa de baja velocidad (3.5 a 3.9 km/s) bajo el



prisma de acreción. Esto no es obvio en la sísmica multicanal, pero sí es compatible con los modelos de corteza (Fig. 2 de Dañobeitia y otros, 1997), y la interpretación más plausible es que parte de los sedimentos acrecionados subducen solidariamente con la placa oceánica, como se ha constatado en otros márgenes activos del continente Americano (Sallarés y otros, 1999, 2001).

La clara detección del techo de la corteza, en el exterior del prisma de acreción, nos ha permitido digitalizar de las secciones las profundidades en doble tiempo de recorrido de este reflector, al objeto de visualizar la geometría de la superficie superior de la corteza oceánica de la placa de Rivera. En algunos casos, no tenemos evidencias claras del techo de la corteza, y por tanto hemos aplicado un algoritmo (*nearneighbour*) de extrapolación (detalles en el capítulo 5), con lo que finalmente se ha realizado una imagen 3-D (Fig. 8.5). La Figura 8.5 muestra algunos rasgos que merecen destacar, así se observa una topografía significativa en lo que hemos denominado frente de deformación, como ya se había apuntado en los perfiles individuales, un buzamiento evidente hacia el continente que está entorno a los  $8^{\circ} \pm 2^{\circ}$  y que concuerdan con los datos de sismicidad (detalles, capítulo 7), y una reveladora tendencia del plano de subducción hacia el Norte, como ya se había apuntado en el apartado 8.2. Esta indicación de un buzamiento hacia el norte, aunque inferior al ortogonal a la fosa, no se muestra en ninguno de los mapas tectónicos publicados, incluso en la cartografía más detallada esta zona se deja como una zona difusa, donde no se sabe muy bien como finaliza la subducción. Nosotros sugerimos, con algunas reservas, esta posibilidad de continuidad de la subducción hacia el norte, que podría explicar la elevación actual a las que están sometidas las islas Tres Marías, y donde en la sección 9, hemos deducido una compleja estructura cortical de espesor superior que la oceánica generada en la dorsal pacífica (EPR). No obstante, se necesitaría estudios de mayor precisión para constatar esta incipiente subducción hacia el norte.



**Figura 8.5:** Bloque 3D del techo de la corteza en la red sísmica de Puerto Vallarta. Se identifican dos tendencias a la subducción, una en dirección oeste y otra menos abrupta en dirección norte. En azul, donde existen datos. En negro, resultado de la extrapolación.



