

Prácticas eficientes de modelización numérica y obtención de imágenes para ayudar en el diseño y la interpretación de la adquisición marina

Milos Cvetkovic^{1*}, Carlos Calderón-Macías¹, Paul Farmer¹ y Giles Watts² presentan prácticas robustas de modelización sísmica y obtención de imágenes para evaluar los parámetros de diseño de las prospecciones y cómo afectan en la construcción del modelo de velocidad, la obtención de imágenes y la interpretación.

La modelización sísmica constituye una parte importante de los flujos de trabajo de la exploración sísmica y el desarrollo de los campos, ya que ayuda a los geofísicos a entender mejor los datos, los modelos y los algoritmos a través de experimentos sísmicos controlados. Estos tienen un gran valor tanto para reducir los riesgos de la exploración como, cada vez más, para proporcionar los conjuntos de datos de la mejor calidad para utilizarlos en el desarrollo de los campos y para maximizar las reservas recuperables. Tanto los avances graduales como los escalonados de las tecnologías de adquisición, procesamiento y construcción de modelos han estado precedidos por estudios de modelización sísmica bien diseñados. Se ha realizado mucha investigación y desarrollo de la ecuación de las ondas y de la Migración en Tiempo Inverso (RTM, por sus siglas en inglés) utilizando los modelos sintéticos de sales 2D y 3D de SEG/EAGE. El trabajo de modelización e iluminación de BP para los campos Mad Dog y Atlantis

del golfo de México condujo al desarrollo de las adquisiciones nodales de Azimut Amplio con Cable Remolcado (WATS, por sus siglas en inglés) y de Azimut Amplio (WAZ, por sus siglas en inglés). Esa nueva generación de geometrías de adquisición marina 3D proporcionó un mejor muestreo azimutal, dirigido a mejorar la supresión de múltiples, mejorar la iluminación (Regone, 2007) y mejorar la actualización de los modelos tomográficos. Los modelos anisótropos de sales presentados por Billette y Brandsberg-Dahl (2005) se utilizaron para inversiones y migraciones anisótropas VTI de velocidad de referencia, demostrando los beneficios de la captación de imágenes de buzamientos pronunciados con la RTM.

La interpretación de imágenes sísmicas en contextos geológicos complejos todavía es una tarea difícil. La Figura 1 muestra una imagen RTM de datos 2D sintéticos con una impronta de una sección de reflectividad compuesta por una cuadrícula regular de semicírculos. La imagen ilustra algunos

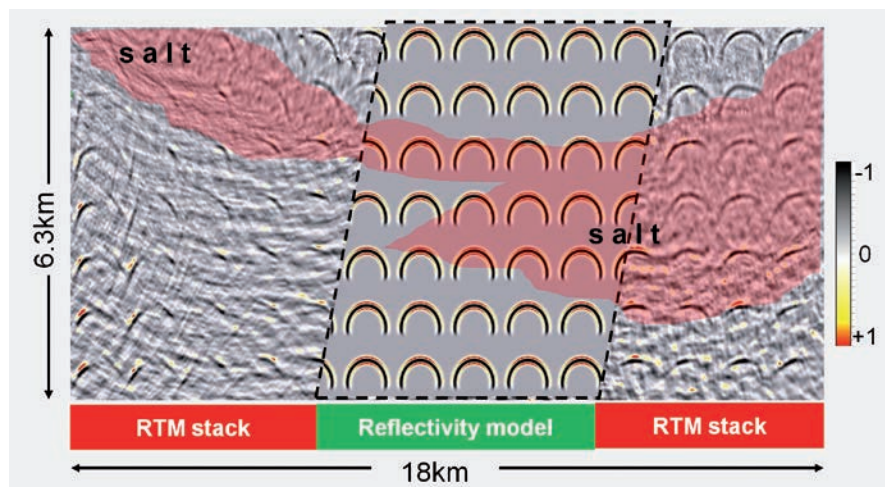


Figura 1 Presentación "mezclada" de un modelo de reflectividad y un apilado RTM de datos sintéticos usada para demostrar los efectos combinados de varios parámetros de adquisición en la obtención de imágenes y la interpretación subsal ("¿cómo de mala pueden ser?")

¹ ION Geophysical - GEOS-Innovation, Houston, Texas, Estados Unidos.

² Watts Geoscience Consultants, Dorchester, Inglaterra, Reino Unido.

* Correo electrónico del autor de contacto: Milos.Cvetkovic@iongeo.com

Modelización/Interpretación

de los problemas observados en la interpretación subsal: una mala iluminación y una baja relación señal/ruido, dando lugar a un elevado nivel de incertidumbre y a la distorsión del campo de ondas.

Con las nuevas capacidades informáticas y el ajuste de los algoritmos de diferencias finitas, crear datos sintéticos de alta fidelidad sobre grandes áreas se ha convertido en la elección preferida para modelizar sismogramas sintéticos que imiten a la tierra real (Stork, 2013). Aquí presentamos un flujo de trabajo simple y eficiente que utiliza la modelización de diferencias finitas y la RTM para evaluar las geometrías de adquisición y para refinar las prácticas de construcción de modelos de velocidad para la obtención de imágenes y la interpretación. Aunque nuestro flujo de trabajo se puede aplicar en 3D, a menudo utilizamos la rápida respuesta de la modelización y la obtención de imágenes 2D, que son suficientes para evaluar algunos de los parámetros más importantes para el diseño de la adquisición, con la ventaja de que se pueden explorar muchos escenarios en un tiempo de computación relativamente corto. El análisis de esos resultados podría dar lugar a un flujo de trabajo completo de modelización y obtención de imágenes 3D que se centraría entonces en los aspectos 3D.

Después de describir nuestro flujo de trabajo, mostramos un ejemplo de modelización como una herramienta para el diseño eficiente de la adquisición, seguido de un estudio sintético para ayudar a la interpretación en presencia de complejos cuerpos de sal.

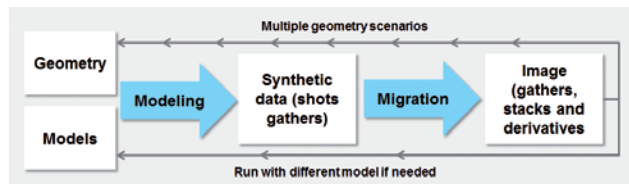


Figura 2 Flujo de trabajo de modelización y migración. En 2D, se pueden probar varios diseños geométricos analizando las imágenes migradas y las colecciones de ángulo común. Los modelos también se pueden modificar para evaluar diferentes escenarios.

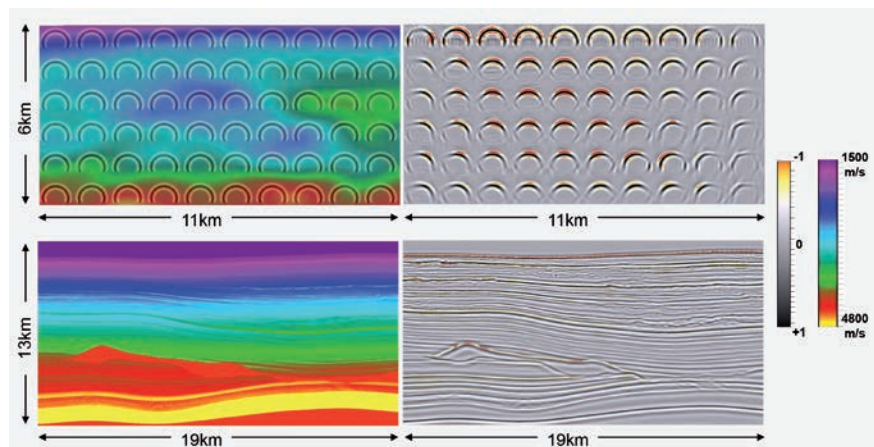


Figura 3 Partes de los flujos de trabajo de modelización y migración. Modelización de Born (parte superior): modelo de velocidad superpuesto por los modelos de reflectividad (izquierda) utilizados en la etapa de modelización para crear datos sintéticos que después se migran con RTM para generar una sección apilada (derecha). Modelización de diferencias finitas (parte inferior): modelo de velocidad (derecha) utilizado tanto para la modelización como para el resultado de la imagen apilada RTM (derecha).

Flujo de trabajo eficiente de modelización sísmica

Nuestro flujo de trabajo utiliza diferencias finitas acústicas con una densidad constante para las fases tanto de modelización como de obtención de imágenes (Figura 2). Para algunas de las pruebas, utilizamos la teoría de la dispersión simple para calcular sismogramas sintéticos, simplificando así la interpretación de los resultados captados. En nuestra implementación de este tipo de modelización (también descrita como modelización de Born), el campo de ondas se modeliza utilizando un propagador acústico de diferencias finitas y un modelo de reflectividad cuadrículado. Este método de modelización de dispersión simple evita que se generen reflexiones múltiples internas y es coherente con la teoría básica de la dispersión simple de los algoritmos de migración estándar. Debido a que nuestro propagador soporta la propagación del campo de ondas en dos direcciones, nuestro método también permite una propagación más compleja que la ecuación de las ondas unidireccional o la modelización de rayos, como la propagación de alto ángulo y las llegadas multitrayectoria. Este tipo de modelización es particularmente adecuado para los estudios del diseño de la adquisición y la iluminación, ya que la reflectividad se desacopla del modelo de velocidad. Para realizar simulaciones más realistas donde haya una relación más estrecha entre la complejidad de la velocidad y la reflectividad, utilizamos una modelización acústica completa de diferencias finitas (Figura 3).

En todos los resultados de las pruebas que aquí se muestran, los disparos sintéticos se migran con RTM. Para analizar e interpretar los resultados sintéticos, se generaron tanto las imágenes RTM completas como las colecciones de ángulo (nuestras colecciones de ángulo se derivan de colecciones de diferencia de tiempo (Sava y Fomel, 2006)). Dado que estamos interesados en evaluar las geometrías para experimentos integrados de exploración sísmica, consideramos que las imágenes parciales son una parte crucial del flujo de trabajo para el trabajo de interpretación de la velocidad.

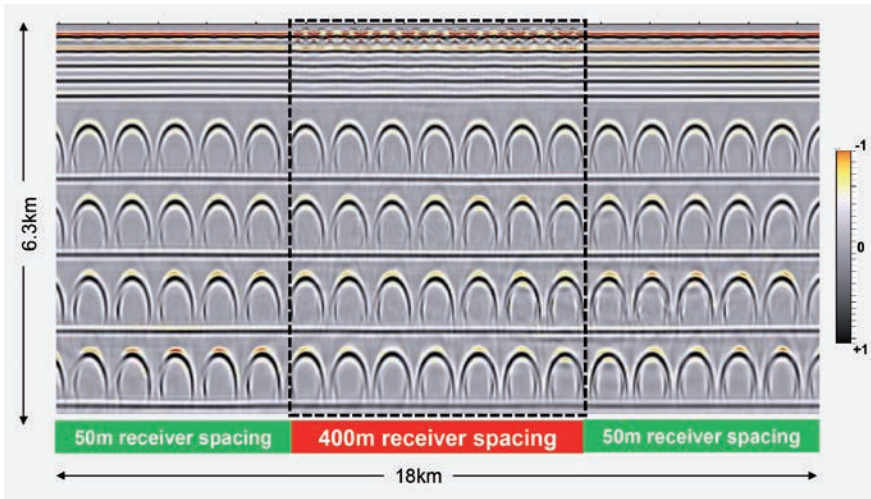


Figura 4 Presentación “mezclada” de las imágenes RTM finales de dos escenarios de adquisición diferentes. La sección media corresponde a un espaciado entre receptores de 400 m (destacado con la línea rectangular discontinua), mientras que el resto de la sección es un apilado RTM generado con un espaciado de receptores de 50 m. Un muestreo entre receptores más grueso produce una imagen peor de la serie de reflectores someros, mientras que la imagen profunda es casi idéntica.

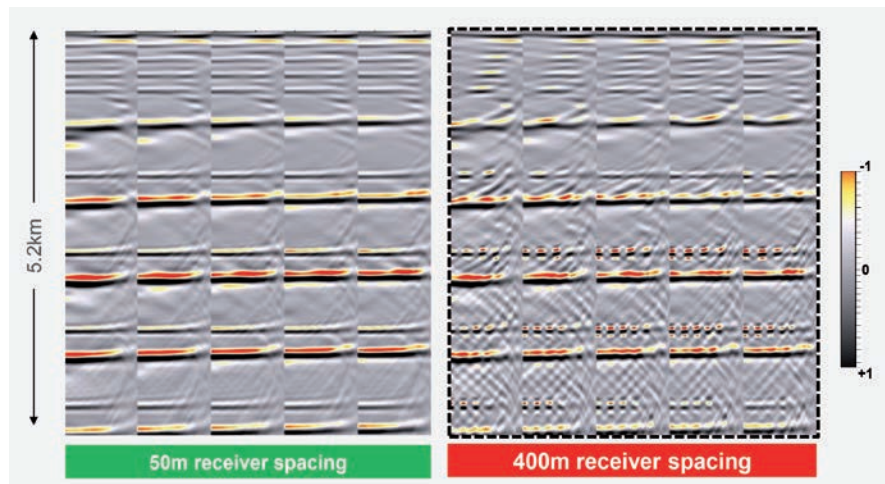


Figura 5 Colecciones de ángulos RTM de dos escenarios de adquisición diferentes. La presentación izquierda corresponde a un espaciado entre receptores de 50 m, mientras que la sección de la derecha es de una geometría de espaciado de receptores de 400 m (marcada por la línea discontinua).

En el flujo de trabajo que proponemos utilizamos modelos de velocidad derivados de datos de campo y/o modelos de velocidad construidos de manera sintética. Para obtener las medidas de diseño generales de una prospección, utilizamos modelos relativamente simples en 2D. Recientemente, L’Heureux y Etgen (2013) y Thatcher et al. (2013) han presentado modelos informáticos sintéticos de alta resolución dirigidos de manera geológica y geoestadística con elementos estratigráficos a escala de yacimiento. Para el caso de objetivos con información previa fiable, como las cuencas en una fase de desarrollo, el modelo sintético debe incluir esta información, pero tratando de no influir en la selección de parámetros con un elevado nivel de detalle que podría no ser alcanzable de modo realista.

Estudios de modelización para ayudar en el diseño de la prospección

La utilidad de nuestro método se ilustra en primer lugar sobre un estudio de iluminación marina somera que hemos utilizado para recomendar una prospección de adquisición

de datos reales. Aquí, el objetivo principal era determinar los parámetros críticos del diseño de la adquisición en términos de limitaciones de una geometría OBC inline previamente adquirida. Para la mayoría de los estudios de iluminación, utilizamos por defecto un modelo isótropo. El modelo se derivó a partir de la tomografía de reflexión realizada sobre un conjunto de datos reales alrededor de la zona del proyecto. En esta prueba utilizamos la modelización de Born. La reflectividad consiste en una serie de cuerpos semicirculares y reflectores planos con la intención de evaluar la iluminación cerca de la superficie, así como la cobertura de ángulo por todo el modelo. Los semicírculos son convenientes para analizar la iluminación, ya que pueden proporcionar información acerca de los buzamientos captados desde 0° en la parte superior hasta 90° en los bordes. El radio de los semicírculos es de 250 m, adecuado para la resolución esperable a la que se dirige el proyecto.

Debido a la rápida respuesta de la modelización 2D, simulamos múltiples variaciones de geometrías marinas superficiales. Probamos diferentes valores geofísica y

Modelización/Interpretación

operacionalmente realistas y no realistas de offsets máximos adquiridos, la falta de offsets cercanos, muestreo de fuente y receptor, longitudes de registro, así como disparo simultáneo e idoneidad de los datos para los algoritmos de regularización e interpolación (Cvetkovic et al., 2013). La Figura 4 muestra una representación mezclada de las imágenes RTM finales de dos escenarios de adquisición diferentes. La representación de la parte media corresponde a un espaciado de receptores de 400 m, mientras que los paneles de los extremos utilizan una separación de receptores de 50 m. En la figura

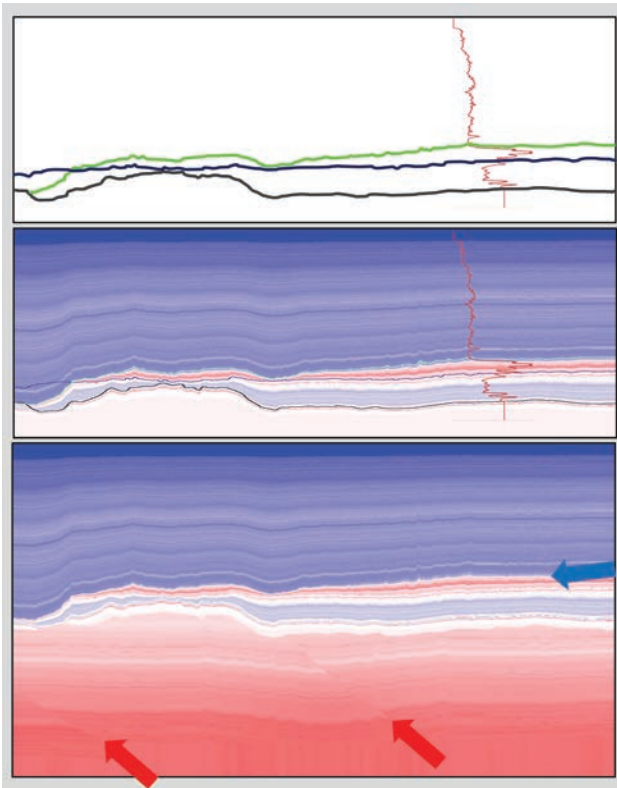


Figura 6 Pasos para construir un modelo de velocidad 2D realista del mar del Norte. La representación de la parte superior muestra la diagragía sónica P (curva roja) y tres horizontes clave (verde - techo de la creta, azul oscuro - base de la creta y negro - basamento); el panel medio muestra el modelo de velocidad creado a partir de los datos de pozo y de la interpretación disponible; el panel inferior muestra el modelo de velocidad completo de las ondas P con las tendencias de velocidad y las estructuras insertadas "artificialmente" en la sección más profunda. La flecha azul indica el techo rugoso de la creta, mientras que las flechas rojas apuntan a las fallas del basamento introducidas para añadir realismo.

observamos que un muestreo de receptores más grosero produce una imagen peor de los reflectores someros, pero conforme aumenta la profundidad el muestreo más grosero se aproxima a la calidad de la imagen del caso de separación de receptores de 50 m. Sin embargo, si analizamos más el resultado de la imagen parcial en forma de colecciones de ángulos RTM (Figura 5), observamos que el espaciado de receptores más grosero muestra una fuerte huella de adquisición tanto en los reflectores someros como en los profundos que representaría problemas para la estimación de la velocidad y para el análisis relacionado con la amplitud.

En base a los hallazgos de este estudio, seleccionamos una separación crossline de receptores de 200 m como una solución rentable que no comprometía la construcción del modelo y la obtención de imágenes. A continuación, se utilizaron ese y otros parámetros "adaptados" del análisis 2D para una prueba de modelización 3D para designar geometrías OBC y OBN sobre toda la zona de interés.

Nuestro segundo caso de prueba imita un contexto geológico del mar del Norte con el objetivo principal de optimizar un diseño de adquisición que produzca imágenes adecuadas de minicuecas por debajo de una capa de alta velocidad de creta delgada y rugosa (Lie et al., 2011; Jones, 2013). El modelo incorpora los registros sísmicos de las ondas P y varios horizontes objetivo interpretados. Extrapolamos los perfiles de velocidad a lo largo de los horizontes 3D para producir un modelo lateralmente heterogéneo. A continuación, utilizamos un horizonte del fondo del agua muy detallado para insertar la capa de agua. Las partes más profundas del modelo (> 200 m) se basaron en las tendencias regionales de dichas profundidades. Dado que nos interesa obtener imágenes estructurales profundas, se añadieron varias fallas dentro del basamento (Figura 6). Las variaciones verticales y laterales que representan rasgos estructurales y estratigráficos introducidas en el modelo son útiles para estudiar el contenido en frecuencias de las imágenes migradas.

Modelizados los datos con la modelización acústica de diferencias finitas seguida de la obtención de imágenes RTM. Se evaluaron la efectividad de varios espaciados de fuente y receptor y los offsets máximos útiles para la construcción del modelo de velocidad analizando imágenes RTM completas y parciales. La Figura 7 muestra los efectos del muestreo de datos sobre la obtención de imágenes, donde se observa que

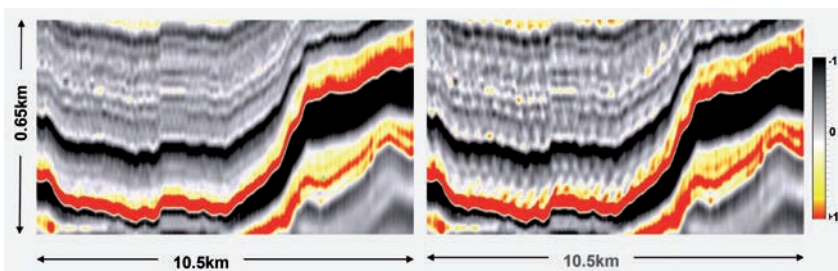


Figura 7 Imagen RTM de datos sintéticos simulados con el modelo de velocidad 2D del golfo de México. Comparación entre un espaciado de receptores de 200 m (izquierda) y 350 m (derecha). El muestreo más grosero comprometió notablemente la imagen.

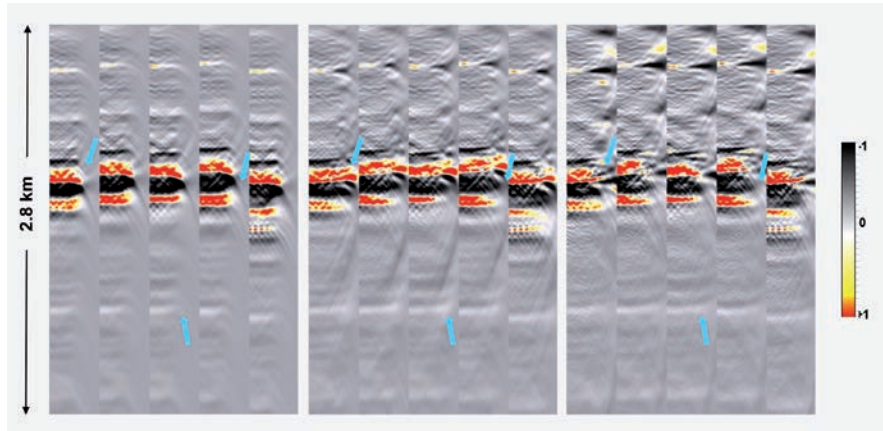


Figura 8 Colecciones de ángulo RTM de datos sintéticos simulados con un modelo de velocidad 2D. Comparación entre 2000 m (izquierda), 4000 m (centro) y 8000 m (derecha) de offset máximo adquirido.

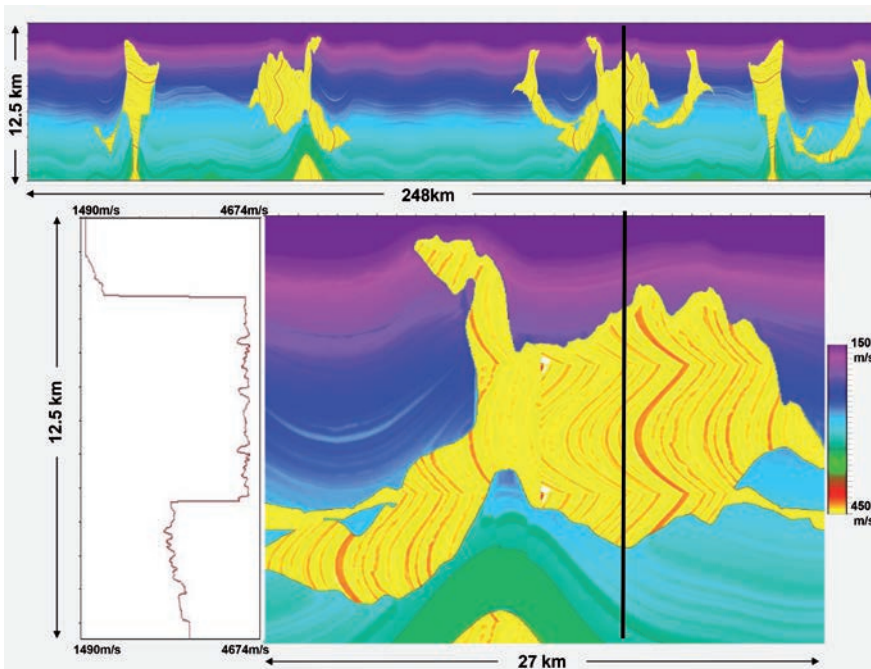


Figura 9 Modelo SEAM 2D LONG. La parte superior muestra el modelo de velocidad 2D completo modificado a partir del modelo SEAM 3D original, mientras que las representaciones de la parte inferior son una sección ampliada del modelo (derecha) y un perfil de velocidad (izquierda) de la localización indicada por la línea negra.

los niveles de ruido y la huella aumentan con las mayores separaciones entre receptores. Modelizamos y procesamos valores de espaciados entre receptores desde 50 m hasta 400 m con incrementos de 25 m (15 escenarios geométricos). En base a la calidad de la imagen final y las colecciones de ángulos, estimamos que las separaciones de receptores entre 200 m y 250 m serían óptimas para preservar la continuidad de los elementos estratigráficos del modelo, lo cual utilizamos para establecer un límite de una separación crossline hipotética de cable de receptores. Las separaciones de receptores que excedían los 300 m produjeron imágenes finales con una calidad peor en la sección somera. Un espaciado de fuentes de 50 m produjo resultados muy similares a los obtenidos con un espaciado de 25 m, con espectros de amplitud muy similares (no se muestran por brevedad). Para la construcción del modelo y la obtención de imágenes, en esta investigación se recomiendan

4000 m de offset máximo, ya que un offset máximo menor en el rango de los 2000 m a los 3000 m daña las partes más profundas de la sección, con consecuencias para la interpretación de la velocidad. Offsets inline más largos no contribuyen a mejorar la imagen en la profundidad objetivo, pero podría aumentar el rango de profundidad para la construcción del modelo en particular. El uso de la modelización y la obtención de imágenes 2D con una complejidad realista del modelo, el esquema propuesto para el diseño de la prospección supera las medidas más simples, como los mapas de cobertura y número de trazas (Stork, 2011).

Estudio de un caso de interpretación de sal

Una importante aplicación de la modelización sísmica con diferencias finitas corresponde a ganar experiencia para interpretar imágenes migradas en geologías complejas, como

Modelización/Interpretación

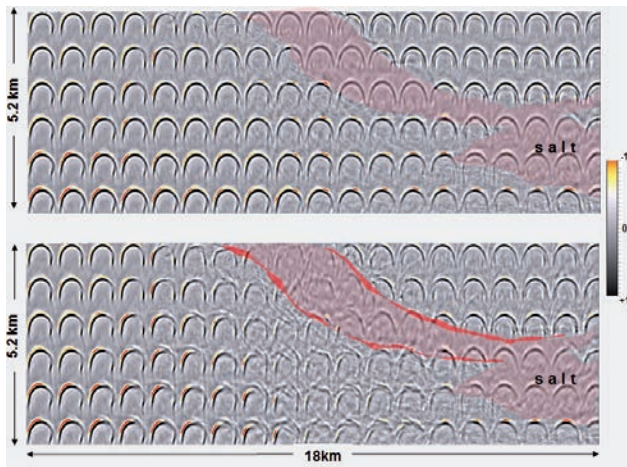


Figura 10 Efectos de los errores de la interpretación del cuerpo de sal. Apilado RTM con el modelo de velocidad real (parte superior) y apilado RTM con errores en la interpretación de los flancos de la sal (parte inferior). Las partes de color rojo oscuro del cuerpo de sal representan flancos interpretados incorrectamente.

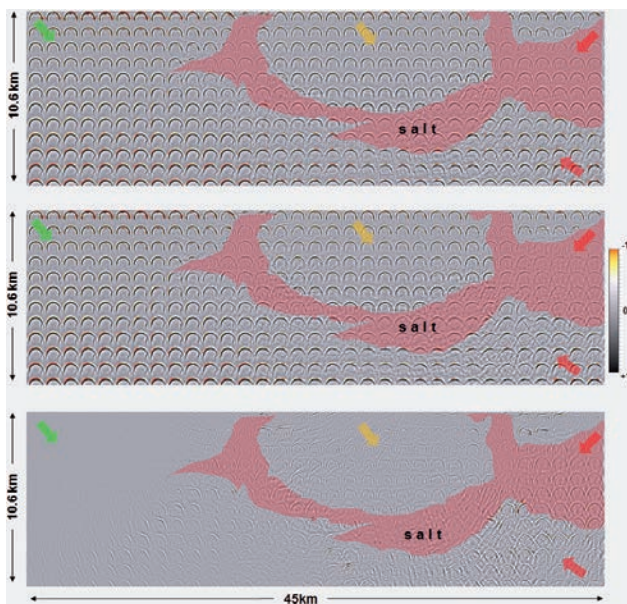


Figura 11 Efectos de la anisotropía de la sal. Apilado RTM con un cuerpo de sal anisótropo, modelos verdaderos utilizados en la migración (parte superior), apilado RTM con el modelo incorrecto (sal isotrópica) utilizado en la migración (centro) y la diferencia entre los dos (parte inferior). Observe que la única parte de la sección de la diferencia que no muestra el efecto de asumir una sal isotrópica es una gran cuenca sedimentaria (flecha verde). Una cuenca sedimentaria dentro de la sal todavía muestra cierta amplitud en la sección de la diferencia (flecha naranja).

la exploración subsal del golfo de México. Para ello, hemos modificado el modelo SEAM (Fehler y Keliher, 2011) para probar varios escenarios para la interpretación de la sal. Combinamos varias secciones inline y crossline del modelo SEAM 3D original para producir una línea sísmica 2D regional de 248 km de longitud. El modelo 2D contiene varios cuerpos de sal alternantes con cuencas sedimentarias más

pequeñas y más grandes (Figura 9). Modificamos el techo y la base de la sal del modelo original introduciendo un detalle más rugoso en la interfase. Asimismo, introdujimos variaciones en las velocidades de la sal descritas en la literatura (Haugen et al., 2009) y en los proyectos de producción del golfo de México. Para una mejor correlación con los problemas reales y para crear un problema de baja iluminación de la imagen subsal (Stork et al., 2011; Cvetkovic et al., 2011) también redujimos la velocidad subsal del modelo original en un 40% de acuerdo con la información de las diagráfias.

En este experimento calculamos sismogramas sintéticos con la modelización de Born con una reflectividad compuesta por semicírculos de 250 m de radio distribuidos regularmente en el modelo. A continuación, migramos disparos sintéticos con una serie de modelos de velocidad incorrectos en los cuales perturbamos la interfase sal-sedimento que resultaría hipotéticamente de un modelo de velocidad inexacto. La geometría de adquisición en este caso es una geometría “ideal” con un muestreo denso de fuente y receptor.

En base a experiencias pasadas y a trabajos publicados (Etgen y Albertin, 2012; Jones, 2012), se sabe que la precisión de la interpretación de la sal es posiblemente la parte más sensible del flujo de construcción del modelo. La Figura 10 muestra casos de interpretaciones erróneas de la sal. De acuerdo con estudios similares sobre la construcción de modelos de velocidad (Etgen y Albertin, 2012), hallamos que una interpretación errónea del techo de la sal daña la imagen desde la zona somera hasta la profundidad subsal. Nuestros estudios de modelización muestran que los errores de posición de los flancos de la sal tienen los mayores efectos perjudiciales en la imagen subsal. El correcto posicionamiento de los flancos de la sal se puede relacionar directamente con errores en la velocidad y la anisotropía (Figura 10).

En una segunda prueba, incorporamos la anisotropía en la sal y estudiamos el efecto de captar los datos con una sal isotrópica, de acuerdo con los análisis de muestras de afloramiento de sal y con los recientes esfuerzos para incorporar la anisotropía de la sal para obtener las imágenes (Landro et al., 2011). Utilizamos una anisotropía VTI con un valor delta negativo (-4%) y una epsilon positiva (4%) para la sal y asumimos isotropía para los sedimentos del modelo. La Figura 11 muestra la imagen migrada con el modelo real (parte superior), el caso de obtener imágenes asumiendo una sal isotrópica (centro) y la diferencia entre los dos (parte inferior). Observamos claramente que la imagen RTM con un modelo de sal isotrópica no está bien enfocada y que la reflectividad subsal se ve notablemente comprometida. La distorsión de la imagen domina dentro y por debajo de la sal, pero es interesante observar que hasta 15 km de la interfase de la sal se observan residuales entre las dos imágenes. Dado que queremos captar objetivos subsal profundos, el offset máximo utilizado en esta prueba es de 20 km para disparar más allá de la sal.

Modelización/Interpretación

Conclusión

La modelización sísmica con el posterior procesamiento y obtención de imágenes es una potente herramienta para guiar el diseño de la adquisición, los algoritmos de procesamiento estándar y los flujos de trabajo, así como para conducir la interpretación en contextos geológicos complejos. Un modo de acelerar este proceso, utilizando todavía la ecuación de las ondas para realizar una simulación más realista, es considerar la modelización 2D como una herramienta muy eficaz para probar varios escenarios. En el caso del diseño de la geometría, se pueden probar el espaciado de fuente y receptor y el rango de offset según la iluminación, la coherencia de eventos y la cobertura de ángulos mediante el cálculo de imágenes parciales y finales. En los ejemplos presentados, primero realizamos la modelización y analizamos imágenes completas y parciales para derivar el espaciado fuente-receptor que pueda producir las separaciones cross-line óptimas. Esos análisis se pueden probar posteriormente con la modelización 3D y con cierta información previa de la heterogeneidad lateral del modelo. En nuestro flujo de trabajo de modelización, la modelización de Born es la herramienta elegida para probar la iluminación, ya que es posible desacoplar un modelo aplanado de la velocidad de fondo de los elementos hipotéticos que se puedan distribuir por todo el modelo. Hemos utilizado este tipo de modelización como ayuda para la interpretación de cuerpos de sal, donde se puede construir un catálogo de casos con un esfuerzo informático relativamente pequeño.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a nuestros colegas Ian Jones, Jacques Leveille, Paul Brettwood, Curt Schneider, Wouter Kool y Guoquan Chen por su valioso apoyo y ayuda, así como a los antiguos colegas Zheng-Zheng (Joe) Zhou y Kuang He. Asimismo, nos gustaría agradecer a Lundin Petroleum y SEAM Corporation por su apoyo y a Ion Geophysical por el permiso para publicar este trabajo.

Referencias

- Billette, F. and Brandsberg-Dahl, S. [2005] The 2004 BP velocity benchmark. 67th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended Abstracts, B035.
- Cvetkovic, M., Zhou, Z. and Farmer, P.A. [2011] Beyond WAZ: A Modeling-based Evaluation of Extensions to Current Wide Azimuth Streamer Acquisition Geometries. 73rd EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2011, Expanded Abstract, E012.
- Cvetkovic, M., Farmer, P.A. and Bloor, R.I. [2013] The Effects of Marine Data Acquisition Practices on Imaging in Complex Geological Setting – Modeling Study. 75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013, Expanded Abstract, F007.
- Etgen, J. and Albertin, U. [2012] Reflection tomography: failures of conventional wisdom. SEAG/EAGE Summer Research Workshop, Velocity Model Building in Complex Geology.
- Fehler, M. and Keliher, P.J. [2011] SEAM Phase I: Final Report - Challenges of Subsalt Imaging in Tertiary Basins, with Emphasis on Deepwater Gulf of Mexico. SEG.
- Haugen, J.A., Mispel, J. and Arntsen, B. [2009] Seismic Imaging Bellow “Dirty” Salt. 71st EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013, Expanded Abstract, U008.
- Jones, I.F. [2012] Tutorial: Incorporating near-surface velocity anomalies in pre-stack depth migration models. *First Break*, 30(3), 47-58.
- Jones, I.F. [2013] Tutorial: The seismic response to strong vertical velocity change. *First Break*, 31(6), 43-54.
- Landro, M., Puigdefabregas, C. and Arntsen, B. [2011]. Anisotropy in the salt outcrop at Cardona, Catalonia – implications for seismic imaging. *First Break*, 29, 41-45.
- L’Heureux, E. and Etgen, J. [2013] Building better models for seismic simulations with stochastic stratigraphy. 83rd Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 3320-3324.
- Lie, J.E., Daniesen, V., Kolbjornsen, K., Jorstad, A., Jones, N. and Toomey, D.R. [2011] The Luno Discovery, Imaging Outside the Mute Zone. 73rd Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended Abstracts, E025.
- Regone, C.J. [2007] Using 3D finite-difference modeling to design wide-azimuth surveys for improved subsalt imaging. *Geophysics*, 72, 231-237.
- Sava, P. and Fomel, S. [2006] Time-shift imaging condition in seismic migration. *Geophysics*, 71, 209-217.
- Stork, C. [2011] Seismic acquisition is moving from a “CMP Fold” perspective to a “Wavefield Recording” perspective which has significant implications on acquisition design. 81st Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 157-162.
- Stork, C., Compton, S. and Heuermann, P. [2011], RTM images from SEAM data show interesting features. 81st Annual SEG International Meeting, Expanded Abstracts, 3196-3200.
- Stork, C. [2013] Eliminating Nearly All Dispersion Error from FD: Modeling and RTM with Minimal Cost Increase. 75th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended Abstracts, F007.
- Thacher, C., Stefani, J., Wu, C., Nihei, K., Sydora, L., Chou, T., et al. [2013] Subsalt imaging and 4D reservoir monitoring evaluation of Tahiti field, Gulf of Mexico. 83rd Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 4876-1879.