

Modelación de velocidades sísmicas en el sector noroccidental del Cinturón Plegado Cubano

Mercedes Cristina García Sánchez

Correo electrónico: mercedes@digi.cupet.cu

Artículo Original

Alberto Helio Domínguez Gómez

Correo electrónico: alberto@digi.cupet.cu

Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba

Guillermo Miró Pagés

Correo electrónico: gmiro@civil.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba

Resumen

Durante las etapas de procesamiento e interpretación de los datos sísmicos adquiridos mediante el método de punto medio común, es requisito indispensable trabajar con leyes de velocidades de propagaciones de las ondas sísmicas que sean confiables, sobre todo en escenarios geológicos complejos como el Cinturón Plegado Norte Cubano, a fin de ubicar confiablemente posibles objetivos de interés petrolero yacientes en el subsuelo. Este artículo tiene como objetivo mostrar el trabajo de confección de un modelo de velocidades realizado en un sector marino de dicha región geológica, que integra datos derivados del procesamiento digital tanto de hodógrafos de pozos como de superficie. Estos últimos fueron obtenidos a partir de líneas sísmicas ejecutadas durante los levantamientos 2D del año 2009, procesados con migración después y antes de la suma en tiempo. El estudio realizado permitió confeccionar un nuevo modelo sismogeológico de la región investigada el cual permite identificar posibles horizontes de interés petrolero existentes en la misma.

Palabras claves: velocidad sísmica, cinturón plegado, modelo, yacimiento de petróleo

Recibido: 24 de abril del 2013

Aprobado: 16 de julio del 2013

INTRODUCCIÓN

A todo lo largo del sector noroccidental de Cuba y más allá de su costa norte, se extiende la región geológica del llamado Cinturón Plegado, en una franja de 30 - 40 km de ancho desde la costa hasta la parte frontal de los cabalgamientos, ubicada costa afuera (Bloque 37) (figura 1), el que abarca una extensa zona de aguas profundas, con variaciones del fondo marino en el área seleccionada para la presente investigación que oscilan desde los 400 m hasta los 1 600 m aproximadamente.

La exploración de estas áreas geológicas constituye objetivo principal de menor riesgo para la perforación en Cuba, ya que en las mismas, formadas como resultado de una complicada evolución tectónica, se encuentran los más

grandes y productivos yacimientos de hidrocarburos descubiertos en el país.

El Cinturón Plegado Cubano ha tenido su origen vinculado a los procesos de convergencia que tuvieron lugar en el Caribe desde comienzos del Cretácico, desarrollado de conjunto con el Cinturón Plegado de las Antillas Mayores, asumiendo la existencia en él, de terrenos alóctonos e importantes mantos de sobrecorrimientos. Resulta conveniente destacar que en el caso de Cuba estos procesos se extendieron hasta el Terciario y posteriormente, los movimientos del Cinturón Plegado han continuado pero más lentamente.

El Bloque 37 abarca la parte frontal de los cabalgamientos en el mar, y en profundidad, en este sector, se han verificado

mantos tectónicos al sur, caracterizados por la conjugación de rocas de la unidad tectono-estratigráfica (UTE), Placetitas con sus formaciones: Constancia, Cifuentes, Ronda, Morena, Santa Teresa, Carmita, Amaro y La cubierta paleogénica Vega Alta. Esta unidad tectono-estratigráfica está presente en muchos pozos perforados en tierra pertenecientes a la franja norte de crudos pesados de Cuba, como es el caso del pozo Boca de Jaruco 500.

Aunque hasta el momento no se han revelado en pozos perforados verticales e inclinados, dirigidos hacia esta zona marina, la UTE Camajuaní, no se descarta la posibilidad que en los últimos mantos o apilados puedan aparecer rocas pertenecientes a esta unidad tectono-estratigráfica con sus correspondientes sedimentos sinorogénicos como se muestra posteriormente. En pozos perforados en Varadero existen evidencias de afloramientos de la UTE Camajuaní, los cuales tienen, en profundidad, similitud geológica con el sector de esta investigación.

En general, el cuadro sísmico del Cinturón Plegado Cubano corresponde a estructuras muy imbricadas y compuestas por pliegues tipo dúplex [1]. La complejidad geológica de este escenario motiva la necesidad de realizar serios análisis de las velocidades sísmicas a modo de esclarecer la profundidad de las envolventes de estos pliegues, entre otros intereses.

El estudio de las velocidades sísmicas constituye un aspecto de capital importancia ya que como es conocido, precisamente la incertidumbre en el conocimiento de las velocidades constituye el *talón de Aquiles* de los métodos de prospección sísmica, lo que limita en ocasiones la efectividad de la exploración petrolera, por lo que el estudio de este aspecto siempre tiene especial interés.

Atendiendo a lo anterior, en los pasados años han sido realizados diferentes trabajos investigativos en Cuba [2] y el mundo [3 - 7], dedicados a este importante tema; su estudio es un acápice obligado tanto en el procesamiento como en la interpretación de los datos sísmicos, posibilitando una mejor comprensión del medio geológico y reduciendo el rango de error durante la cartografía de los altos estructurales, lo que se traduce en la disminución del riesgo durante la exploración petrolera.

Con el progreso tecnológico de los últimos años, los métodos sísmicos permiten actualmente detectar eventuales trampas gasopetrolíferas en condiciones sismogeológicas caracterizadas por fuertes cambios laterales y verticales de velocidades los que dan lugar a un complejo campo ondulatorio [1], por tanto, ante este problema fue necesario mejorar la interpretación sísmica del sector a partir de un análisis y procesamiento adecuado de las velocidades, cotejadas y calibradas con datos de pozos.

De este modo, el objetivo del presente trabajo, es obtener un modelo del campo de las velocidades sísmicas correspondiente al sector de interés a partir de un análisis integrado de los datos del perfilaje sísmico vertical, VSP (por sus siglas en inglés) del pozo Boca de Jaruco 500

(BJ-500) y de los datos de las velocidades derivadas del procesamiento sísmico de la línea 35.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, la hipótesis se formula atendiendo a que los datos de velocidades derivadas del procesamiento sísmico permiten obtener modelos de velocidades útiles para la interpretación geológica de la región, facilitando el análisis de la variación de las velocidades de todo el territorio de interés.

Como resultado de esta investigación, se confecciona por la línea sísmica 35 de este sector, un modelo de velocidades de intervalos derivadas del procesamiento con algoritmos de la migración antes de la suma en tiempo (PSTM), que facilita la reinterpretación de la línea y contribuye a la confección de un nuevo modelo sismogeológico, que a su vez permite inferir con más detalle, las características estructurales de los complejos de rocas carbonatadas fracturadas del Cretácico Inferior y del Jurásico Superior, que constituyen el principal objetivo exploratorio con fines petroleros en esta región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Líneas del levantamiento sísmico marino 2D ejecutado por la compañía PETROBRAS (Petróleos Brasileños), durante el año 2009 (figura 1), procesadas mediante algoritmos de migración después y antes de la suma en tiempo, cuyos resultados fueron utilizados para la interpretación geólogo-geofísica del área en cuestión [8].
- Datos de perfilaje sísmico vertical (VSP) y geológicos del pozo Boca de Jaruco 500 [9] ubicado aledaño a la zona investigada (figura 1).
- Estación de trabajo (PC) para elaborar los modelos de velocidades.

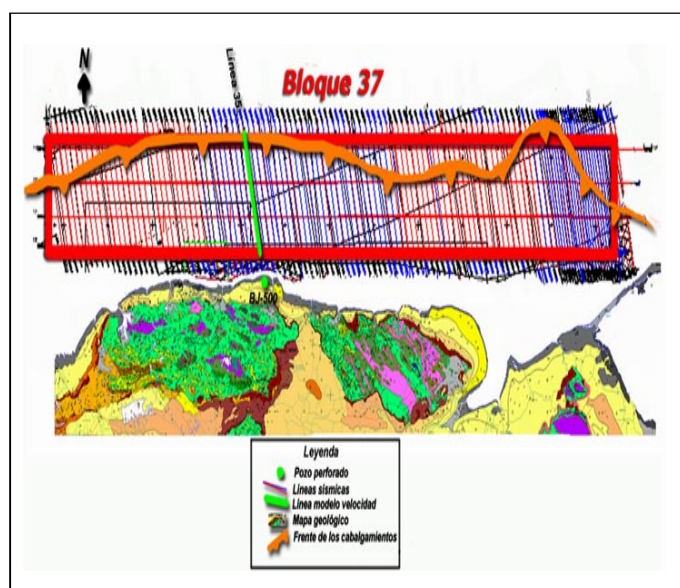


Fig. 1. Mapa de ubicación del área de investigación [1]

Con todos estos datos y recursos se elaboró el modelo de velocidades siguiendo los siguientes pasos:

- Recopilación y preparación de los datos.
- Confección de la base de datos del campo de velocidades sísmicas.
- Elaboración del modelo de velocidades.

A continuación se exponen las tareas realizadas en el marco de cada uno de los pasos anteriormente enunciados.

Recopilación y preparación de los datos

De los datos primarios derivados de los procesamientos de migración después y antes de la suma en tiempo de la línea sísmica 35. Se extrajo la información siguiente: identificación de la línea, cantidad de punto común de profundidad o CDP (por sus siglas en inglés), tiempos de llegadas de las ondas, velocidades de intervalos y velocidades de raíz medias cuadráticas o V_{rms} (por sus siglas en inglés).

Se seleccionaron los datos de profundidades y velocidades medias (V_{med}) determinadas sobre la base de datos de VSP en el pozo Boca de Jaruco 500.

Confección de la base de datos del campo de velocidades sísmicas

Se tabuló la información de los datos derivados del procesamiento sísmico de la línea 35 antes mencionados y se tabularon los datos del pozo Boca de Jaruco 500.

Así quedó conformada la base de datos con la que se trabajó en la presente investigación.

Elaboración del modelo de velocidades

Las velocidades sísmicas pueden ser medidas tanto por métodos sísmicos de superficie como de pozos (perfilaje sísmico vertical, registro acústico, etc).

Los datos de velocidades derivados de los hodógrafos de pozos (registros acústicos o VSP) constituyen la información más confiable con que se cuenta, ya que en este caso, los tiempos de propagación de las ondas, de cuyas mediciones se derivan aquellas, son medidos directamente en intervalos de profundidades de estos, aunque esta información puede ser referida rigurosamente solo a los sitios donde ellos son perforados; por su parte, los datos de velocidades derivados del procesamiento de las líneas sísmicas, caracterizan a dicho parámetro a lo largo de la profundidad existente hasta los horizontes reflectores y el espacio abarcado por éstas, pero son menos precisos y están asociados a tiempos de registro y no a profundidades directamente; por esta razón, fue necesario referir estos últimos a profundidades, con la finalidad de poder analizar combinadamente las velocidades y profundidades calculadas a partir, tanto de la sísmica de superficie como la de pozo.

Datos de velocidades derivados del procesamiento de la línea sísmica

Los datos de las velocidades derivadas del procesamiento de la línea sísmica registrada en superficie mediante los algoritmos de migración después y antes de la suma en tiempo, corresponden a las llamadas V_{rms} (velocidad de raíz media cuadrática) y V_{int} (velocidad de intervalo); estas velocidades son definidas y calculadas del siguiente modo:

Velocidad de raíz media cuadrática (V_{rms}): "Es aquella con la cual la onda se propaga a través de capas del subsuelo

que tienen diferentes velocidades de intervalo según una trayectoria específica y es generalmente mayor que la velocidad media" [10].

El cálculo de la velocidad de raíz media cuadrática (V_{rms}) exige el conocimiento de las V_{int} y de los tiempos de recorridos de las ondas a través de los intervalos respectivos, cuantificándose mediante la siguiente expresión:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum V_{int}^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} \quad (m/s) \quad (1)$$

donde:

V_{int} : Velocidad de intervalo (m/s).

t_i : Tiempo de recorrido para cada intervalo (ms), respectivamente.

Velocidad de intervalo (V_{int}): "Representa a la velocidad sísmica que caracteriza a un determinado intervalo de profundidades, es decir, es la velocidad correspondiente al medio geológico confinado por dos fronteras aproximadamente paralelas" [10]. Esta viene dada por:

$$V_{int} = \frac{Z_2 - Z_1}{t_2 - t_1} \quad (m/s) \quad (2)$$

donde:

Z_1 y Z_2 : Profundidades del "techo" y el "piso" del intervalo (m).

t_1 y t_2 : tiempos de viajes de la onda en el "techo" y en el "piso" del intervalo, respectivamente (ms).

Un procedimiento para determinar la velocidad de intervalo se basa en el empleo de la siguiente ecuación, la que permite determinar esta en una serie de capas planas y paralelas, a partir de las V_{rms} . Esta viene dada por:

$$V_{int} = \sqrt{\frac{V_{rms_2}^2 \cdot t_2^2 - V_{rms_1}^2 \cdot t_1^2}{t_2 - t_1}} \quad (m/s) \quad (3)$$

donde:

V_{rms_1} : V_{rms} hasta el primer reflector (m/s).

V_{rms_2} : V_{rms} hasta el segundo reflector (m/s).

t_1 : Tiempo de viaje hasta el primer reflector (ms).

t_2 : Tiempo de viaje hasta el segundo reflector (ms).

Datos de velocidades derivados del VSP en pozos

La velocidad sísmica derivada de los registros VSP es conocida como velocidad media y constituye el resultado de dividir la profundidad Z que existe hasta un horizonte dado entre el tiempo T empleado por el rayo sísmico en alcanzar el mismo según la normal a este desde la superficie terrestre. La velocidad media con frecuencia es calculada a partir de los hodógrafos de las primeras entradas del perfilaje sísmico vertical o de los sismocarotages.

$$V_{Med} = \frac{Z}{T} \text{ (m/s)} \quad (4)$$

donde:

Z: Profundidad hasta un horizonte dado (m).

T: Tiempo empleado por el rayo sísmico en alcanzar la profundidad hasta el horizonte considerado según la normal a este desde la superficie terrestre (s).

Conversión de tiempo a profundidad

En muchas áreas (como la abarcada por este trabajo) no se cuenta con los resultados del procesamiento de las líneas sísmicas mediante algoritmos de migración en profundidad, por lo que es preciso recurrir a procesos de conversión tiempo-profundidad a fin de poder realizar la interpretación geológica de la información disponible.

La expresión utilizada para convertir los tiempos de recorrido en profundidades en el caso tratado es:

$$H = H_{fm} + \Delta T * V / 2 \text{ (m)} \quad (5)$$

donde:

H_{fm}: Profundidad del fondo marino (m).

ΔT: Intervalo de tiempo de recorrido total de la onda entre el fondo marino y el horizonte de interés determinado a partir de la sección sísmica (ms).

V: Velocidad del procesamiento, ya sea *V_{rms}* o *V_{int}*, ambas velocidades se obtienen de las secciones de las líneas sísmicas en función de los tiempos de registro (m/s).

Un importante elemento a considerar para el cálculo de la conversión tiempos-profundidades en áreas de aguas profundas como la de esta investigación es la influencia de la capa de agua, para lo cual es necesario determinar la profundidad del fondo marino, teniendo en cuenta la velocidad de propagación de las ondas a través del tirante de agua cuyo valor es aproximadamente constante.

Las profundidades del fondo marino fueron calculadas por la expresión:

$$H_{fm} = \frac{t * v}{2} \text{ (m)} \quad (6)$$

donde:

v: Velocidad de propagación de las ondas sísmicas a través del tirante de agua, cuyo valor es constante y del orden de 1 500 m/s en el área de los trabajos.

t: Tiempos registrados de la reflexión de la onda sísmica en la frontera del fondo marino (ms).

Una vez determinadas las profundidades del fondo marino, se procedió a calcular las de los reflectores subyacentes a este, a partir de la expresión 5, utilizando para esto los valores de *V_{rms}* y *V_{int}* lo que permitió elaborar tablas de relación de valores velocidades (*V_{rms}*, *V_{int}*) y profundidades (*H*), *V_{rms}* (*H*) y *V_{int}* (*H*).

Los datos de *V_{rms}*, *V_{int}*, de la línea 35 derivados de la migración después de la suma y de la migración antes de la suma en tiempo y las profundidades calculadas asociadas a estas, fueron graficados en una hoja de cálculo de Excel utilizando para ello gráficos XY o de dispersión. La figura 2 muestra la dependencia *V_{int}* (*H*) de la profundidad.

De los gráficos de la figura 2 se seleccionaron las velocidades y profundidades más representativas siguiendo las pendientes de la curva.

Comparación de las velocidades sísmicas calculadas

A fin de validar el grado de confiabilidad de las velocidades calculadas a partir de los procesamientos de la línea sísmica 35 (*V_{rms}* y *V_{int}*), se procedió a comparar los datos de estas con las *V_{med}* del pozo BJ 500, mediante la confección en Excel, de gráficos de relación *V* (*H*) (figuras 3 y 4) lo que permitió confirmar el grado de proximidad existente entre las velocidades de superficie *V_{int}* y las *V_{med}* del pozo (figura 4), ya que sus tendencias son similares, no ocurriendo lo mismo con los resultados de los valores de las *V_{rms}* con las *V_{med}* del pozo (figura 3), pues existen diferencias de valores $\Delta V_{\text{máx}} \leq 500 \text{ m/s}$.

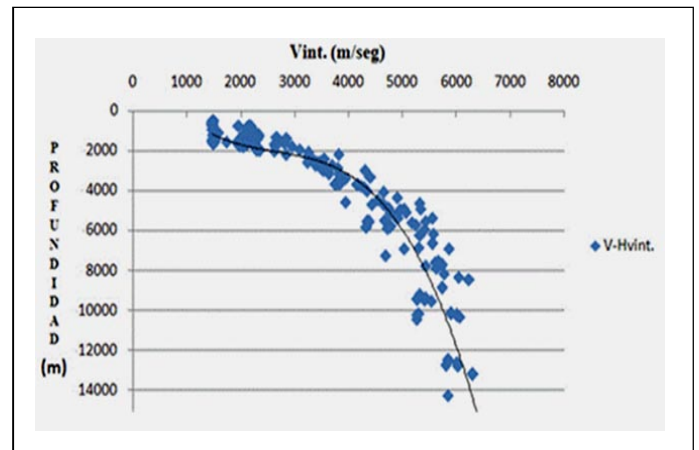


Fig. 2. Gráfico de relación *V_{int}* (*H*) empleando gráficos XY o de dispersión

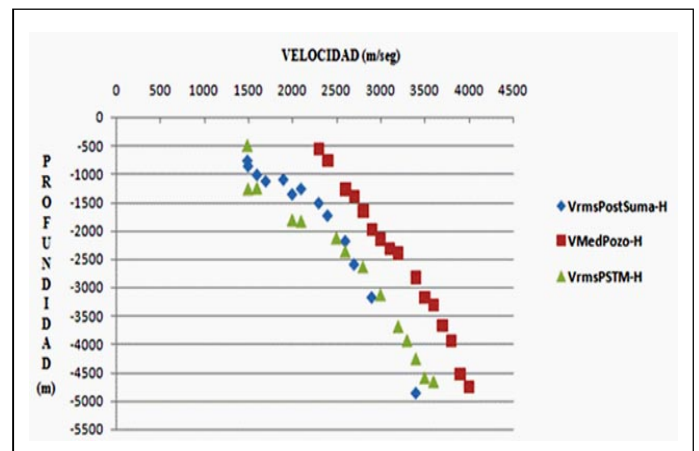


Fig. 3. Relación de las velocidades y las profundidades *V_{rms}* (*H_{vrms}*) derivadas de los procesamientos con algoritmos de migración postsuma en tiempo, y migración presuma en tiempo, PSTM (por sus siglas en inglés) de la línea sísmica 35 y *V_{med}* (*H*) derivada del pozo Boca de Jaruco 500

Al analizar los gráficos referidos (figura 3), llama la atención el desplazamiento hacia la derecha de las curvas de V_{med} del pozo en relación a las de V_{rms} , el cual es atribuido a la influencia del tirante de agua sobre los valores de esta última, en áreas de aguas profundas, como la investigada en el presente trabajo.

En los gráficos de la figura 4 se pone de manifiesto que las velocidades de intervalos son las más aproximadas a las del pozo, sobre todo, las velocidades de intervalos derivadas del procesamiento de migración antes de la suma en tiempo por lo que éstas fueron las escogidas para la elaboración del modelo de velocidades.

Modelo de velocidades de intervalos

Una vez establecido que las V_{int} derivadas del procesamiento de la sísmica de superficie, eran las adecuadas para la elaboración del modelo de velocidades, este fue confeccionado para la sección correspondiente a la línea sísmica 35 adquirida durante el año 2009 a partir de los parámetros presentes en el corte sísmico:

Por el eje X los CDP.

Por el eje Y el tiempo convertido a profundidad y la velocidad correspondiente a cada XY.

Por las coordenadas XY las velocidades correspondientes a cada punto.

A partir de los datos anteriores fueron elaboradas las isolíneas de velocidades a lo largo del corte seleccionado como modelo presentado en la figura 5.

Las tonalidades de la escala de colores en el modelo, representan los valores de las velocidades que caracterizan a la línea 35, asociados a cada valor de profundidad.

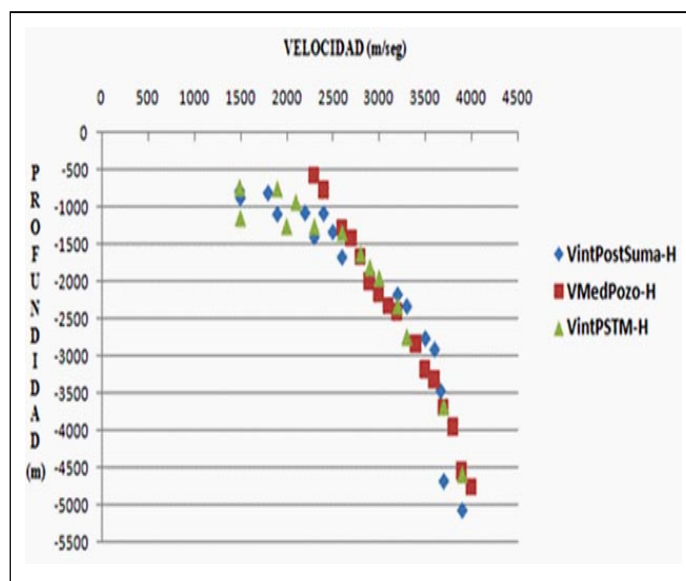


Fig. 4. Relación de las velocidades y las profundidades V_{int} (H_{vint}) derivadas de los procesamientos con algoritmos de migración postsuma en tiempo, y migración presuma en tiempo, PSTM (por sus siglas en inglés) de la línea sísmica 35 y V_{med} - (H) derivada del pozo Boca de Jaruco 500

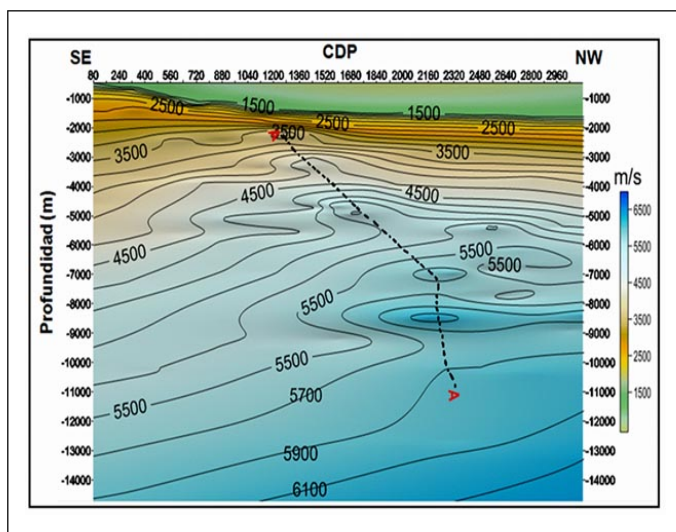


Fig. 5. Modelo de velocidades correspondiente a la línea sísmica 35 en la región de los trabajos, utilizando las V_{int} derivadas de la aplicación de algoritmos de migración antes de la suma en tiempo, PSTM (por sus siglas en inglés) y las profundidades asociadas a ellas con la trayectoria del eje de anomalías de velocidades (A-A)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar el modelo que aparece en la figura 5 llama la atención la existencia de un aparente eje de anomalías de velocidades (A-A) incrementándose estas en dirección tierra-mar, lo cual sugiere el posible ascenso de complejos de rocas más compactas según la misma. Este análisis combinado de las velocidades, no solo permitió obtener información de interés sobre la constitución de la región investigada, el mismo facilitó también la interpretación sísmica de la línea 35, contribuyendo a la construcción de un modelo sísmogeológico detallado del área en cuestión, como el que se observa en la figura 6.

Una vez elaborado el modelo de velocidades a lo largo de la línea 35, este fue calibrado con el pozo BJ 500. Esta calibración incluyó los siguientes pasos:

- Identificación de las profundidades correspondientes a los límites de las unidades tectono-estratigráficas (UTE) en la columna del pozo y de las velocidades asociadas a estas.
- Cálculo de las profundidades de las fronteras en la línea sísmica basado en los tiempos de registros y datos de velocidades del modelo más el sitio de ubicación del pozo.
- Extrapolación lateral de los intervalos litoestratigráficos anteriormente referidos sobre la base del modelo de velocidad y a la sección sísmica migrada antes de la suma en tiempo a lo largo de la línea 35.

La calibración de los datos de la línea sísmica 35 con los datos del pozo Boca de Jaruco 500, posibilitó la delimitación de intervalos de velocidades presentes tanto en el pozo como en la línea sísmica, a las cuales se les asoció las profundidades correspondientes, lo que permitió conocer a qué profundidad y con qué velocidad, puede aparecer en la línea sísmica la UTE Placetas con sus respectivos grupos formacionales.

El análisis de estos datos condujo a las siguientes conclusiones:

- En el modelo de velocidades realizado por la línea 35 puede identificarse un eje que caracteriza cualitativamente la variación espacial de las velocidades (figura 5).
- En el modelo se manifiestan inversiones de velocidades, lo cual resulta típico de los escenarios geológicos complejos como los cinturones plegados.
- Existe una buena correlación entre las profundidades calculadas por este procedimiento y las correspondientes al pozo BJ 500, lo que valida el empleo del modelo de las velocidades derivadas del procesamiento para la cartografía de las profundidades de las fronteras objeto de estudio en el área investigada.

Llama la atención que el efecto de las discrepancias entre las profundidades es mayor para los valores menores de estas, lo cual pudiera ser atribuido a que precisamente para ellas tienen más influencia las diferencias en trayectorias entre los rayos sísmicos que dan lugar a las mediciones en superficie y en pozo.

Una vez convertida la sección correspondiente a la línea sísmica 35, de tiempos a profundidades (mediante la ecuación número 5) y elaborado el modelo de velocidades, fueron extrapolados los horizontes geológicos identificados en el pozo hacia la línea sísmica, lo que permitió estimar la cartografía de los complejos de rocas carbonatadas fracturadas del Cretácico Inferior y del Jurásico Superior, que constituyen el principal objetivo exploratorio con fines petroleros en esta región, obteniéndose el modelo sismo-geológico que aparece en la figura 6, siendo este, el resultado final de la reinterpretación de la línea sísmica 35.

A la izquierda de la figura 6, se observan los datos de pozos referidos a los distintos grupos formacionales, correlacionados hacia el noroeste con posibles pliegues tipo dúplex que parecen identificarse en la sección sísmica en el área correspondiente a la parte norte del Cinturón Plegado y Cabalgado Cubano; también se observan en el corte, aparentes apilados inferiores, situados a profundidades mayores a las del pozo, los que sugieren la posible existencia de la UTE Camajuani en la región investigada.

La confección e interpretación del modelo de velocidades, contribuyó a definir con mayor seguridad los aspectos antes mencionados al servir de apoyo a la reinterpretación de la línea sísmica 35, constituyendo la novedad científica del presente trabajo.

Resulta importante destacar que este tipo de modelo de velocidades sísmicas y su interpretación, se presenta por primera vez en el Centro de Investigaciones del Petróleo de Cuba y ya se aplica en otras regiones exploratorias con fines petroleros [11].

CONCLUSIONES

Como resultado del presente trabajo ha sido elaborado un modelo del campo de velocidades sísmicas por la línea 35 ubicada en el área del sector noroccidental del Cinturón Plegado Cubano.

Las velocidades de intervalos derivadas del procesamiento con algoritmos de migración antes de la suma en tiempo, utilizadas para la confección del modelo de velocidades, resultaron ser comparativamente las más aproximadas a los datos del pozo con perfilaje sísmico vertical (VSP) disponible en la región.

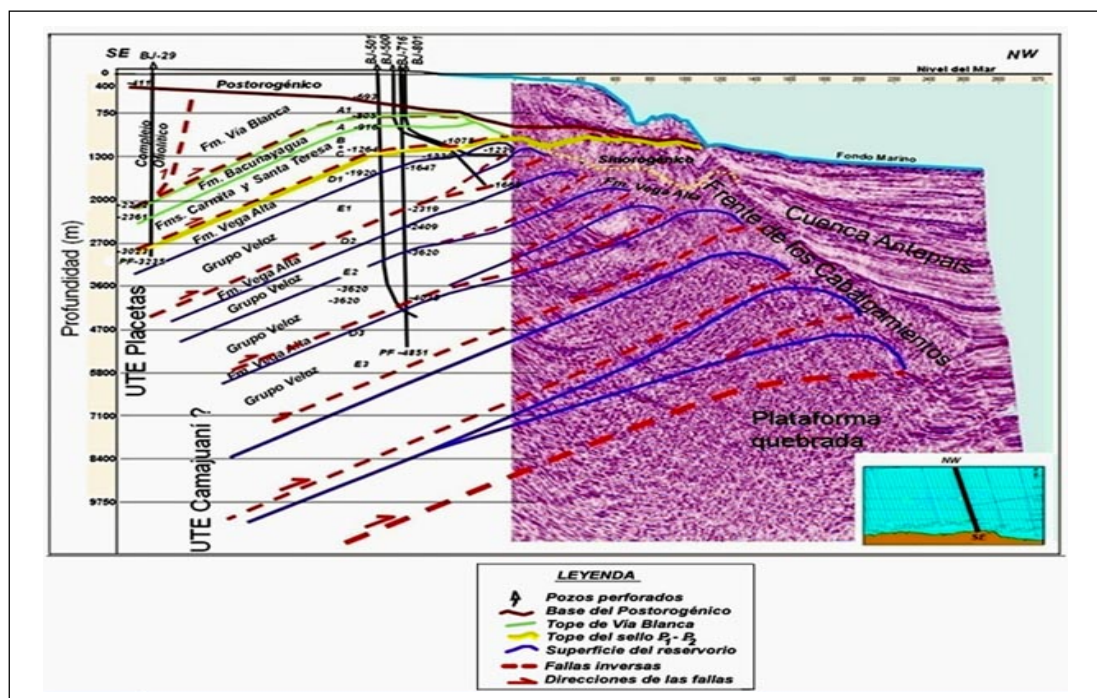


Fig. 6. Modelo sismo-geológico del sector investigado

Con el apoyo del modelo de velocidades y los datos del pozo Boca de Jaruco 500 fue elaborado un nuevo y fundamentado modelo sísmo-geológico del área investigada.

REFERENCIAS

1. **SÁNCHEZ, Carlos Eduardo; DOMÍGUEZ, Alberto Helio; LÓPEZ, Juan Guillermo.** "Caracterización sísmica de una estructura potencialmente petrolera revelada al norte de Varadero. En VII Congreso Cubano de Geofísica (Geofísica 2013), V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEF2-P3, pp. 108-117, La Habana. ISSN 2307-499X.
2. **ARRIAZA, Gerardo.** "Nuevos enfoques en la interpretación y procesamiento de las ondas refractadas para el estudio del basamento en Cuba". En III Congreso Cubano de Geología y Minería, 1998, La Habana, Cuba, vol. 1, pp. 38-48. ISBN 989-7117-01-0.
3. **YILMAZ, Özdoğan.** *Seismic Data Analysis, Processing, Inversion and Interpretation of Seismic Data*. Series: Investigation in Geophysics, núm 10. vol. I, Tulsa, OK, USA, 2001, Editorial Society of Exploration Geophysicists, 998 pp. ISBN 1-56080-098-4.
4. **COVA, David.** "Post Procesamiento e Interpretación sísmica 2D del bloque Ayacucho 6 de la faja petrolífera del Orinoco". Tutor: Milagrosa Aldana, Erwin Hernández, Abelardo Pérez [en línea]. Informe final de curso en cooperación presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Geofísico. Sartenejas, Venezuela [ref. Abril 2008]. Disponible en Web: www.gc.usb.ve/geocoordweb/tesis/Pre/David%20Cova.pdf. [Consultado en Septiembre 2011].
5. **CASTAGNA, John; BATZLE, Michael et al.** "Report: Shear-Wave Velocity Control" [en línea]. Analizado por Data Seismic [ref. Febrero 2008]. Disponible en Web: dataseismic.com/descargas/soporte_05.pdf?. [Consultado en Enero 2012].
6. **VEGA, Juan Carlos; MORA, Andrés.** "Métodos de conversión tiempo-profundidad: Análisis y discusión de resultados en un modelo estructuralmente complejo" [en línea]. X Simposio Bolivariano, Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas. Cartagena, Colombia. [ref. julio 2009]. Disponible en Web: www.earthdoc.org/publication/download/?publication=44550. [Consultado en Enero 2012].
7. **SERRANO, Inocencio; MORALES, Julio; TORCAL, Flavio.** "Imágenes tomográficas en el sur de España y norte de Marruecos". *Física de la Tierra*, 2003, vol 15, núm. 10, pp. 145-160. ISSN 0214-4557.
8. **AMEIJEIRAS, Grisel Ariadna et al.** "Sobre el procesamiento post suma en tiempo de las líneas sísmicas marinas adquiridas en el 2009". En VII Congreso Cubano de Geofísica (Geofísica 2013), V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEF2-P5, pp. 128-135. ISSN 2307-499X.
9. **LINARES, Evelio.** *Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la República de Cuba*. La Habana, 2011, 480 pp. ISBN 978-959-7117-33-9.
10. **FERNÁNDEZ-CONCHESO, Jorge Enrique.** "Metodología de tiempo-profundidad y análisis de atributos sísmicos. Propiedades físicas para datos del Golfo de México. Tutor, Milagrosa Aldana, Flavio Oliver [en línea]. Decanato de estudios profesionales. Informe de pasantía presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Geofísico, Sartenejas, Venezuela [ref. Mayo 2009]. Disponible en web: www.usb.ve/geocoordweb/tesis/Pre/JoseEnrique%20Fernandez-Concheso.pdf. [Consultado en Octubre 2011].
11. **DOMÍGUEZ, Alberto Helio et al.** "Metodología para la interpretación sísmica 3D estructural en la faja septentrional cabalgada de Cuba". En VII Congreso Cubano de Geofísica (Geofísica 2013), V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEF2-P4, pp. 118-127. ISSN 2307-499X.

AUTORES

Mercedes Cristina García Sánchez

Ingeniera Geofísica, Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba

Alberto Helio Domínguez Gómez

Ingeniero Geólogo, Máster en Geología, Investigador Auxiliar, Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba

Guillermo Miró Pagés

Ingeniero Geofísico, Doctor en Ciencias Geológicas, Profesor Titular, Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Miembro de la Sociedad Cubana de Geología y de la Sociedad Geofísica del Brasil

Modelling of Seismic Velocities in the Northern Area of Cuban Folded Belt

Abstract

During the stages of processing and interpretation of the acquired seismic data using the Common Mid Point Method, it is necessary to work with velocities laws of propagation of the seismic waves to be the most reliable possible, mainly in complex geologic scenarios as the Cuban folded belt northern area, in order to locate possible petroleum objectives in the underground. This paper has as objective to illustrate the work of making a velocities model carried out in a marine sector of this geologic region, which integrates derived data from digital processing of wells and surface hodograph. The last ones were obtained from seismic lines carried out during the 2D seismic survey of 2009, processed with post stack and pre stack time migration. The study allowed making a new sismogeologic model of the investigated region which allows to identifying possible places of oil interest in the area.

Key words: seismic velocity, folded belt, model, deposits of petroleum