

# ESTUDIO DE UNA ESTRUCTURA SISMICA CON PERSPECTIVAS GASOPETROLIFERAS EN LA CUENCA DEL CAUTO, CUBA

A STUDY OF A SEISMIC STRUCTURE WITH HYDROCARBON PERSPECTIVE  
IN THE CAUTO BASIN, CUBA

**GUILLERMO MIRO PAGES**  
**PILAR ABALLI FORTUN**  
**RENE DOMINGUEZ GARCES**  
**MARGARITA JUARA ZULUETA**

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.  
E-mail: gmiro@civil.ispjae.edu.cu

**RESUMEN:** La Cuenca del Cauto se encuentra ubicada en el extremo sudoriental de Cuba, y constituye una de las regiones naturales más extensas del país. Este territorio presenta algunas premisas geológicas interesantes para la exploración petrolera, lo que unido al hecho objetivo de que fueron detectadas diversas manifestaciones de hidrocarburos en varios pozos profundos perforados, le confieren al mismo un significativo interés.

En el presente trabajo se exponen los aspectos relacionados con la detección de una anomalía sísmica de tipo "flat spot" en la estructura Caoba ubicada en la Cuenca del Cauto. Esta anomalía fue identificada mediante el Método del Punto Común de Profundidad y pudiera constituir un indicio directo sobre la presencia de hidrocarburos en la misma. Esta evaluación se fundamenta, además, en el análisis del comportamiento observado de la Velocidad de Intervalo en sus proximidades, así como también atendiendo a los datos de los pozos profundos perforados en las inmediaciones del sector investigado.

Como conclusión del trabajo, se formulan algunas recomendaciones para el ulterior desarrollo de nuevas investigaciones en el área, a fin de confirmar su posible interés petrolero.

Palabras claves: flat spot, anomalía, sísmica, prospección petrolera.

**ABSTRACT:** Presently work exposes some aspects about the detection of a "flat spot" anomaly in Caoba structure located in Cauto basin, being argued its possible oil interest on the base of the observed behavior of the Interval Velocity in its neighborhood as well as the assistance of data from deep wells located in the neighborhood of the investigated sector. As conclusion of the work it is formulated some recommendations for the future development of investigation works in the area, to confirm its possible oil interest.

Key words: flat spot, anomaly, seismic, oil exploration

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la calidad de los registros sísmicos de reflexión se ha incrementado en forma insospechada. Como consecuencia, en la literatura científica dedicada a la prospección petrolera, encuentran cada vez un mayor espacio los reportes acerca de la detección directa de hidrocarburos mediante anomalías sísmicas de tipo "bright spot" (Dobrin y Savit, 1988), "flat spot" (Backus y Chen, 1975) y por medio del Método AVO (Álvarez de Buergo et al., 1992), los que han permitido descubrir numerosos yacimientos en diversas regiones del mundo, principalmente en cuencas sedimentarias constituidas por rocas clásticas del Terciario.

La metodología para la detección de los "flat spot" fue

formulada por Backus y Chen en 1975. Desde entonces, numerosos investigadores se han referido a la correlación, muchas veces favorable, observada entre tales anomalías y la existencia de acumulaciones de hidrocarburos en las rocas (Dobrin y Savit, 1988; Sheriff y Geldart, 1987). No obstante, algunos reportes indican que no siempre dichas acumulaciones tienen relevancia económica y en otros casos estas anomalías son provocadas por otras causas. (Almoghazi y Lange, 1986).

Sheriff y Geldart (1987) confieren particular importancia a este tipo de anomalía y señalan que la identificación de los "flat spot" constituye indicadores incuestionables e informativos sobre la presencia de hidrocarburos. Anstey (1977), por su parte, refiere que los "flat spot" han sido identificados en áreas del golfo de

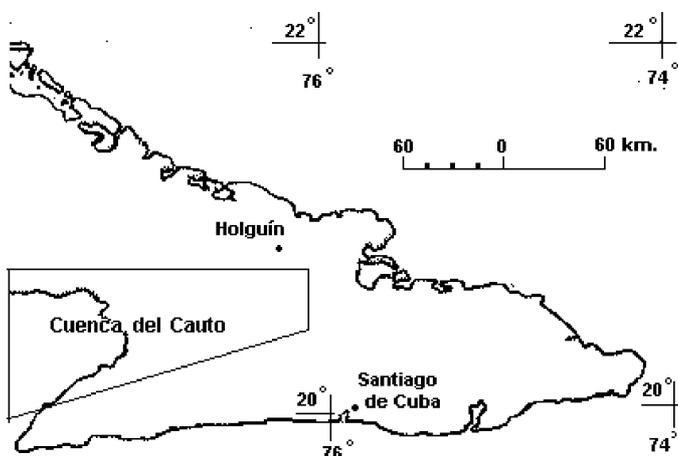


Figura 1. Ubicación de la cuenca del Cauto.

México, mares de Nigeria y el sudeste asiático, y agrega que tales anomalías no son sólo interesantes porque denuncian la posible presencia de yacimientos gasopetrolíferos en forma directa, sino también porque al menos detectan zonas de elevada porosidad. Badola (1988) y Enachescu (1990) se han referido de forma satisfactoria al mismo tema.

La región de la Cuenca del Cauto, situada en el extremo sudoriental de Cuba (Fig. 1), presenta premisas geológicas interesantes para la exploración petrolera. Algunos investigadores (Alsina de la Nuez et al., 1968; Domínguez et al., 1999) se han referido a la existencia de potentes espesores de rocas sedimentarias, de diversas capas de rocas con propiedades tanto colectoras como sellantes, a la presencia de trampas estructurales y estratigráficas, posibles vías de migración, variadas manifestaciones de petróleo y gas, etc. Se considera así mismo, que en esta región existen suficientes espesores de sedimentos cretácicos, que probablemente constituyan las rocas madres generadoras de los hidrocarburos. En pozos profundos perforados en la región, han sido

detectadas manifestaciones de hidrocarburos. La identificación, mediante el Método del Punto Común de Profundidad, de una anomalía sísmica de tipo "flat spot" en la estructura Caoba pudiera constituir un indicio directo de la presencia de hidrocarburos en la Cuenca del Cauto.

### IDENTIFICACIÓN DEL "FLAT SPOT"

Miró (1993) argumentó el interés para la prospección detallada del alto estructural de Manzanillo y de la estructura Caoba, situada al noreste de aquél. Ambas estructuras fueron detectadas en la Cuenca del Cauto, sobre la base del análisis integrado de datos geológico-geofísicos, morfométricos y de teledetección.

En la figura 2a y 2b, respectivamente, aparecen comparadas la anomalía de tipo "flat spot", identificada en la estructura Caoba, y la que Anstey (1977) presenta como modelo típico. Como puede apreciarse, la similitud entre ambos eventos es elevada.

Es de significar que la anomalía detectada tiene una extensión horizontal de unos 2 000 m, y que pudo ser calculado en forma aproximada el espesor total de esta estructura ( $H \approx 350$  m). La frontera superior de la misma corresponde a la profundidad  $H \approx 2 500$  m.

Recientemente, en nuevas campañas sísmicas realizadas, el plegamiento fue cortado por un perfil sísmico de moderna adquisición en una dirección no coincidente con la del perfil antes referido. Como resultado del análisis de este último corte de tiempos en el tramo de interés (Fig. 3), no sólo fue verificada la existencia del plegamiento anteriormente observado, sino también pudo analizarse el comportamiento de la Velocidad de Intervalo (Vint) en las inmediaciones de su cúpula, información esta derivada del procesamiento de los datos sísmicos. Como puede verse en este corte de tiempos, la estructura se observa, aunque con buzamientos más suaves, probablemente debido a la diferencia en la orientación del perfil actual respecto al precedente. También aquí puede observarse, aunque con menos nitidez, el "flat spot" identificado con anterioridad.

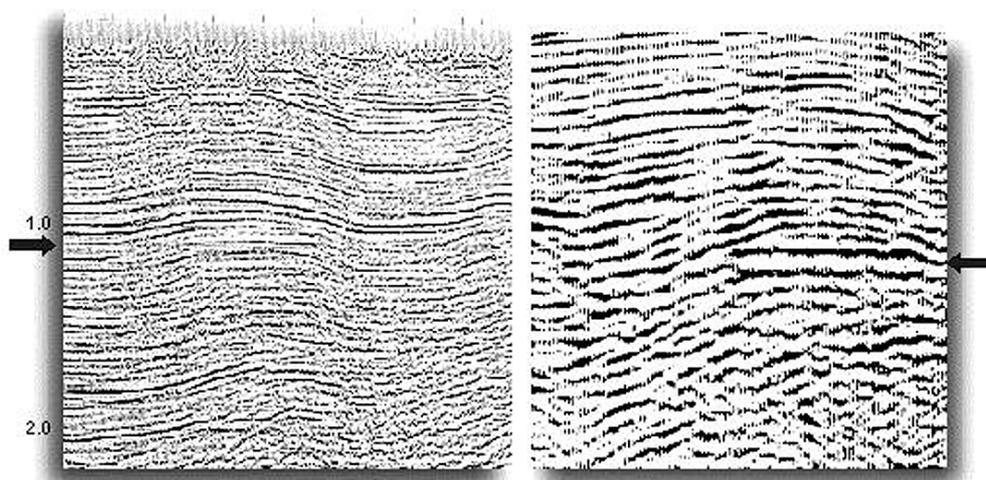


Figura 2. Comparación entre las anomalías sísmicas. (a) observada en la Cuenca del Cauto. (b) anomalía modelo (Anstey, 1977).

**TABLA 1. COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE INTERVALO EN LA CUPULA DE LA ESTRUCTURA INTERPRETADA**

Tiempo (s)	Vint (m/s)
1,07	2 467
1,22	2 517
1,43	2 277
1,65	2 442
1,95	2 548
2,17	2 884

Distintos investigadores se han referido al hecho de que en ausencia de datos de pozos y en presencia de condiciones sismogeológicas favorables, las mediciones de las Velocidades Medias Cuadráticas, identificadas en la literatura como  $V_{rms}$  (atendiendo a la nomenclatura inglesa), y las Velocidades de Intervalo ( $V_{int}$ ) derivadas de aquéllas, mediante la fórmula de Dix, pueden ser empleadas para realizar valoraciones litológicas y sobre la existencia de fluidos en las rocas, con cierto grado de aproximación.

En la Tabla 1 se ofrecen los datos sobre el comportamiento de la  $V_{int}$  en un punto (ver Fig. 3) situado en las proximidades de la cúpula de la estructura referida.

Como puede apreciarse, asociado a la estructura y precisamente coincidente con el intervalo de tiempos aproximado donde ya había sido observado el "flat spot" ( $t \approx 1,22$  s) se distingue una clara disminución de la  $V_{int}$ . Al calcular la profundidad correspondiente a este valor de tiempo ( $H \approx 2\ 500$  m) y correlacionar la misma con la columna litoestratigráfica del pozo profundo más cercano, denominado Oruita (Fig. 4), que está situado a unos 10 km del sector que nos ocupa, se observa que a profundidades algo menores ( $H \approx 2\ 200$  m), correspondientes al fondo del pozo, yacen predominantemente rocas terrígeno-carbonatadas del Terciario (Alsina de la Nuez et al, 1968).

Es curioso observar que, aparentemente, este mismo intervalo estratigráfico presentó algunas manifestaciones

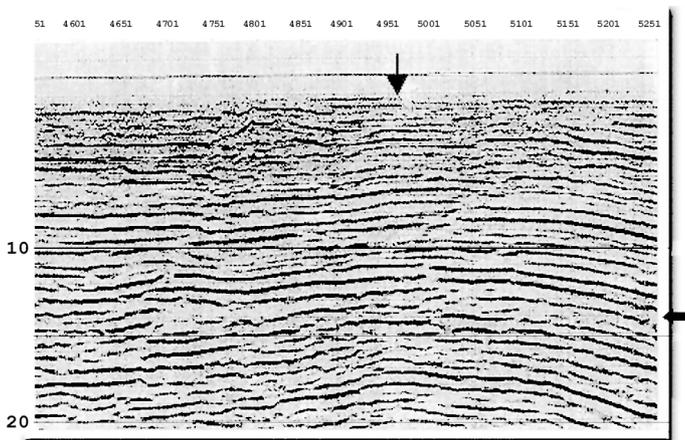


Figura 3. Fragmento de corte de tiempo de moderna adquisición en la cuenca del Cauto.

de gas y/o petróleo en los pozos vecinos Manzanillo y Granma.

Aberbuj (1982) refiere que en la región de Uzen en la extinta URSS, en un yacimiento gasopetrolífero vinculado a una estructura sísmica, se observó un cambio de la velocidad entre valores aproximados a 2 260 m/s en el área del yacimiento y 2 510 m/s fuera del intervalo de éste, magnitudes que son similares a las evaluadas en las proximidades de la estructura objeto de interés.

Ptetsov (1977) señala que típicamente los yacimientos gasopetrolíferos se modelan asumiendo, en los sectores donde los mismos se hallan ubicados, decrementos de la velocidad del orden del 15 % respecto al medio circundante; precisamente, en un orden de magnitud aproximado a éste, está la variación de la  $V_{int}$  observada en el punto considerado, entre el intervalo de interés y las capas adyacentes.

Por otra parte, Barulin (1983) expone ejemplos del comportamiento geofísico sobre varios yacimientos gasopetrolíferos. Este autor señala que en el yacimiento Kala, localizado en la extinta URSS, en el intervalo de profundidades comprendido entre 1 480-1 800 m y correspondiente a rocas terciarias petroleras, fueron registrados valores de la  $V_{int}$  del orden de 2 208 m/s dentro del yacimiento y de 2 700 m/s fuera de éste. El contraste

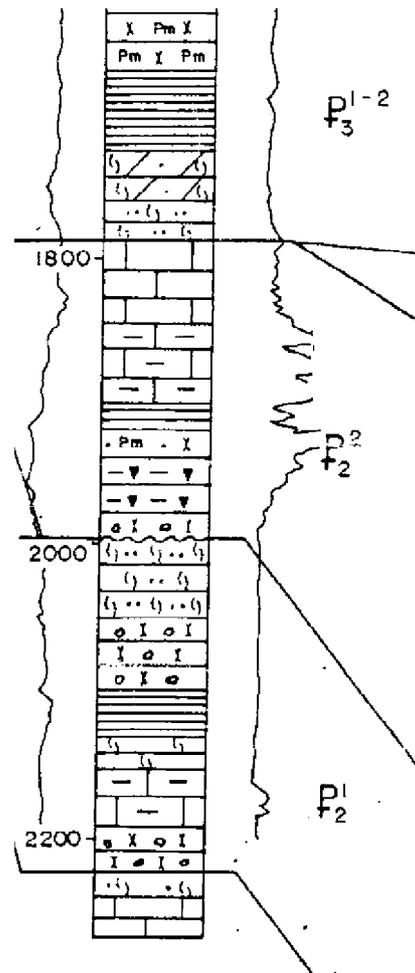


Figura 4. Columna estratigráfica del pozo Oruita

observado en el punto del perfil que se analiza en este trabajo, está en correspondencia, aproximadamente, con el observado por este autor.

Por último, Brodovoi (1984) señala que múltiples mediciones de velocidades realizadas sobre numerosos yacimientos gasopetrolíferos en el mundo, indican la disminución de este parámetro en, al menos 200-500 m/s con relación al medio circundante, lo que se corresponde con el comportamiento observado en el caso que nos ocupa.

Atendiendo a lo anterior, en el curso del presente trabajo, fueron analizados los valores de la Vint a lo largo de una línea sísmica que pasa sobre un yacimiento gasopetrolífero cubano, por lo cual se ratifica en este sector, la existencia de una clara disminución de este parámetro dentro del intervalo productor, en un orden de magnitud similar al observado en nuestro caso.

Debe señalarse, también, que la ubicación de la estructura referida corresponde con un mínimo regional gravimétrico y que no se observan anomalías magnéticas vinculadas a la misma, aspectos estos que son adicionalmente positivos desde el punto de vista de la exploración petrolera.

En las figuras 2 y 3 puede verse que existe una correspondencia espacial adecuada entre la estructura referida y otra más profunda constituida presumiblemente por rocas cretácicas, las que parecen estar limitadas por una falla de gran amplitud, lo cual le confiere a este sector aun un mayor interés. Al parecer, ésta es una estructura que se observa en dos niveles estratigráficos diferentes. La misma ha sido recientemente cartografiada a escala 1:100 000, y catalogada como un objetivo de interés para futuros trabajos. Aunque cabe señalar que en esta cuenca no ha sido aún revelado el Cretácico por perforaciones, es indudable que la detección de sus supuestos horizontes mediante la sísmica en la parte inferior de la cobertura terciaria, reviste una gran importancia para la exploración petrolera.

### CONCLUSIONES

- En la cúpula del plegamiento denominado Caoba detectado en la Cuenca del Cauto mediante métodos sísmicos, se observa una anomalía semejante a un "flat spot", lo que le confiere a tal estructura un interés especial, el cual se incrementa teniendo en cuenta la referencia de los pozos más cercanos, el comportamiento de la Vint observado en el punto 2575 y el hecho de que la misma coincida espacialmente con un pliegue más profundo correspondiente, presumiblemente, al Cretácico.
- Sería conveniente estudiar el comportamiento de otros campos geofísicos y geoquímicos que también proporcionan en forma rápida y barata criterios directos para la búsqueda de hidrocarburos

(Pardo Echarte et al., 1998), así como realizar un determinado volumen de trabajos sísmicos de mayor detalle sobre la anomalía detectada, sometiendo sus resultados a un procesamiento especial a fin de evaluar, en una forma más categórica, el interés gasopetrolífero de la misma.

- La presencia de una anomalía de tipo "flat spot" en la estructura estudiada, debe ser valorada como un elemento que señala su prioridad para próximos estudios sísmicos que se realicen en la Cuenca del Cauto.
- El análisis cuidadoso de los cortes de tiempo disponibles, que han sido obtenidos en cuencas sedimentarias donde se manifieste una buena relación señal útil/ruido, puede poner de manifiesto otras anomalías similares en Cuba, las que eventualmente podrían presentar interés como criterio de diagnóstico directo de la posible presencia de hidrocarburos.

### BIBLIOGRAFÍA

- ABERBUJ, G. A.: Estudio de la composición y propiedades de las rocas mediante métodos sísmicos (en ruso), Ed. Niedra, Moscú, 1982.
- ALMOGHZABI, H., Y J. LANGE: "Layers and bright spots", *Geophysics*, 51(3) :198-210, 1986.
- ALSINA DE LA NUEZ P, J. ÁLVAREZ CASTRO et al.: "Consideraciones geológicas acerca de las posibilidades de producción comercial de hidrocarburos en el área del Cauto", *Revista Tecnológica* (6), 1968.
- ÁLVAREZ DE BUERGO, E. et al.: "Guadalquivir Valley Basin Spain, A case of successful use of AVO", *Joint SEG/EAEG Summer Research Workshop*, pp. 1-5, 1992.
- ANSTEY, N. A.: *Simple seismic*, Boston, IHRD, 1977.
- BACKUS, M. M., Y R. L. CHEN: "Flat spot exploration", *Geophysical prospecting*, 23 (3) : 533-578, 1975.
- BADOLA, S. N., et al.: "A study of seismic signatures and their interpretation in terms of subtle traps and fluid contacts in the Tertiary sequence of Cambay Basin", *Journal of Association of Exploration Geophysics*, 9 (3) :113-121, 1988.
- BARULIN, G. I.: *Fundamentos geofísicos para el pronóstico regional gasopetrolífero* (en ruso), Ed. Niedra, Moscú, 1983.
- BRODOVOI, B. B.: *Aplicación compleja de los métodos de prospección geofísica* (en ruso), Ed. Niedra, Moscú, 1984.
- DOBRIN, M. Y C. SAVIT: *Introduction to geophysical prospecting*, McGraw Hill Book Co., Singapore, 1988.
- DOMÍNGUEZ, R. et al.: "Resultados de las últimas investigaciones geofísicas para petróleo llevadas a cabo en la Cuenca Sur de Cuba Oriental" (Informe al CEINPET), 1999.
- ENACHESCU, H. E.: "Structural setting and validation of direct hydrocarbon indicators for Amauligak oil field, Canadian Beaufort Sea", *AAPG Bulletin* 74 (1) : 41-59, 1990.
- MIRÓ, G.: "Aplicación integrada de los métodos geofísicos, morfométricos y de teledetección para el estudio de la Cuenca del Cauto", Tesis doctoral, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1993.
- PARDO, M., G. ECHEVARRÍA Y J. ÁLVAREZ CASTRO: "Técnicas geofísico-geoquímicas no convencionales para la prospección de hidrocarburos; progresos de su aplicación en Cuba", en *Memorias del Tercer Congreso de Geología y Minería*, pp. 547-551, 1998.
- PTETSOV, C. E.: *Análisis de los campos de ondas para el pronóstico de la constitución geológica del corte* (en ruso), Ed. Niedra, Moscú, 1977.
- SHERIFF, R. E. Y L. P. GELDART: *Prospección sísmica* (en ruso), Ed. MIR, Moscú, 1987.