

Yacimiento Atlantic

Aquí se analizaron 18 bloques de exploración con más de 600 pozos. La distribución de pozos por clase es la siguiente:

Clase	Pozos	Clase	Pozos
1	43	8	1
2	7	9	7
3	2	13	110
5	256	14	15
6	128	15	26
7	40		

Las clases 5 y 6 asumieron el 60 % de los pozos. La primera posee el Ni, Fe y Mg con valores altos, y el Co con valores bajos. La segunda presenta el Ni y el Fe con valores altos, y el Co y Mg con valores bajos.

En este yacimiento las clases 4, 10, 11, 12 y 16 no presentaron pozos. Esto pudo ocurrir debido a la pequeña cantidad de bloques analizados, no obstante, es evidente, que estas clases serán las de menor frecuencia en el yacimiento.

CONCLUSIONES

Aunque este segundo intento de clasificación no se puede considerar definitivo es mucho más factible que el primero, y permite realizar la zonificación del yacimiento según los contenidos de los elementos mencionados. Además, permite corroborar la validez de algunas hipótesis planteadas con anterioridad como es la correlación inversa entre el hierro y el magnesio.

Las clases 4, 8, 12 y 16, que poseen estos dos elementos con contenidos bajos, sólo poseen 1 pozo de los 4 000 analizados en ambos yacimientos, lo que representa el 0,02 % del total, o sea, se demuestra la ausencia casi total de pozos en donde los contenidos de Fe y Mg sean bajos.

BIBLIOGRAFIA

- POLANCO A. R. y A. F. TSEJOVOY: "Establecimiento de la función de distribución de los contenidos de los componentes útiles de los yacimientos lateríticos de Cuba", Instituto de Investigaciones Científicas de Información Científico Técnica e Investigaciones Técnico Económicas, Alma-Ata, 1991.
- TSEJOVOY, A. F.: "Creación de las concepciones de la dirección del sistema de canteras", Tesis para la obtención del grado científico de doctor, Instituto Politécnico de Kasajstán, 1982.

POSIBILIDADES DE LA SISMOESTRATIGRAFIA EN LA CUENCA LOS PALACIOS

Ing. Carlos Cortada Bravo
Ing. Guillermo Miró Pagés
Ing. Marina Vega Carreño

Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". Departamento de Geofísica. Ciudad de La Habana

RESUMEN

Se exponen las posibilidades del método sismoestratigráfico para el estudio de las condiciones sismogeológicas existentes en la región de la cuenca Los Palacios, uno de los territorios prospectivos para la prospección gasopetrolífera de Cuba.

La cuenca Los Palacios es una región de Cuba donde las potencialidades gasopetrolíferas no están totalmente esclarecidas en la actualidad. Diferentes investigadores se han dedicado a su estudio desde la década del 20, destacándose los trabajos de Aballí, Andressan, Arriaza y otros.

En los límites de la cuenca han sido perforados alrededor de 16 pozos profundos, principalmente en su extremo norte, la mayoría realizados hasta 1959. En siete de ellos se han detectado manifestaciones de petróleo, gas o asfalto en distintos intervalos estratigráficos.

Numerosas campañas de exploración sísmica han sido realizadas en el área de la cuenca. Por la calidad de la información aportada resaltan los resultados del levantamiento efectuado en el extremo nororiental del área (período 1986-87) por la Empresa Nacional de

ABSTRACT

Exposed are the possibilities of sismostratigraphic method for studying sismology conditions in Los Palacios basin, that is one of the most prospective area for oil and gas prospection in Cuba.

Geofísica, mediante el Método del Punto Común de Profundidad (MPCP).

En este trabajo se expresan los resultados preliminares obtenidos gracias al trabajo conjunto de investigadores de la Empresa de Geofísica y del Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría" (ISPJAE) en el reanálisis de los cortes en tiempo de la cuenca, lo que ha permitido emitir algunos criterios acerca de las posibilidades de la sismoestratigrafía en la región.

Características geológicas de la cuenca Los Palacios

La cuenca está ubicada en el occidente del territorio cubano, en la porción centro-sur de la provincia de Pinar del Río. Tiene una longitud de 80 km y un ancho de 7-35 km y está orientada en dirección suroeste-noreste, ver Figura 1.

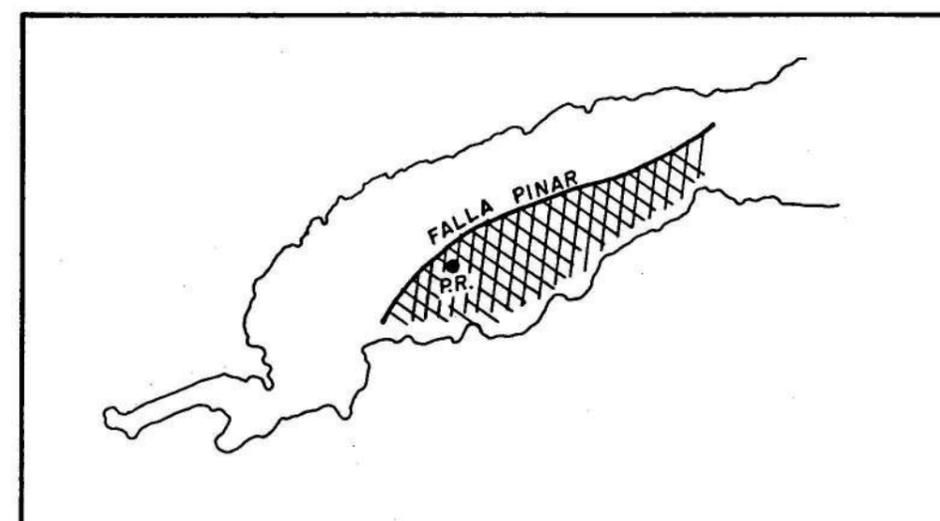
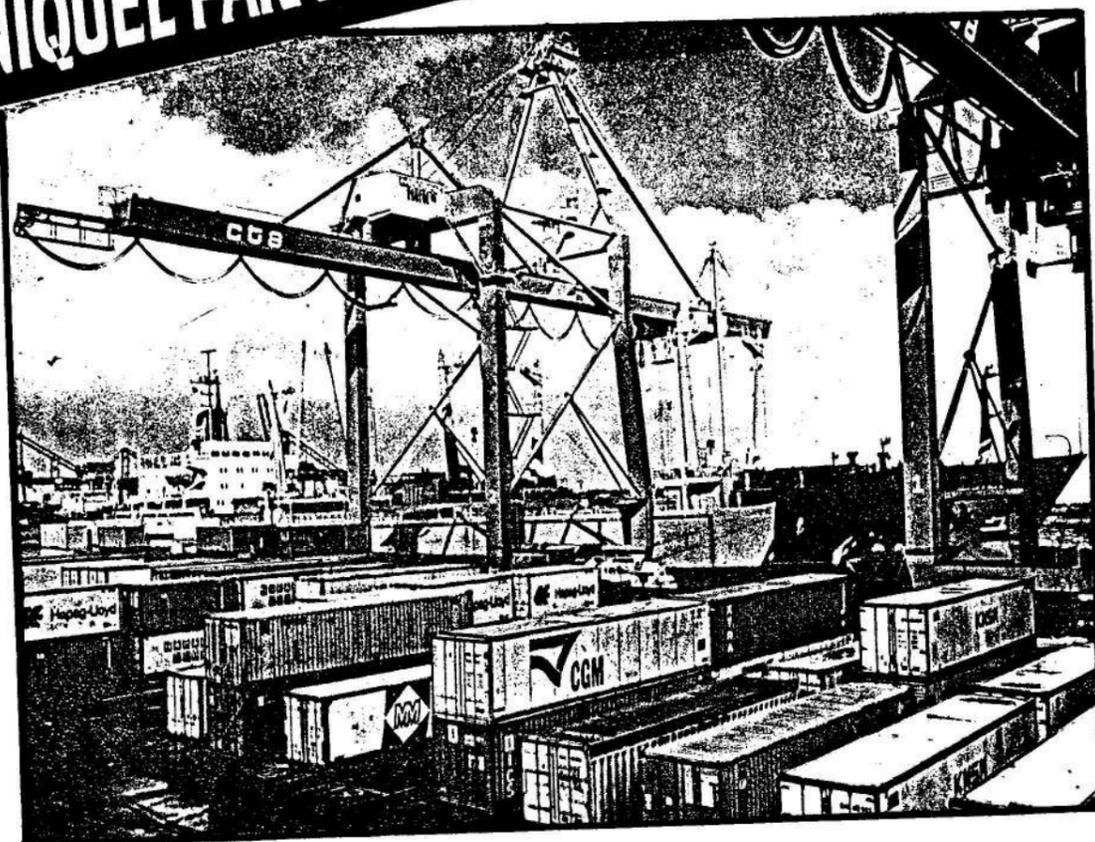


FIGURA 1. Ubicación de la Cuenca Los Palacios.

De acuerdo con la información aportada por los pozos profundos perforados en el área, los levantamientos geológicos de superficie y la interpretación de los materiales geofísicos, la cuenca está constituida

en su base por rocas ofiolíticas y del arco volcánico pertenecientes al terreno Zaza, recubiertas por una potente capa de sedimentos de edad Cretácico Superior-Reciente que alcanza espesores de más de 6 km.

NIQUEL PARA EL MUNDO



Al tener en consideración la génesis, composición y edad de este corte rocoso, es posible separar tres pisos diferentes (López y otros, 1993):

1. El arco de islas, de edad Aptiano-Turoniano, identificado en la base de la cuenca y compuesto por rocas vulcanógenas y vulcanógeno-sedimentarias de igual edad al arco, y por un paquete de edad Coniaciano-Santoniano, constituido por arcillas y areniscas cal-

deas con intercalaciones de calizas y raramente pedernales.

2. Complejo orogénico, de edad Campaniano-Eoceno Inferior, constituido por depósitos arcillo-conglomerático-arenáceos.
3. Complejo post-orogénico, de edad Eoceno-Cuaternario, compuesto por rocas terrígeno-carbonatadas, ver Figura 2.

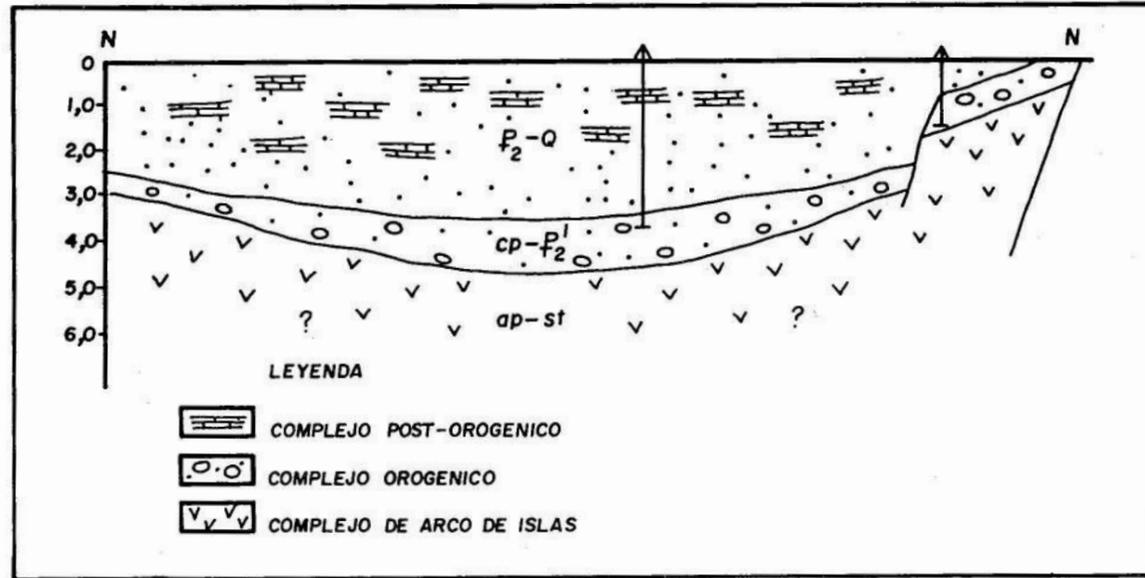


FIGURA 2. Perfil esquemático de la Cuenca Los Palacios Escala 1:1 000 000.

Principios del análisis sismoestratigráfico de los cortes en tiempo

Las premisas teóricas del análisis sismoestratigráfico han sido expuestas y analizadas en distintas publicaciones, tanto nacionales como extranjeras. Puede decirse que la sismoestratigrafía permite el estudio de la estratigrafía y de las facies, mediante la reinterpretación de los datos sísmicos, utilizando los más modernos conceptos sedimentológicos.

La estratigrafía sísmica parte del criterio de que cada eje de cofasidad es una línea de correlación cronoestratigráfica entre las trazas sísmicas.

Según se expone en la literatura especializada, el análisis sismoestratigráfico consta de los siguientes pasos:

1. Análisis de los complejos sísmicos, también llamados Formaciones Sismoestratigráficas (FSE). Este análisis lleva implícito la identificación en el corte sísmico de tiempo de diferentes "intervalos cuasi sincrónicos" correspondientes a diversos complejos sedimentarios, constituidos por capas relativamente concordantes entre sí y vinculadas genéticamente. Las FSE aparecen limitadas por otros intervalos consecutivos en el corte en tiempo mediante superficies o fronteras, según las cuales se observa discordancia en el comportamiento de los ejes cofásicos.

2. Análisis de las facies sísmicas, es decir, estudio de la geometría de los ejes cofásicos que están dentro de las FSE, asociados a las reflexiones de las capas comprendidas dentro de los límites de éstas, con el objetivo de establecer criterios acerca de las condiciones de sedimentación que predominaron en una región dada, así como, valorar aproximadamente las litologías implícitas.

Según ha sido considerado por diferentes especialistas (Kunin y otros), la sismoestratigrafía no debe ser considerada solamente como un método para resolver tareas de correlación estratigráfica. Este análisis, paralelo a la solución de tareas estratigráficas, puede resolver en forma efectiva diferentes tareas de tectónica, litología e incluso hidrogeología, o sea, constituye un método que permite valorar en forma amplia y compleja el estudio de la constitución, desarrollo y perspectivas gasopetrolíferas de las cuencas sedimentarias.

Reanálisis de los cortes en tiempo

Al iniciar la investigación se tuvo en cuenta, fundamentalmente, que las premisas geológicas actuales en la región objeto de estudio, no se correspondían exactamente con aquellas existentes en las regiones del mundo en las que surgió y se desarrolló el análisis sismoestratigráfico, los bordes pasivos del continente, en particular los de la costa atlántica. No obstante, par-

tiendo de la universalidad de los principios teóricos de este análisis, se abordó esta tarea en la cuenca de Los Palacios.

La región investigada ha sido cubierta parcialmente por diversas campañas de exploración sísmica desde la década del 40. En el período 1986-87 se realizó el último levantamiento sísmico en esta región mediante el MPCP (Aballí y otros, 1946), empleando un

12 y 24 veces. La forma de registración empleada fue la digital, las trazas grabadas en los magnetogramas fueron sometidas a diversos algoritmos modernos de elaboración (deconvolución, filtración, migración, etcétera).

El área cubierta por levantamiento sísmico abarca el sector nororiental de la región investigada, ver Figura 3.

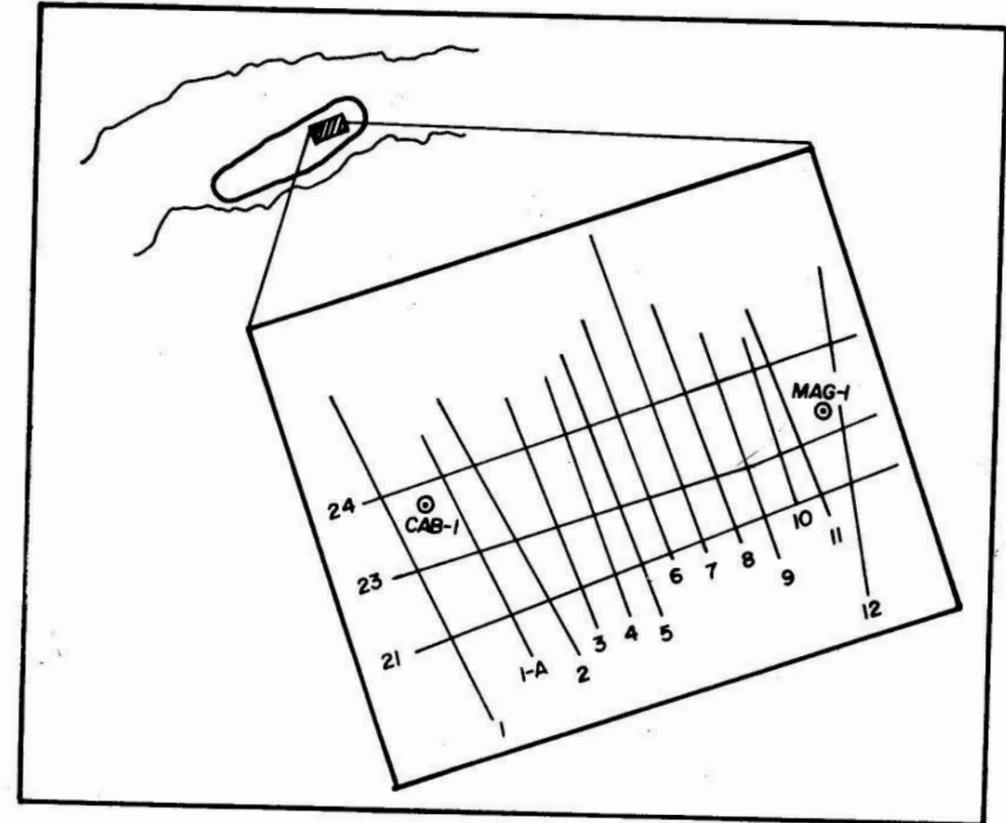


FIGURA 3. Esquema de la ubicación de los perfiles analizados.

sistema de observación de recubrimiento múltiple por Del análisis cuidadoso de los cortes en tiempo se aprecia que en esta región se manifiestan tres formaciones sismoestratigráficas:

FSE-1: corresponde con el intervalo de tiempo de 0-1,5 s y su referencia estratigráfica es el Eoceno Superior-Mioceno. Según los datos de los pozos Las Mangas-1 y Candelaria, en la composición de estas FES predomina las calizas organógenas.

FSE-2: se corresponde con el intervalo de tiempo 1,5-2 s. Desde el punto de vista estratigráfico se relaciona con los sedimentos del Eoceno Medio. La litología característica aquí es más terrígena que en el caso de la FSE-1 predominando las areniscas polimicticas con intercalaciones de arcilla. La base de esta FES se asocia con el límite inferior del llamado complejo postorogénico.

FSE-3: se encuentra a partir de los 2 s y se corresponde con los sedimentos de edad Cretácico Superior-Paleoceno asociados al llamado complejo orogénico; ver Figuras 4 y 5.

Es bueno señalar que asociado al límite superior de la FSE-3 se manifiestan los eventos sísmicos de mayor intensidad, lo cual se evidencia claramente en la traza sintética que aparece en la Figura 5, calculada en el Departamento de Geofísica del ISPJAE.

La FSE-1, según el análisis de los cortes en tiempo correspondientes a los perfiles orientados en dirección norte-sur, está caracterizada por ejes cofásicos extensos, relativamente paralelos y subparalelos con buena expresividad dinámica. Esta FSE-1 está saturada de reflexiones, lo cual parece indicar la existencia de recesos relativamente frecuentes en las condiciones de sedimentación durante el intervalo de tiempo geológico perteneciente a la misma. La intensidad de estas reflexiones podría estar asociada a la magnitud de tiempo de los recesos referidos (Figura 4). Se aprecian también, ocasionalmente, algunos intervalos "mudos" (pérdidas del eje de cofasidad) los que trataron de correlacionarse infructuosamente entre los perfiles paralelos.

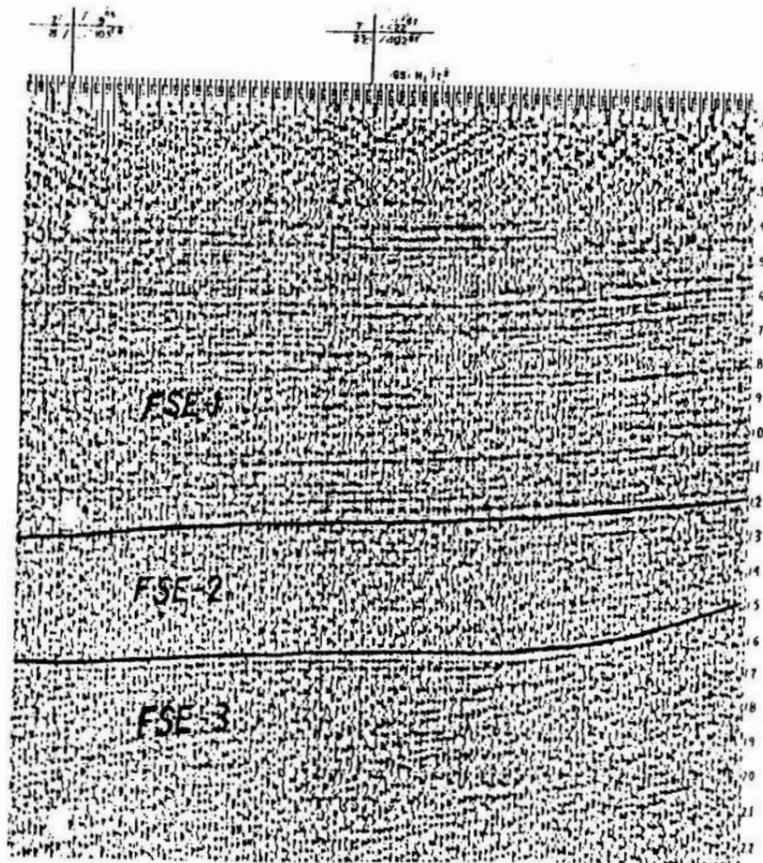


FIGURA 4. Corte en tiempo de PCP donde se muestran las FSE.

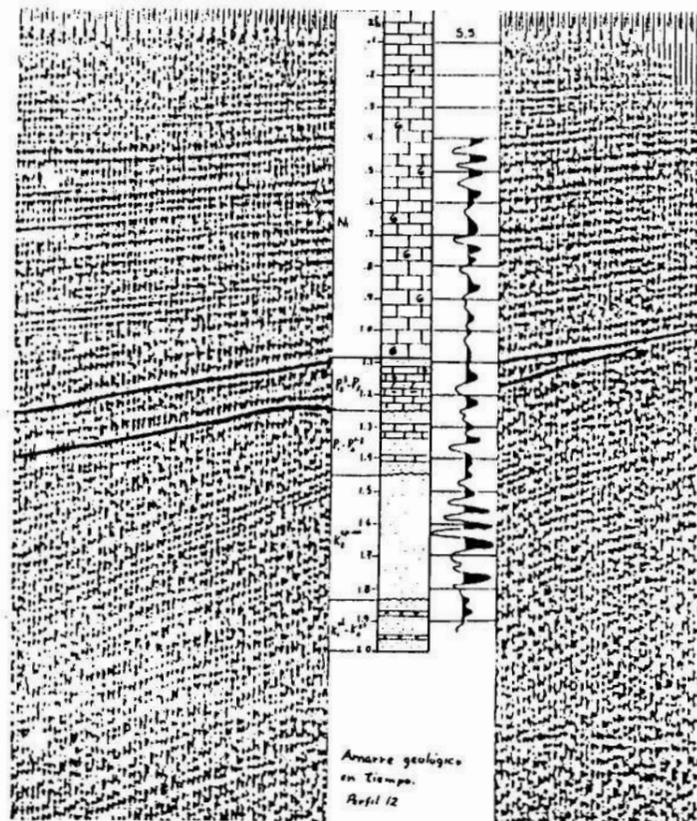


FIGURA 5. Traza sintética y su correspondencia con el corte en tiempo y la columna litoestratigráfica del pozo Las Mangas-1.

No puede excluirse la posibilidad de que los intervalos mudos en el corte de esta formación, puedan estar asociados a posibles variaciones faciales locales que impliquen cambios hacia rocas de mayor granulometría o la posible presencia de arrecifes. Actualmente no se dispone de todos los datos para realizar algún tipo de afirmación categórica en este sentido.

En la FSE-1 no es predominante la presencia de fallas ni de pliegues. Se observa un ascenso de los ejes cofásicos en dirección norte, y no se aprecian cambios significativos en ninguna dirección. Se puede decir que es bastante homogénea. En los perfiles transversales a los anteriormente referidos, esta formación es identificada también de manera clara.

Con relación a la FSE-2 puede decirse que la misma se ve estable en los perfiles analizados. Esta formación aparentemente es mucho más homogénea que la anteriormente descrita, lo que puede ser provocado por el hecho de que las secuencias correspondientes a ella son de naturaleza terrígena, según se corrobora mediante los datos de pozo.

En la parte norte de los perfiles con dirección norte-sur se observa un acuñaamiento de la FSE-2 contra la FSE-1, así como en los perfiles transversales. Es indudable que los acuñaamientos referidos, por pertenecer a horizontes terrígenos, presumiblemente limitados por capas de calizas sobreyacentes probablemente menos permeables, podrían representar interesantes objetivos de tipo estratigráfico para la prospección gasopetrolífera.

En la FSE-2 no se aprecian deformaciones intensas. Aparentemente la sedimentación ha sido tranquila con ausencia de fallas y dislocaciones plicativas.

En la FSE-3 se ve un evidente cambio del cuadro ondulatorio. El análisis sismoestratigráfico de esta formación se torna mucho más difícil, ya que la influencia de la tectónica en el campo de ondas enmascara considerablemente las particularidades estratigráficas (Figura 4).

Al analizar el comportamiento de los ejes cofásicos se aprecian los siguientes rasgos:

- No se observan ejes cofásicos extensos ni estables.
- Los ejes presentan inclinación variable.
- Cambia el grado de continuidad lateral.
- Cambia de manera apreciable la frecuencia predominante de los pulsos sísmicos, haciéndose éstos de frecuencia más baja con respecto a los que caracterizan a la FSE sobreyacente.

Aparentemente los coeficientes de absorción aumentan al pasar a esta FSE, por la característica terrígena predominante del corte, y por las intensas deformaciones que identifican a la misma.

Entre los perfiles 1 y 3 se ve en la parte superior de la FSE-3 una aparente depresión, que puede estar asociada a una estructura sinclinal en el intervalo de tiempo 2,2-2,7 s. En estos perfiles la depresión mencionada se ve expresada por ejes cofásicos que se cortan, lo que da idea de que los parámetros empleados

para la realización de la migración, no fueron totalmente satisfactorios.

Al analizar los cortes se aprecia que la FSE-3 es menos informativa en su extremo norte. Aparentemente esto es provocado por el efecto del sistema de fallas que se manifiesta en esta dirección.

Entre los perfiles 3 y 4 se observa un cambio considerable del cuadro ondulatorio. En los perfiles siguientes (5,6,7) hay ausencia de ejes cofásicos cortados. Es de significar que asociado a este cambio los datos geomorfológicos reflejan una variación en su comportamiento. El perfil 7, por ejemplo, atraviesa varias morfoestructuras, las cuales se ven claramente en el corte en tiempo.

En el perfil 24, en la parte superior de la FSE-3 hay ausencia de ejes cofásicos. Esto ocurre hasta tiempos iguales a 3,3 s. Para tiempos mayores se ve la presencia de estos ejes cortos y colinosos, observándose un aumento del grado de caotización de los ejes cofásicos en dirección norte. En los perfiles transversales se aprecia un cambio notable del 21 al 24. En este último los ejes son cortos y dispuestos caóticamente, mientras que ya en el 23 se observa un aparente aumento del grado de coherencia en la disposición de los ejes, presentando el mismo un aspecto colinoso.

Una posible interpretación de esta situación puede ser la ubicación al norte de la fuente de aporte de sedimentos. En esta dirección habría que esperar un aumento gradual de la granulometría y porosidad de las capas analizadas, lo que estaría asociado a su vez a un empeoramiento del cuadro ondulatorio.

No obstante, hay que tener en cuenta, que el sistema de fallas desarrollado al norte del sector investigado, puede hacer considerablemente caótico el cuadro ondulatorio. Hacia el extremo este del perfil 22 se aprecia una aparente estructura anticlinal.

Especial atención se prestó al análisis de la FSE-3 debido al posible interés gasopetrolífero que la misma pudiera tener, tanto por el tipo de litología, como por la edad de las rocas que la componen. Además, se valoró su analogía con otras regiones de probable capacidad gasopetrolífera del país.

A pesar de que las complejas características sismogeológicas que predominan en la FSE-3 dificultan considerablemente el análisis sismoestratigráfico, los autores de este trabajo opinan, que tiene particular interés el extremo norte de los perfiles hacia donde se produce el acuñaamiento de los horizontes, y el posible aumento de la porosidad de las rocas.

Debe tenerse presente, además, que precisamente hacia esta zona, en varios pozos perforados años anteriores, se detectaron manifestaciones de petróleo y gas.

CONCLUSIONES

La calidad de los cortes en tiempo analizado, posibilita el empleo de éstos para el análisis sismoestratigráfico, principalmente de la cobertura terciaria-sedimentaria de la región investigada.

En el sector nororiental de la cuenca Los Palacios se manifiestan tres FSE, las cuales se corresponden con los siguientes intervalos litoestratigráficos:

- FSE-1 : Eoceno Superior-Mioceno
- FSE-2 : Eoceno Medio
- FSE-3 : Cretácico-Eoceno Inferior

La FSE-1 se caracteriza por presentar una gran saturación de ejes cofásicos, subparalelos, extensos y estables. Dentro de estas FSE se observan algunos sectores en los que se aprecia la pérdida de ejes cofásicos y zonas mudas que pudieran estar asociadas a cambios faciales laterales, no excluyéndose la presencia de arrecifes.

La FSE-2 se caracteriza por ser relativamente transparente, es decir, presentar pocos ejes cofásicos. La misma está constituida por rocas de naturaleza terrígena que se acuñan al norte contra la FSE-1, lo que pudiera ser objeto de interés.

El análisis sismoestratigráfico de la FSE-3 es mucho más limitado con respecto a las anteriores FSE, ya que aquí predominan deformaciones que dan lugar a numerosos ruidos de diferente naturaleza, enmascarando considerablemente el estudio de las características estructurales de la misma. Hacia el extremo norte de los perfiles se aprecia un incremento gradual de la caotización de sus ejes cofásicos.

BIBLIOGRAFIA

- ABALLI, P. y otros: "Trabajos sísmicos (PCP) en la depresión Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1926, 1946.
- ANDRIESSAN, R.: "Reporte final del reconocimiento sísmico en el área de San Cristóbal", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1921, 1947.
- ANKUDINOV, S. y otros: "Informe sobre investigaciones sísmicas del MCOR en la depresión Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1976.
- ARRIAZA, G. y otros: "Informe final sobre los resultados de los trabajos sísmicos regionales de refracción en la parte oriental de la provincia de Pinar del Río (perfiles 86, 88 y 89)", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3270, 1984.

- EGOROV, V.: "Mapa gravimétrico a escala 1:100 000 de Pinar del Río, La Habana y Matanzas, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 606, 1973.
- GARCIA, R.: "Notas sobre la constitución geólogo-estructural de la depresión Los Palacios", *La Minería en Cuba*, no. 3, pp. 3036, Julio/Sept., 1978.
- HALL, C. S.: "Estudio sísmico de reflexión en la cuenca Baños, Pinar del Río. Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1916, 1957.
- KUNIN, N. Y. y otros: "Sismoestratigrafía en la solución de problemas en la búsqueda y exploración de yacimientos de petróleo y gas", Ciencias Generales, t. 3.
- LAZAREV, M. y otros: "Informe sobre los resultados de los trabajos de prospección sísmica (MCOR) en la parte oriental de la depresión Los Palacios, Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1978.
- LIVINSTON, E. C.: "Reporte geofísico sobre revisión sísmica del área de la cuenca de los Baños, Los Palacios, Pinar del Río", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1924, 1959.
- LOPEZ, J. G. y otros: "Algunas consideraciones sobre el potencial de hidrocarburos de la cuenca Los Palacios", V Encuentro Científico de la Sociedad Cubana de Geología, Filial Habana, pp.9-10, Ciudad de La Habana, 1993.
- MIRO, G.: "Elaboración integrada de datos geofísicos, morfométricos y de teledetección para el estudio de la cuenca del Cauto", Tesis doctoral, ISPJAE, 1993.
- MISHINOV, B. y otros: "Informe parcial sobre los trabajos regionales del MCOR en Cuba occidental, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 2727, 1974.
- MORALES, I. y otros: "Informe sobre los resultados de los trabajos regionales por el MPCP, MCOR y Gravimetría realizados en la parte oriental de la provincia de Pinar del Río, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3573, 1986.
- MORGAN, W. H. y otros: "Compañía Standart Oil de Cuba en la exploración de San Cristóbal, provincia de Pinar del Río", Archivo Nacional del Fondo Geológico, 1947.
- NECHASOV, Y. y otros: "Informe preliminar sobre los resultados de los trabajos de prospección sísmica en la depresión de Los Palacios realizados por la brigada GF-13", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 2821, 1978.
- PAYTON, C. E.: *Estratigrafía Sísmica*, Ed. Mir, Moscú, 1982.
- SORA, A. y otros: "Informe sobre los trabajos sísmicos de reflexión por el MPCP a lo largo de los perfiles curvilíneos en los escalones Los Palacios, Pinar del Río y Esperanza, Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 3544, 1987.
- TUCKER, P. M.: "Resultados de la investigación sísmica en la cuenca Los Palacios", Archivo Nacional del Fondo Geológico, INV. 1926, 1946.

REGULARIDADES HIDROQUIMICAS DEL YACIMIENTO DE AGUAS MINERO-MEDICINALES Y TERMALES "MENENDEZ"

Ing. José Batista Rodríguez
Ing. Jesús Blanco Moreno
Ing. Roberto Rodríguez Pacheco

Instituto Superior Minero Metalúrgico. Facultad de Geología

RESUMEN

La utilización de técnicas estadísticas multivariadas (análisis de componentes principales, análisis de factores) se ha convertido en una herramienta habitual de los estudios hidroquímicos. Un ejemplo ilustrativo es la aplicación de esta técnica al estudio de las regularidades hidroquímicas del yacimiento Menéndez. En este trabajo se establecen las principales regularidades desde el punto de vista hidroquímico a partir de los resultados del análisis de componentes principales, análisis de factores y técnicas de clasificación que no requieren información *a priori* (análisis euclidiano de agrupaciones). Se logró establecer la distribución areal de la mineralización, el contenido de yodo, el grado de acidez del yacimiento, así como las posibles zonas de movimiento de aguas fósiles y de apertura de sellos.

En investigaciones realizadas en el yacimiento de aguas minero-medicinales y termales "Menéndez" se determinaron las condiciones hidrogeológicas, los parámetros físicos, químicos, las características balneológicas, las condiciones de yacencia y génesis de estas aguas. Teniendo en cuenta la variabilidad de estos parámetros se hizo necesario utilizar técnicas que permitieran, por una parte, corroborar los resultados alcanzados anteriormente y por otra, llegar a obtener información adicional estableciendo determinadas regularidades, que no fueron posibles conocer por los métodos estadísticos tradicionales.

Los métodos estadísticos multivariados constituyen una herramienta necesaria en el estudio de las regularidades de los complejos acuíferos. Esto obedece no sólo a la necesidad de gestionar una cantidad urgente de datos, condensándolos y expresándolos de forma que permitan una aproximación más racional a los resultados finales del estudio de los complejos acuíferos, sino también al grado de información adicional que estos métodos proporcionan.

El yacimiento se encuentra ubicado a 1,5 km de la playa del mismo nombre, en la costa norte de la provincia de Matanzas. Este yacimiento es de gran interés para el turismo de salud por la calidad de sus aguas en diferentes tratamientos.

Características hidrogeológicas

En el área que ocupa el yacimiento, se desarrollan distintos horizontes y complejos acuíferos e impermeables. De acuerdo con estudios realizados estas unidades pueden dividirse en:

1. **Horizonte acuífero del Neógeno (N¹⁻²):** se desarrolla en la parte periférica noreste y está representado por calizas organógenas agrietadas.

ABSTRACT

The use of statistic multivariate techniques it's been becoming in habitual tool for hydrochemical studies. An illustrative example is the application of these techniques in the study of hydrochemical regularities of the Menéndez medical-mining and thermal water deposit. In this work it's been established the main regularities from the hydrochemical point of view based on the analysis results of the main components, factor analysis and classification techniques which do not require a prior information. With these methods we reached to establish the area distribution of mineralization, of the yodo content, the acid grade of deposit in the possible zones of fossil water movements and the opening of seals.

2. **Complejo acuífero del Paleógeno (P):** se desarrolla por debajo del horizonte acuífero del Neógeno. Atendiendo a las propiedades acuíferas de las rocas que lo componen, este complejo se ha subdividido en dos unidades:

- a) horizonte acuífero de agrietamiento (P₂²⁻³);
- b) horizonte impermeable (P₂²⁻³).

La primera unidad está compuesta por areniscas y calizas arenosas, agrietadas y fracturadas por los movimientos tectónicos. La segunda está compuesta por brechas calcáreas cementadas, no afectadas por el agrietamiento que ocupa la parte del complejo acuífero del Paleógeno.

3. **Complejo acuífero Jurásico-Cretácico (J-K):**

- a) horizonte acuífero del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (J₃th-K₁^{Ne});
- b) horizonte acuífero de agrietamiento del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (J₃th-K₁^{Ne}).

Se desarrolla en la parte central y sur de la mayor concentración de pozos muestreados que se localiza al este, se subdivide en las siguientes unidades acuíferas:

- a) horizonte acuífero Cretácico Inferior Aptiano-Cretácico Superior Cenomaniano K₁^{apt}-K₂^{cm};
- b) horizonte acuífero Jurásico Superior Tithoniano-Cretácico Inferior Neocomiano J₃th-K₁^{Ne};
- c) horizonte acuífero de agrietamiento del Jurásico Superior Tithoniano-Cretácico Inferior Neocomiano J₃th-K₁^{Ne}.

La primera se localiza en la parte sureste del yacimiento, está compuesta por calizas politomórficas con intercalaciones de silicitas y pedernales.

La segunda se localiza al sureste del yacimiento discordantemente a la secuencia del P-N₁¹⁻². En el norte yacen discordantemente por debajo del hori-

CUBANIQUEL

¡PÓNGASE EN CONTACTO CON CUBANIQUEL!



**MÁS NÍQUEL
MÁS CERCA
DE USTED**



7-8460

CUBANIQUEL



P. O. BOX
6128

Oficina Central:
Calle 23 No. 88. Vedado.
La Habana, Cuba.