

Estratigrafía del sector Morro–Bacuranao, provincia de La Habana, Cuba

Yaimeli Almaguer-Alvarez
Raydel Toyrac-Proenza
Santa Gil-González

Resumen

El presente trabajo aborda la estratigrafía del sector Morro-Bacuranao, zona perspectiva para producción de hidrocarburos. A la luz de recientes perforaciones que permitieron correlacionar estratigráficamente seis pozos ubicados en los municipios Habana del Este y Cojímar de la provincia de La Habana se confeccionaron los esquemas de correlación de los pozos y una columna geológica generalizada del área. Los nuevos datos estratigráficos y bioestratigráficos permiten concluir que en este sector el reservorio es del tipo Grupo Veloz, al ser una secuencia carbonatada donde predominan los mudstones calcáreos con una edad Jurásico Superior Tithoniano Superior-Cretácico Inferior. Estos resultados son de gran utilidad en la prospección petrolera, al disminuir el riesgo de la exploración en la Franja Norte de Crudos Pesados, principal zona productora de hidrocarburos de Cuba.

Palabras clave: correlación estratigráfica; prospección de petróleo; bioestratigrafía; columna geológica.

Morro-Buracanao stratigraphy, Havana province, Cuba

Abstract

This investigation presents the stratigraphy of the Morro-Bacuranao, which is a potential area for hydrocarbon prospection. Well correlation charts and the overall geologic column of the area were designed based on recent drillings that allowed making the stratigraphic correlation of six oil wells located in the municipalities of East Havana and Cojímar of Havana province. Based on revised stratigraphic and bio-stratigraphic data it was possible to conclude that in this sector the reservoir is of a Veloz Group type as it is a carbonated sequence where the calcareous mudstones of the Jurassic Superior, SuperiorTithonian- Lower Cretaceous prevail. These results are very useful for oil prospection due to the reduction of risks associated with the explorations in the Northern Strip of Heavy Crude Oils, the main hydrocarbon prospection area.

Keywords: stratigraphic correlation; oil prospection; bio-stratigraphic; geologic column.

1. INTRODUCCIÓN

El sector Morro-Cabañas se encuentra enmarcado en la Franja Norte de Crudos Pesados (FNCP), la cual se ubica en la costa norte de la provincia de La Habana y se extiende desde la bahía de Cabañas hasta Guanabo. Se corresponde con el sector marino inmediatamente aledaño a la costa ensanchándose hacia el norte hasta aproximadamente la línea que representa el frente de los cabalgamientos del cinturón plegado y cabalgado cubano (Figura 1).

La FNCP constituye la principal zona productora de hidrocarburos de Cuba, donde se han explotado históricamente yacimientos como Varadero, Boca de Jaruco, Puerto Escondido, Guanabo, entre otros. El aumento de las reservas de este recurso es de importancia estratégica para cualquier nación por lo que se realizan acciones de exploración hacia el occidente del país, tales como extender la franja hasta el Morro de La Habana.

En el norte de la provincia de La Habana se han realizado estudios estratigráficos desde la década de los cuarenta. Ejemplos de estos son los artículos de Brönnimann y Rigassi (1963); Albear & Iturralde-Vinent (1985); García-Delgado e investigadores (2001) y Gil-González, García-Delgado y Díaz-Otero (2009). En los últimos años se han perforado casi una decena de pozos en el sector Morro-Bacuranao para comprobar resultados revelados por los métodos sísmicos.

El método principal de muestreo es a partir de recortes de perforación cada 5 m o 10 m, elemento que hace compleja la interpretación estratigráfica del corte perforado. Por esta razón es de vital importancia la correlación de los estudios de superficie con estos nuevos datos y su integración en un modelo geológico coherente que ayude a reducir los riesgos de la exploración petrolera.



Figura 1. Ubicación geográfica del sector Morro-Cojímar de la Franja Norte de Crudos Pesados.

El área de estudio se enmarca fundamentalmente en el bloque 7 designado por el organismo Cuba Petróleo (CUPET), donde se localizan varios prospectos asociados al cinturón plegado y cabalgado cubano. Desde el 2007 comienza la perforación con el pozo COJ-100 y hoy suman ya diez pozos de exploración y evaluación. Se utilizaron los informes finales de seis de estos pozos como principal fuente de datos primarios. En la Figura 2 se muestra la ubicación y trayectoria de los mismos.

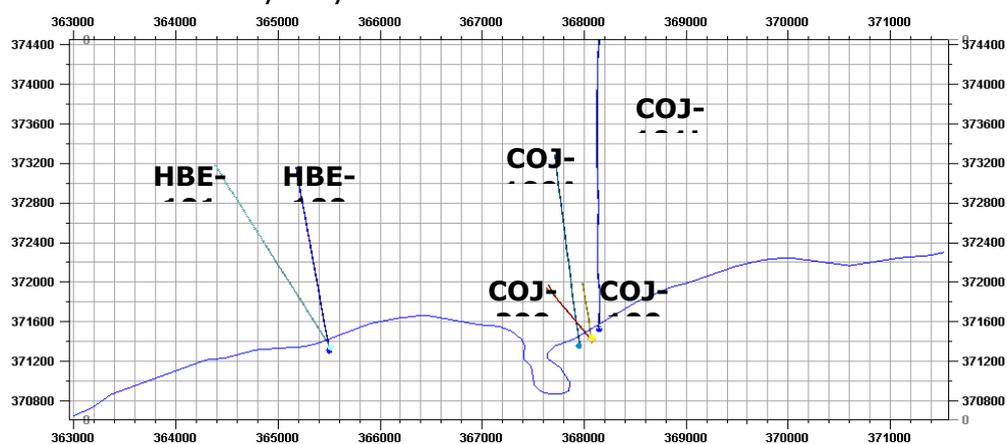


Figura 2. Mapa de ubicación de los pozos estudiados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo un levantamiento de materiales primarios y de las bases cartográficas a escala 1:100 000 para la ubicación del área en el marco regional y a escala 1:50 000 para los estudios de campo. Se revisaron

artículos que aportaron información de carácter regional sobre las características del área de estudio (García-Delgado *et al.* 2011; Gil-González *et al.* 1998), así como proyectos de investigación e informes vinculados con la explotación petrolera (Blanco-Bustamante *et al.* 2007; Brey del Rey *et al.* 2008 y Valladares, García & Brey 1997).

El análisis exhaustivo del material disponible en el archivo del Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) permitió la reinterpretación estratigráfica de los pozos LCB-100, HBE-100, HBE-101, COJ-100, COJ-100A, COJ-101L y COJ-200.

La elaboración de columnas litológicas en porcentaje, a partir de las descripciones de muestras de canal, permitieron una correlación litológica más precisa, mostrando de manera gráfica el predominio de diferentes rocas y la posibilidad de litologías "caídas". En las tablas anexas a los informes de los pozos no se detalla de manera sistemática esta información.

Se emplearon los registros geofísicos corridos en cada pozo, específicamente el de rayos gamma, por ser un registro litológico o de composición. De esta manera se pudieron correlacionar rápidamente distintos paquetes rocosos y junto a los datos litológicos y paleontológicos caracterizar los mismos.

El pozo COJ-100A, a diferencia del resto, contaba con información litológica desde superficie, por lo que se asumió como pozo patrón para la correlación. El intervalo de 395,0 m a 477,0 m fue redescrito nuevamente, desde el punto de vista paleontológico, para confirmar el tope de la formación Vía Blanca.

Toda esta información permitió conformar una tabla de topes y bases, que modificó las columnas de los pozos, además de establecer una nueva correlación y finalmente una columna generalizada del área.

Se realizaron itinerarios geológicos irregulares por el área de trabajo para reconocer las diferentes unidades en superficie. Se caracterizaron las distintas formaciones visitadas, profundizando su estudio con apoyo de la literatura consultada, lo cual, más adelante, ayudó al reconocimiento en el subsuelo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La correlación entre todos los pozos y, posteriormente, la conformación de una columna geológica generalizada del área ayudó a establecer el modelo de columna geológica para futuras perforaciones. Se partió de las columnas originales, observándose que en muchos casos resultaba incoherente la

información de un pozo a otro. En la Figura 3 se aprecia lo antes mencionado.

Debido a que las muestras desde el Eoceno Superior al Reciente constituyen el tramo del tranque de agua estas, en su mayoría, son tomadas aleatoriamente; por ejemplo, en los pozos de Cojímar, las secuencias del Eoceno al Reciente no guardan una estrecha correlación o no se detalla en los informes, aún cuando se nota que se ubican entre sí a menos de 500 m (los más distantes).

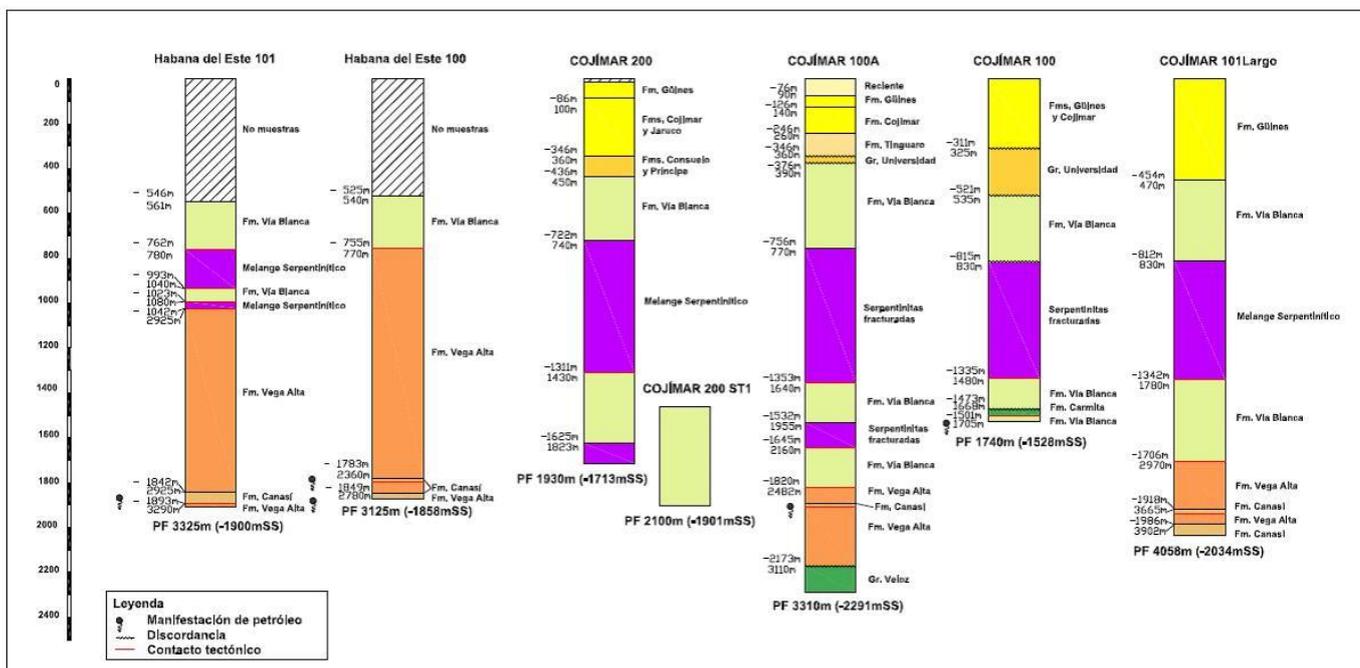


Figura 3. Columnas de seis pozos de exploración y evaluación del área de estudio. Se emplearon los topes y contactos tal y como aparecían en los informes finales de cada pozo.

Por otra parte, se aprecia una continuidad de rocas serpentínicas desde Habana del Este hasta Cojímar, las que se interpretan como un paquete serpentínico continuo; sin embargo, en el pozo HBE-100 estas fueron incluidas, al parecer, dentro de la formación Vega Alta. Otro elemento importante es la identificación del reservorio principal como Grupo Veloz en el pozo COJ-100A y formación Canasí en el resto. En este trabajo se asumirán todas estas secuencias como pertenecientes al Grupo Veloz por ser la formación Canasí una unidad informal, que actualmente se encuentra en estudio ya que no está reconocida en superficie, ni en el léxico estratigráfico del 2013.

Como muchos de los pozos son dirigidos costa afuera para correlacionarlos es necesario tener presente la ubicación espacial de los distintos paquetes,

acuñamientos en distintas direcciones, etcétera. Se empleó el software Petrel (2008) que facilita la visualización tridimensional de datos (Figura 4).

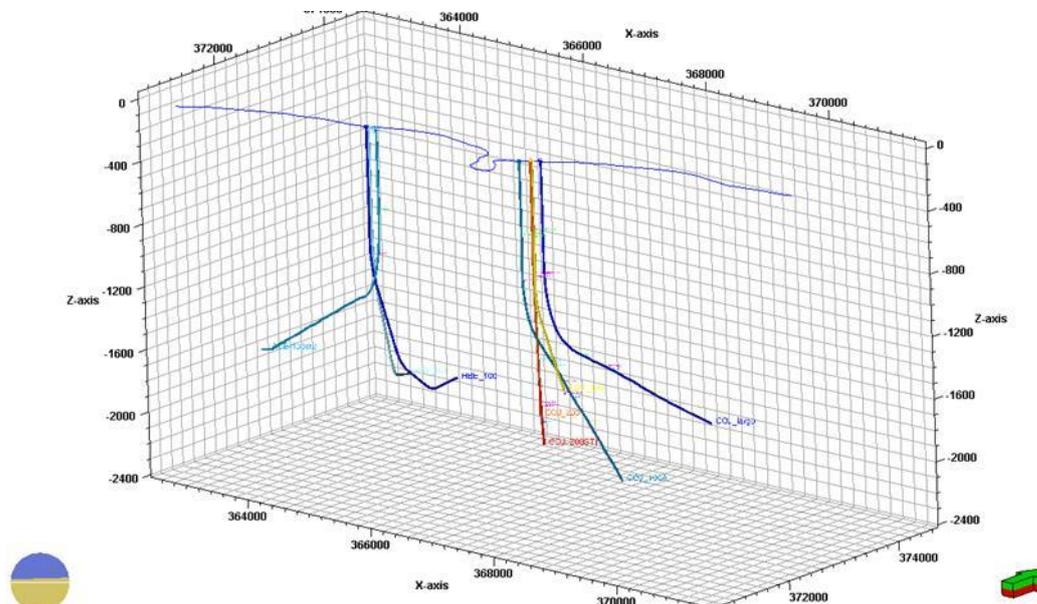


Figura 4. Vista 3D de los pozos estudiados.

El control geológico de los pozos de CUPET tiene un carácter operativo, enfocado en el cumplimiento de un principal objetivo, la obtención de hidrocarburos; esta puede ser la causa principal del poco detalle en el muestreo de secuencias jóvenes o muy someras. Es de destacar, además, que en secciones perforadas en rocas carbonatadas muy porosas y cavernosas del postorogénico se producen fuertes pérdidas de circulación y baja recuperación de cortes (ver pozos Habana del Este).

En todos los casos se comienza perforando carbonatos biogénicos y arrecifales de la formación Jaimanitas, que aflora en toda la zona costera y de manera visible en todas las instalaciones de superficie. Inmediatamente se continúa con calizas cristalinas duras, de aspecto sacaroidal, en parte dolomíticas, color crema claro, asociadas a la formación Güines. Seguidamente se describen calizas arcillosas y calizas fosilíferas de la formación Cojímar con un espesor aproximado de 100-150 m.

El Oligoceno (formación Tinguaro) es solo reconocible en el pozo Cojímar-100A, determinado por la siguiente asociación fosilífera: *Globigerina aff ampliapertura*, *Globorotalia mayeri*, *Hastigerina aequilateralis*, *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides ruber*, *Briozoo*, *Valva de Ostrácodo*. En el informe final del pozo se asume edad Oligoceno con probable fauna caída del Mioceno. Aunque parece acuñarse cabe la posibilidad de encontrarse en el resto de los pozos pero el intervalo de muestreo no es detallado en este caso.

En los pozos COJ-200, COJ-100 y COJ-100A se describen rocas asociadas al Grupo Universidad, con un espesor entre 100 m y 120 m. En el pozo COJ-200 se precisa una edad de Eoceno Medio-Superior, formaciones Consuelo y Príncipe. No es posible una división entre ambas. En el pozo COJ-101 no se encuentra fauna paleogénica, sin embargo, por registros geofísicos puede extenderse el mismo paquete de los pozos antes mencionados. El registro Gamma puede usarse como herramienta para la correlación, permitiendo la separación de paquetes litológicos; combinándolo con las descripciones de cuttings y las determinaciones paleontológicas.

La formación Vía Blanca se describe en todos los pozos con un espesor cercano a los 300 m y se caracteriza por un predominio de rocas siliciclásticas, destacándose limolitas, claystone (arcilita), arenisca polimíctica a tobácea. Predominan los colores gris y verde claro. Una amplia asociación fosilífera caracteriza esta secuencia como Cretácico Superior Campaniano-Maastrichtiano.

Rocas del Cinturón Ofiolítico del Norte de Cuba se evidencian en todos los sondeos, describiéndose fundamentalmente serpentinitas muy fracturadas, color verde, gris verdoso y negro, en ocasiones alteradas a minerales arcillosos y con elementos de otras litologías subordinados. Las serpentinitas presentan un reflejo evidente en el registro Gamma, mostrando valores muy bajos y homogéneos (Figura 5).

Litológicamente se describe muy bien el cambio; la ausencia de fauna es otro elemento característico. A continuación se relacionan algunos ejemplos:

- Pozo COJ-100A. En el intervalo de 686-762 m se describe: 10-70 % arenisca polimíctica, de granos medios a gruesos, cemento tobáceo, con buena selección de sus granos, de color gris claro y oscuro, dureza media; 20-40 % arcilla de color gris verdoso, de difícil lavado, no calcárea. A partir de 770 m por litología comienza a aparecer serpentinita de color gris oscuro con tonalidades azulosas, fracturada, dureza media. Serpentinita alterada de color gris claro a verde claro, formando material arcilloso que llega hasta un 50 %. A partir de 762 m se describe hasta un 90-100 % de serpentinitas.
- Pozo COJ-200. En el intervalo 740-760 m se describe: 100 % de serpentinita de color gris oscuro con tonalidades azulosas, fracturada, dureza media. Serpentinita alterada de color gris claro a verde claro.

- Pozo HBE-100. En el intervalo 770-990 m se describe: Predominio en más de un 70 % de serpentinitas muy alteradas; se observan minerales del grupo de la serpentinita (crisotilo). Limolitas y calcarenitas 20 %, margas 10 % (caídas). Se reportan trazas de pedernal blanco amarillento (770 m). Se observa en los 830 m incremento de arcilita limosa con fragmentos o restos de serpentinitas en una matriz arcillosa producto de la alteración de las serpentinitas (grauvacas serpentiniticas con matriz arcillosa producto de su alteración). Esta secuencia presenta característica arenosa limosa, pero se debe tener en cuenta que esta textura puede estar dada por el grado de alteración de las serpentinitas, donde los granos de la misma quedan atrapados en la arcilla producto de su alteración. En este último pozo se incluye un intervalo mayormente serpentinitico (770-1072 m) de 300 m dentro de la formación Vega Alta; el mismo que en los demás fue diferenciado como melange serpentinitico o simplemente serpentinitas.

Otra incoherencia detectada es que se asume en Habana del Este el tope de la formación Vega Alta alrededor de 1 000 m (b.n.m.m) y en Cojímar 700-800 m más abajo, con varias repeticiones o imbricaciones de las serpentinitas con la formación Vía Blanca. La correlación de los paquetes de serpentinitas a lo largo del área puede ayudar en gran medida (Figura 6). Se pueden correlacionar mediante el registro Gamma dos escamas o cuerpos serpentiniticos, litológicamente caracterizados, además, por predominio evidente de serpentinitas. El superior tiene hasta 600 m de espesor aparente y el inferior es de menores proporciones (100 m máximo). El tope de la formación Vega Alta en Habana del Este se ubicó entonces por encima del segundo paquete serpentinitico, mientras que en Cojímar por debajo del mismo (Figuras 3 y 6).

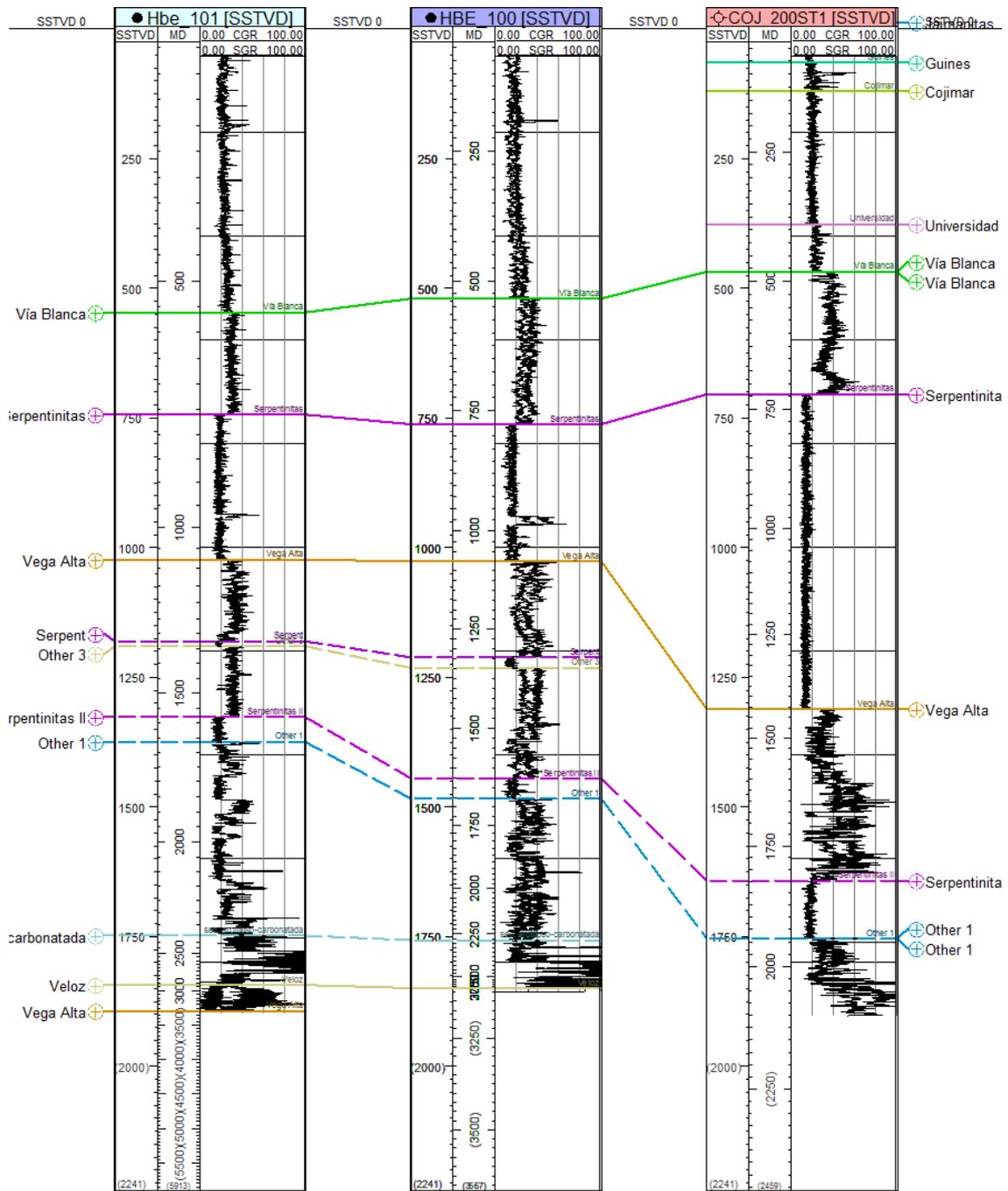


Figura 5. Correlación a partir del registro Gamma. Se distinguen varios paquetes serpentiniticos con una respuesta peculiar en las diagramas.

Para solucionar este problema se revisaron primeramente los argumentos que conducen a definir el tope de la formación Vega Alta en ambos casos y las características de la segunda y tercera escama de la formación Vía Blanca en los pozos Cojímar.

Los geólogos de pozo no cuentan, por lo general, con datos paleontológicos durante el proceso de perforación. De manera empírica se han usado

algunos indicadores de cambio que apuntan a la entrada en secuencias de la formación Vega Alta. Posteriormente se calibra el tope dado por los registros geofísicos y los estudios paleontológicos. Algunos de estos elementos son:

- Aparición de pedernales varicolores y aumento de su proporción de manera progresiva.
- Cambio a una secuencia muy arcillosa que puede traducirse en una disminución considerable de la velocidad de perforación (ROP por sus siglas en inglés).
- Secuencias conglomeráticas con muchos fragmentos de distintos litotipos de calizas (estos fragmentos posteriormente arrojan edades de Cretácico Medio, Jurásico Superior-Neocomiano, Campaniano Maastrichtiano o más joven).
- Si bien es típico encontrar abundante fauna redepositada del Campaniano-Maastrichtiano en la formación Vega Alta, en los pozos de Habana del Este se pudo describir fauna Terciaria. Además, elementos litológicos ajenos a la formación Vía Blanca son descritos desde la base de las serpentinitas:
- Abundante pedernal: Pozo HBE-101. En el intervalo 1 085-1 090 m se describe: 15 % calizas microcristalinas grises, cremas, blancas; 30 % pedernales negros, verde, algunos arcillosos; 40 % claystone gris oscuro poco calcáreo, 10 % limonitas polimícticas de matriz arcillosa gris clara. Más abajo se mantiene la presencia de estos pedernales en un 10 %.

En ambos pozos se describen secuencias conglomeráticas muy carbonatadas y con abundantes fragmentos de serpentinitas.

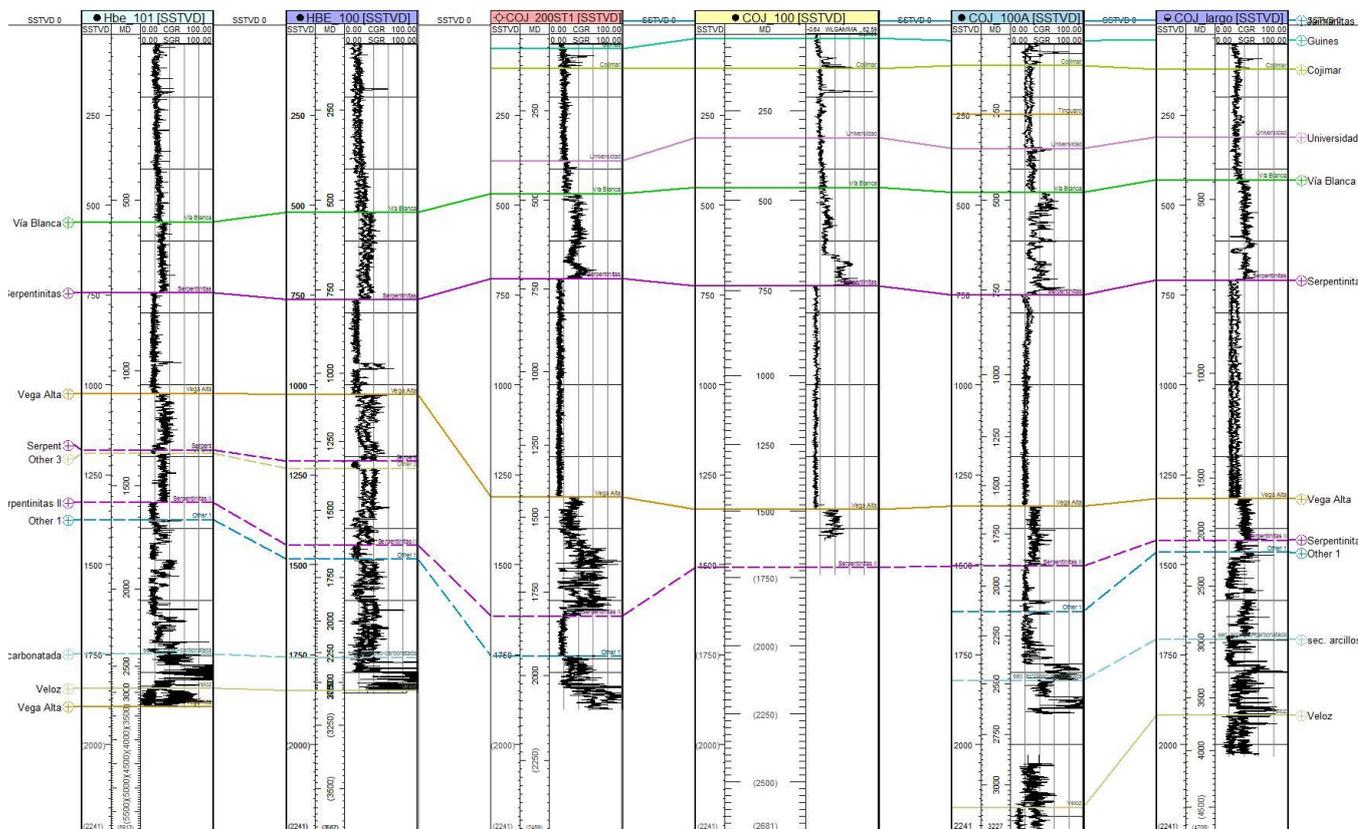


Figura 6. Correlación de paquetes serpentiniticos en los seis pozos estudiados.

Las descripciones apuntan a una secuencia conglomerática polimíctica con predominio de fragmentos de serpentinitas, carbonatos, pedernales, con matriz areno-arcillosa o limosa. En ocasiones puede tratarse de olistostromas como los descritos en innumerables levantamientos de superficie en Cuba Central (formación Vega Alta) y Pinar del Río (formación Manacas). En el ambiente geológico que nos ocupa esto es característico, pues se trata del frente de los cabalgamientos de las rocas del complejo ofiolítico sobre el margen continental de América del Norte (Figura 7).

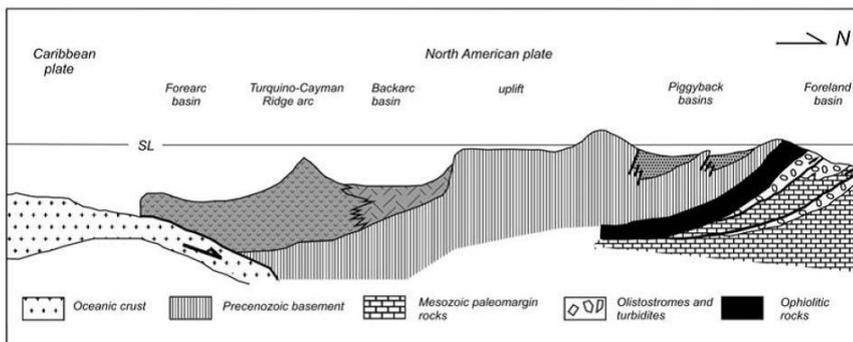


Figura 7. Perfil paleotectónico conceptual del Paleoceno–Eoceno Medio parte baja. (Cobiella–Reguera 2009). Obsérvese en el extremo norte del perfil las secuencias olistostrómicas que asociamos a la formación Vega Alta.

Al analizar los intervalos asumidos como formación Vía Blanca en los pozos de Cojímar por debajo de 1 400 m aparecen dos elementos importantes: ausencia o escasez de determinaciones paleontológicas y descripciones litológicas que se alejan de las típicas de esta formación. Las únicas determinaciones fueron de edad Cretácica, esto pudo influir en gran medida en la división estratigráfica. El pozo COJ-200 cuenta con más determinaciones, en muchos casos parece tratarse de fragmentos de la formación Carmita, por su composición y edad Cretácico Medio. En los trabajos de superficie (Brönnimann y Rigassi 1963; Albear e Iturralde-Vinent 1985) se describen varios tipos de conglomerados con fragmentos de calizas y serpentinitas pero no en tan alta proporción y en ningún caso se describen fragmentos o capas de pedernales.

Por lo antes mencionado, y siguiendo un mismo criterio en todos los pozos, se tomó como tope de la formación Vega Alta la base de las rocas del cinturón ofiolítico, evidenciado por la primera escama. Se asume entonces por debajo de las serpentinitas una secuencia principalmente conglomerática, probablemente hasta olistostrómica. Varios cuerpos menores u olistolitos de serpentinitas pudieran definirse como parte de esta aunque solo uno correlacionable en todos los pozos. La presencia de bloques u olistolitos en la formación Vega Alta es conocida de muchos afloramientos.

Por lo general, cuando se describe la formación Vega Alta en la FNCP se trata principalmente de una secuencia arcillosa (unidad sello), subordinadamente carbonatada, con intercalaciones de variedades de pedernal; pero en muchos casos se excluye la parte olistostrómica, ampliamente desarrollada en superficie (Cuba Central) y que se reconoce también en los pozos estudiados. Si se compara con secuencias similares de Cuba occidental encontramos una gran similitud con la formación Manacas (miembro Olistostroma Vieja y miembro Pica Pica).

Finalmente se correlaciona el reservorio (Grupo Veloz) solo con discretos cambios respecto a los topes originales. Se describen calizas (en un 60-80 % como promedio) color crema, blanco, bandeadas, en secciones delgadas mudstone calcáreo o wackestone; pedernales negros, ámbar y pardos, en menor proporción, así como intercalaciones arcillosas. Es abundante la fauna de edad Jurásico Superior–Neocomiano; se relacionan algunos ejemplos:

Pozo COJ-100A

- 3 145 m: Mudstone calcáreo/wackestone bioclástico finamente recristalizado algo arcilloso. a) *Nannoconus* sl (Jurásico Superior

Titoniano alto - Cretácico Inferior), b) *Nannoconus* sl, calpionélidos radiolarios recristalizados (Jurásico Superior Titoniano alto - Cretácico Inferior Valanginiano).

- 3 165 m: Mudstone calcáreo finamente recristalizado impregnado y piritizado. Nannopláncton calcáreo recristalizados, *Nannoconus* ¿sl (Jurásico Superior Titoniano alto - Cretácico Inferior).
- Pozo HBE-100
- 2 965 m: Packstone intraclástico con matriz carbonatada friable (ab. cocolitos), mudstone calcáreo impregnado. Moldes de radiolarios. Cocolitos abundantes, calpionélidos ss (Jurásico Superior Titoniano alto - Cretácico Inferior Valanginiano).

Pozo HBE-101

- 3 150 m: Mudstone calcáreo recristalizado, impregnado. *Calpionélidos* ss (recristalizados). Tithoniano Superior-Cretácico Inferior, Valanginiano.
- 3 180 m: Wackestone bioclástico. *Calpionélidos* ss (recristalizados). Tithoniano Superior-Cretácico Inferior, Valanginiano.

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de registros de imágenes apreciándose las características estructurales del reservorio en el pozo COJ-100A.

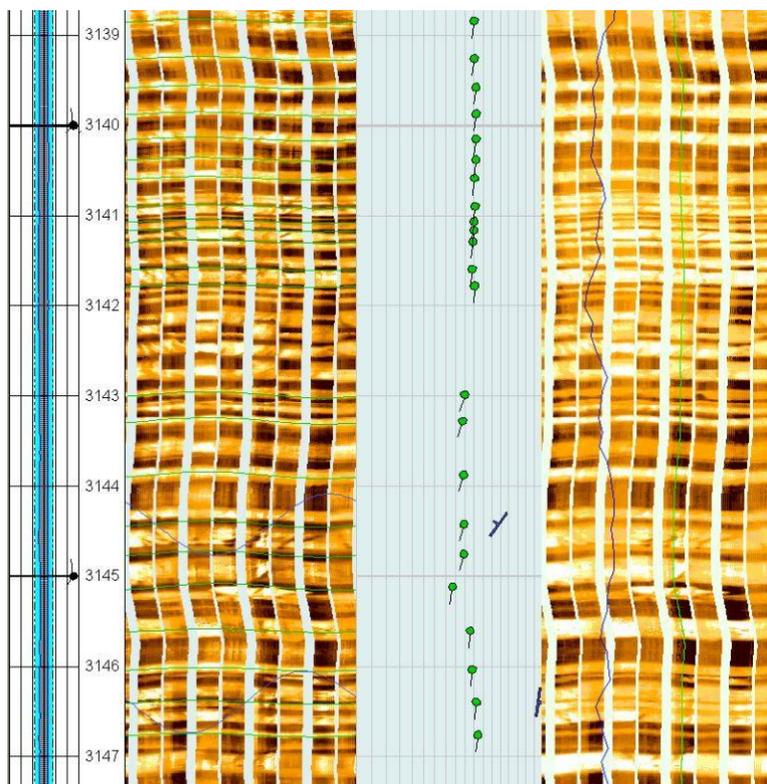


Figura 8. Imagen del registro FMI del pozo COJ-100A. Se aprecian capas estratificadas (10-20 cm de espesor) buzando al S-SW.

El reservorio principal del área de estudio es precisamente el Grupo Veloz y se caracteriza como un colector carbonatado, fracturado-poroso.

Después de este análisis se redefinen los topes en cada pozo y se obtiene una correlación de toda el área estudiada (Figura 9). Además de una columna geológica generalizada del sector Morro-Bacuranao (Figura 10).

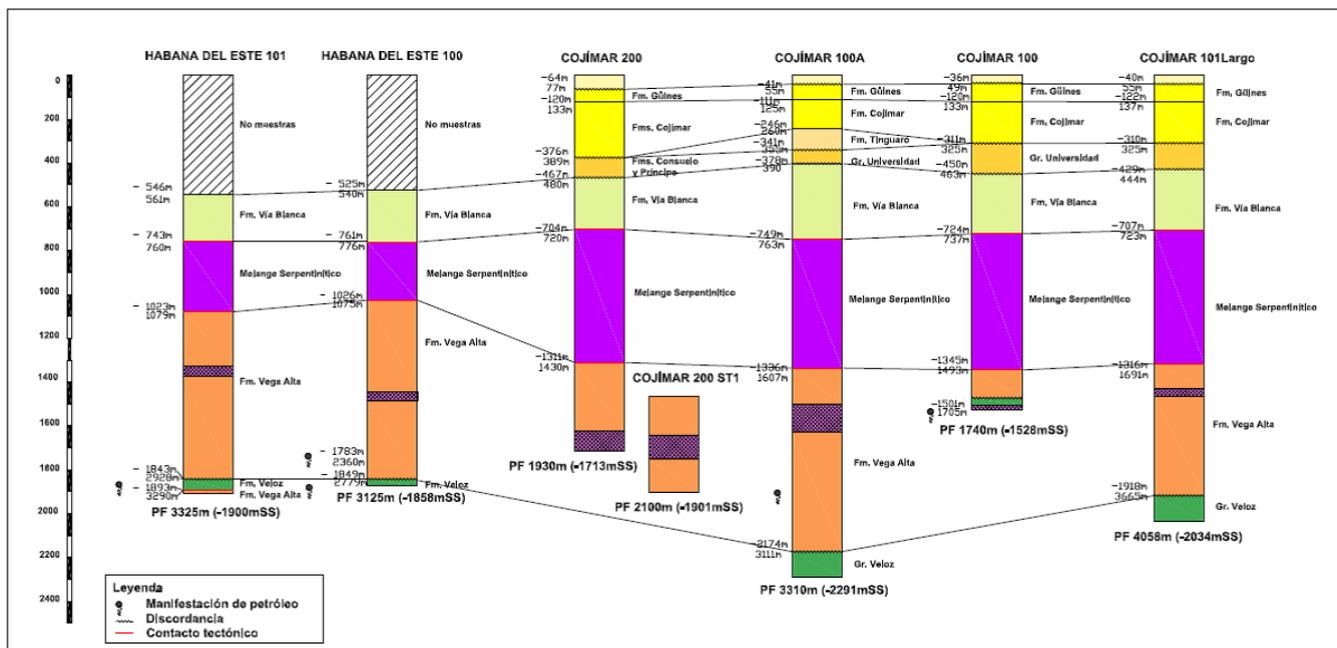


Figura 9. Esquema de correlación final de los pozos estudiados.

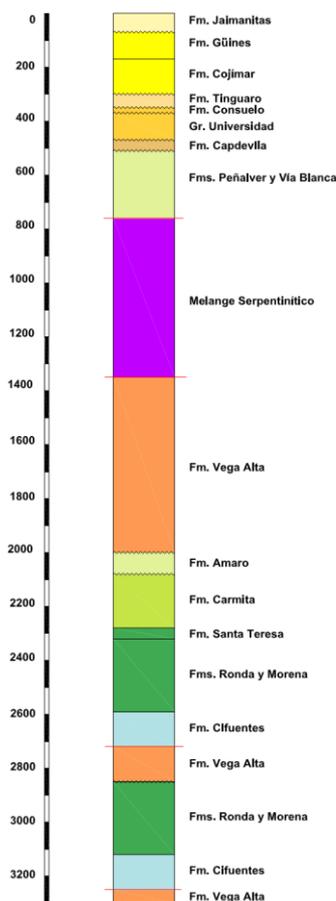


Figura 10. Columna geológica generalizada del sector Morro-Bacuranao.

4. CONCLUSIONES

- Como resultado del estudio detallado de los pozos en La Cabaña, Habana del Este y Cojímar se obtuvo una nueva división del corte estratigráfico en cada uno de ellos y se observó que existe una estrecha correlación entre los pozos estudiados.
- Las unidades estratigráficas observadas en el subsuelo mostraron características muy similares a las descritas en superficie.
- El Oligoceno representado por la formación Tinguaro se determinó solamente en el pozo Cojímar – 100A por lo que no se descarta que a partir de un muestreo de mayor detalle se pueda establecer una continuidad con el resto de los pozos.
- Se determinó la existencia del melange serpentínicos en el pozo HBE-100, en el intervalo de 770 m a 1 072 m, por datos litológicos y registros geofísicos, logrando correlacionarlo con el resto de los pozos estudiados.
- Se concluyó que en este sector el reservorio es de tipo Grupo Veloz por ser una secuencia carbonatada donde predominan los mudstone calcáreo y por tener una edad Jurásico Superior Tithoniano Superior-Cretácico Inferior.
- Se establecen las secuencias o formaciones presentes con mayor exactitud a partir del reestudio de los datos primarios, informes y muestras, lo que conllevó a la realización de una columna geológica generalizada para el área de estudio.

5. REFERENCIAS

- ALBEAR, J. F. & ITURRALDE-VINENT, M. 1985: Estratigrafía de las provincias de La Habana. En: *Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana*. Científico Técnica, La Habana, 12-54.
- BLANCO-BUSTAMANTE S.; BREY DEL REY, D.; CASTRO- CASTIÑEIRAS, O. & PÉREZ-ESTRADA, L. 2007: Consideraciones faciales de la formación Amaro en el yacimiento de Boca de Jaruco. En: II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. Memorias. La Habana, Cuba.
- Brey-Del Rey, D.; Blanco, S.; Aguilar, A.; Gil-González, S.; García-Delgado, D.; Pérez, L.; Morales, C.; Medina, A.; Flores, A.; Castro, O.; Rodríguez, M.; Villavicencio, B.; Sotolongo, A.; Rodríguez-Loeches, J.; Mejías, L.; Perera, C.; Menéndez, L.; Laguardia, R. & Lazcano-Véliz, Y. 2008: Proyecto 2801: Sedimentos sinorogénicos asociados a la Franja Norte de Cuba y su relación con los sellos y reservorios - Etapa 1: Estudiar, precisar y definir los cambios litofaciales y biofaciales de los diferentes

- sedimentos sinorogénicos de la Franja Norte de Cuba y sus características como sello y reservorio. Archivo técnico CEINPET. La Habana, Cuba (Versión digital).
- BRÖNNIMANN, P. & RIGASSI, D. 1963: Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba and its surroundings. *Eclogae Geologicae Helveticae* 56(1): 193-430.
- COBIELLA-REGUERA, J. L. 2009: Emplacement of the northern ophiolites of Cuba and the Campanean-Eocene geological history of the northwestern Caribbean-SE Gulf of Mexico region. *Geological Society, London, Special Publication* 328 (1): 315-338.
- García-Delgado, D.; Delgado, R.; Millán, G.; Rojas, Y.; Peñalver, L.; Cabrera, M.; Padilla, I.; Díaz, C.; Torres, A.; Furrázola, G.; Llanes, A.; Torres, M.; Pérez, R.; Bernal, L.; Morales, R.; Pérez, C.; Stracevich, V.; Pérez, R.; García, I.; Batista, R.; Rodríguez, L.; Triff, J. & Ugalde, C. 2001: Informe proyecto 216: Generalización y actualización geológica de la región Habana–Matanzas. Escala 1: 100 000. Archivo técnico CEINPET. La Habana, Cuba (Versión digital).
- GARCÍA-DELGADO, D. E.; PÉREZ-ESTRADA, L.; BLANCO-BUSTAMANTE, S. & GARCÍA, Y. 2011: La formación Vega Alta en la región occidental de Villa Clara, correlación con el sello de la Franja Norte de Crudos Pesados. En: IX Congreso Cubano de Geología. Memorias. La Habana, Cuba.
- GIL-GONZÁLEZ, S.; ECHEVERRÍA-HERNÁNDEZ, B.; TORRES-SILVA, A. I. & GARCÍA-DELGADO, D. 1998: Estudio cuantitativo de la composición bioclástica de los depósitos del Maastrichtiano Superior de la Sierra del Rosario, Cuba Occidental. En: Geología y Minería '98. Memorias. La Habana, Cuba, 301-303.
- GIL-GONZÁLEZ, S.; GARCÍA-DELGADO, D. & DÍAZ-OTERO, C. 2009: Formaciones del Maastrichtiano Superior en Cuba Occidental y Central. Composición bioclástica y litofacies. En: III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. Memorias. La Habana, Cuba.
- VALLADARES, S.; GARCÍA, R. & BREY, D. 1997: Reservorios carbonatados pertenecientes a las unidades tectonoestratigráficas. Placetes. Etapa I. Archivo técnico CEINPET. La Habana, Cuba.

Yaimeli Almaguer Alvarez. yaimeli@ceinpet.cupet.cu
Máster en Ciencias. Geóloga y Sedimentóloga.
Centro de investigación del petróleo, La Habana, Cuba

Raydel Toyrac Proenza. toirac@ceinpet.cupet.cu
Ingeniero Geólogo.
Centro de investigación del petróleo, La Habana, Cuba,

Santa Gil Gonzáles. Colaborador Externo.