



UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO

“HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA”

Facultad de Geología y Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Estratigrafía del sector Morro-Bacuranao de la “Franja Norte de Crudos Pesados”.

Tesis de diploma presentada en opción al título de Ingeniero Geólogo

Autora: Yaimeli Almaguer Álvarez.

Tutor(es): Dr. Jorge Luis Cobiella Reguera.

MSc. Santa Gil Gonzáles.

Ing. Raydel Toirac Proenza.

Pinar del Río (2010)

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Secretario

Vocal

Ciudad y Fecha:

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que soy autora de este Trabajo de Diploma y autorizo a la Universidad de Pinar del Río, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

Yaimeli Almaguer Álvarez.

Yaimeli Almaguer Álvarez autorizo la divulgación del presente trabajo de diploma bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de su autora, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas.

Yaimeli Almaguer Álvarez autoriza al Departamento de Geología adscrito a la Universidad de Pinar del Río a distribuir el presente trabajo de diploma en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución.

AGRADECIMIENTOS

1. Quiero agradecerle especialmente a mi mamá por infundirme valores que me han ayudado a salir adelante y llegar a ser lo que soy hoy y a mi hermanita por su dedicación incondicional. Para ustedes van todos los triunfos de mi vida.
2. A Heri por su apoyo, entrega y amor.
3. A Gladis, Mily y Priscilla por sus consejos, su ayuda, por hacerme sentir como un miembro más de la familia.
4. A todos mis compañeros de aula por ser mi familia en estos cinco largos años.
5. A mis tutores Cobiella-Reguera, Santa Gil por ser guías para mi futura vida profesional, y en especial a Raydel Toirac por su apoyo, su tiempo, por ayudarme a realizar un sueño. Gracias por la confianza.
6. Mis más sinceros agradecimientos a todos los profesores del Departamento de Geología, por transmitirnos sus conocimientos y todos sus esfuerzos para formarnos como verdaderos profesionales.
7. A todos los trabajadores del CEINPET que de una forma u otra me han ofrecido su ayuda gentil y profesional.
8. A aquellas personas que han pasado en algún momento por mi vida y dejado una huella en mí para siempre.

**Dedico este trabajo de tesis
a mi mamá, a ella le debo todo lo que tengo y lo que soy.**

Resumen

En el presente trabajo mostramos los aspectos relacionados con la estratigrafía de las secuencias en el sector Morro-Bacuranao. A partir de los objetivos trazados en esta investigación, en pos de contribuir al esclarecimiento de la estratigrafía y modelo geológico de un área actualmente en evaluación por su importancia productiva, se realiza una interpretación y correlación estratigráfica de seis pozos ubicados en Habana del Este y Cojímar. Se confeccionaron esquemas de correlación de estas recientes perforaciones además de una columna geológica generalizada del área. Se incluye nuevos datos estratigráficos y bioestratigráficos que definen mas claramente las edades de los diferentes intervalos, enriqueciendo aún más los conocimientos del área. Todo esto permitirá a reducir los riesgos de la exploración petrolera.

Abstract

The present research deals with the Morro-Bacuranao area in Havana City. Its main goal is to make a contribution to the local stratigraphy and geologic model. The Morro-Bacuranao area at present is increasingly studied by its oil and gas potentials. Six recently drilled wells, located between Habana del Este and Cojímar were selected for stratigraphic correlation. In addition, a general geologic column was constructed. Among the results, there significant new stratigraphic and biotratigraphic data, including the age of several critical intervals. This new knowledge is a contribution to an increasing safety in oil exploration in the Havana coastal belt.

Índice

Introducción.....	9
Diseño de la investigación.....	10
Capítulo I. Características Físico-Geográficas y Económicas del Área de Estudio.	11
I.1. Ubicación geográfica.....	11
I.2. Clima.....	12
I.3. Relieve.....	12
I.4. Vegetación.....	12
I.5. Fauna.....	13
I.6. Red hidrográfica.....	13
I.7 Actividades económicas fundamentales.....	14
Capítulo II. Historia de las investigaciones anteriores.....	15
Capítulo III. Geología regional del sector Morro – Bacuranao de la “Franja Norte de Crudos Pesados”.	19
III.1. Breve conocimiento geológico de la región.....	19
III.2. Estratigrafía del área de estudio.....	22
III.2.1. Cinturón ofiolítico y arco volcánico cretácico.....	22
III.2.2. Paleomargen Continental.....	23
III.2.3. Depósitos sin orogénicos situados sobre el arco volcánico cretácico y las ofiolitas correspondiente a la primera fase tectónica.....	24
III.2.4. Depósitos sin orogénicos del Cretácico Superior Campaniano - Eoceno Medio Tardío sobre el paleomargen.....	26
III.2.5. Cuencas superpuestas o de <i>Piggy Back</i>	27
III.2.6. Cobertura Neoplatafórmica.....	28
III.2.7. Depósitos del Neógeno y del Pliocuaternario.....	30

III.3. Tectónica del Anticlinal Habana – Matanzas.....	32
III.4. Magmatismo del Anticlinal Habana-Matanzas.....	35
Capítulo IV. Metodología y materiales utilizados en la investigación.	36
IV.1. Metodología de la investigación.....	36
IV.1.1. Trabajo de gabinete.....	37
IV.1.2. Trabajo de campo.....	38
Capítulo V. Análisis de la información del subsuelo. Discusión.	40
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	53
Bibliografía	54
Anexos	61

Introducción.

La Franja Norte de Crudos Pesados (FNCP) constituye la principal zona productora de hidrocarburos de nuestro país, donde se han explotado históricamente yacimientos. 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 extendiendo dicha FNCP 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 hasta nuestros días. Dos buenos ejemplos de estos son los artículos de (Brönnimann y Rigassi, 1963) y (Albear e Iturralde-Vinent, 1983).

En los últimos años se **ha** realizado casi una decena de pozos en el sector Morro – Bacuranao para comprobar objetivos revelados por la sísmica. El método principal de muestreo es a partir de recortes de perforación cada 5 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.

Diseño de la investigación

- Problema.

Deficiente caracterización estratigráfica del sector Morro – Bacuranao que imposibilita esclarecer el modelo geológico del área.

- Objeto.

Estratigrafía del sector Morro – Bacuranao.

- Objetivo General.

Realizar un estudio que permita la caracterización estratigráfica en el sector Morro – Bacuranao correlacionando los datos de superficie con los del subsuelo.

- Objetivos específicos.

1. Describir de manera detallada las diferentes unidades estratigráficas presentes en el área de estudio.
2. Realizar una correlación estratigráfica entre los nuevos pozos perforados en el Litoral Norte.
3. Elaborar una columna estratigráfica generalizada del sector Morro – Bacuranao.

- Hipótesis

Si se realiza un estudio estratigráfico detallado que involucre tanto datos de superficie como del subsuelo y se integran teniendo en cuenta la continuidad de las unidades estratigráficas desde tierra hacia costa afuera, es posible esclarecer el modelo geológico conceptual del área, mejorando de esta manera, el control geológico en la exploración petrolera.

Capítulo I. Características Físico-Geográficas y Económicas del Área de Estudio.

I.1. Ubicación geográfica.

El área de estudio se encuentra enmarcada en La “Franja Norte de Crudos Pesados” (FNCP), esta se ubica en la costa norte de las provincias La Habana y Ciudad de la Habana, constituyendo una franja que se extiende desde la Bahía de Cabañas hasta Guanabo. Se corresponde con el sector marino inmediatamente aledaño a la costa y se extiende hacia el norte hasta aproximadamente la línea que representa el frente de los cabalgamientos del cinturón plegado y cabalgado cubano (Fig. I.1). Específicamente la zona de trabajo se localiza entre las coordenadas Lambert Cuba Norte que se presentan a continuación:

$$X_{\min} = 359200.00\text{m}$$

$$Y_{\min} = 369000.00\text{m}$$

$$X_{\max} = 379000.00\text{m}$$

$$Y_{\max} = 377000.00\text{m}$$

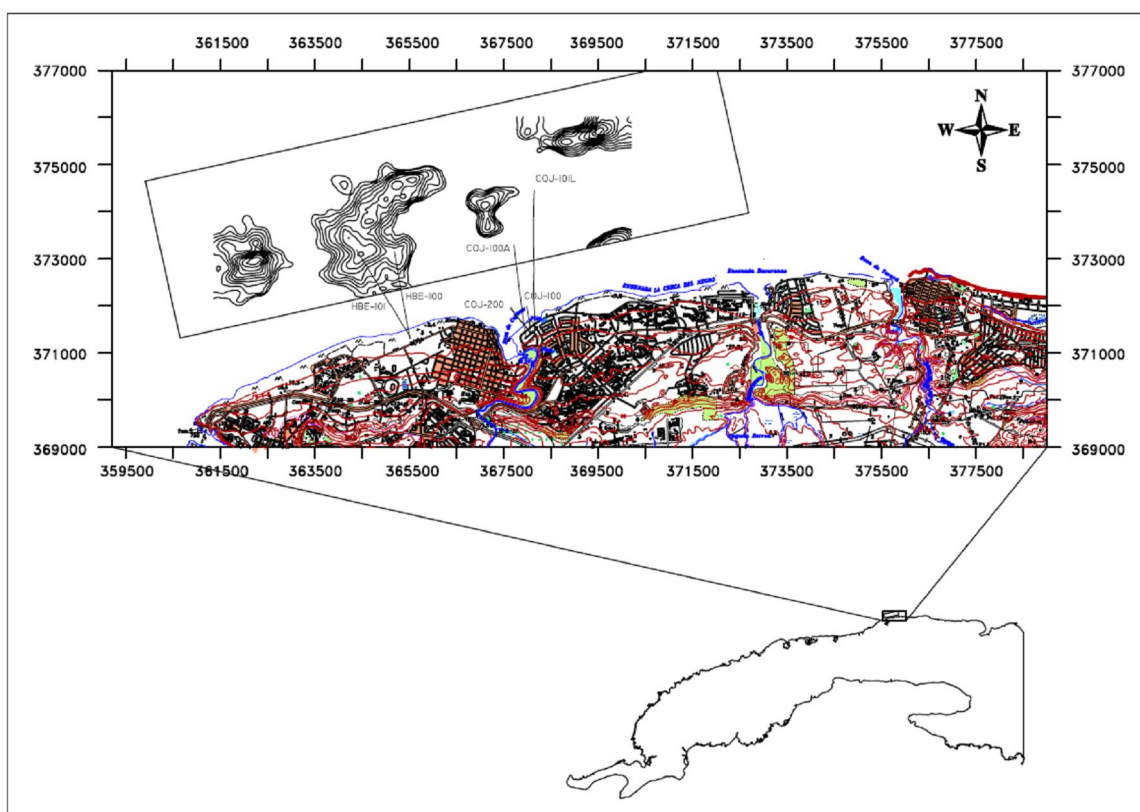


Fig. I.1. Ubicación geográfica del sector Morro-Bacuranao de la “Franja Norte de Crudos Pesados”

I.2. Clima.

El área de estudio al igual que el resto del Archipiélago Cubano, ocupa una posición climatológica clave dentro del sistema de arcos Caribe – Antillanos. Muestra como características más importantes en el área un predominio de condiciones tropicales marítimas y la distribución estacional de las lluvias, las cuales influyen de manera decisiva en la formación del clima de la región. La temperatura media anual es de 24,6°C, más alta hacia las costas, pero disminuye hacia el interior de la isla, también descende con relación a la altura. Las temperaturas máximas pueden alcanzar alrededor de 40°C y las mínimas cerca de 4°C. De este modo y considerando los términos generales, aunque siguiendo distintas clasificaciones, el clima puede plantearse que es tropical. También puede denominarse como cálido y lluvioso y si se considera el ritmo de precipitaciones periódicamente lluvioso, o tropical estacionalmente húmedo (Gutiérrez y Rivero, 1997).

I.3. Relieve.

En la zona norte Habana – Matanzas el relieve está caracterizado por elevaciones costeras a todo lo largo de la costa norte entre Bahía Honda y Matanzas. La anchura de esta cadena oscila entre 1 y 3 km y su altura entre 40 y 100 m. Lo más peculiar de su morfología es su cima casi plana, cuya altura varía poco lateralmente, y presenta una pendiente suave hacia el mar. También en la zona están presentes las elevaciones septentrionales, las cuales constituyen un relieve de montañas bajas, colinas y valles fluviales desde Bahía Honda hasta Matanzas. El ancho de esta franja varía entre 6 y 13 km (Gutiérrez y Rivero, 1997).

I.4. Vegetación.

En cuanto a la Regionalización Geobotánica, el municipio se encuentra enclavado en el denominado Distrito Central en el Sector 2, que caracteriza a la Región Habana-Matanzas (**alternación** de bosques en las llanuras con vegetación de cultivos y abundante Reystone en las partes bajas). La mayoría del territorio se caracteriza por ríos y lagunas con vegetación de cultivos, plantaciones, siembra, huertos y pastos artificiales con un sector de vegetación de espontáneos árboles y arbustos, especialmente Marabú y Aromas. Tiene también una zona definida de vegetación de costas marinas con Cuabillas de costa suriana marítima, incienso de playa a veces

con tunas en las costas de arrecifes o Uvas Caletas y Boniato de playa, en las playas arenosas. Además tiene dos zonas entre Bacuranao y Bajurayabo de sabanas de serpentina con gramíneas pequeñas, arbustos microfólicos y plantas enanas. El municipio cuenta con dos zonas donde existen variedades endémicas: los farallones de Cojímar, donde se encuentra la “Pipper Cojimararum Trel” y las lomas de La Coca, con dos variedades de espermátófitos endémicos. (Labori y Rensoli, 2006).

I.5. Fauna.

En toda la parte norte de La Habana se destaca por una hermosa barrera coralina, rica en variedades de especies marinas. La fauna silvestre ha sido diezmada por el hombre en esta zona. En la región se aprecia una entomofauna variada y las cavernas sirven de refugio a muchas especies de quirópteros y aves de gran importancia en el control de vectores dañinos a la agricultura y la salud humana. En la desembocadura de muchos ríos incluso de aquellos que desembocan en la costa norte, existe uno de los representantes más singulares de la fauna vertebrada de Cuba, el manatí. (Gutiérrez y Rivero, 1997).

I.6. Red hidrográfica.

La hidrografía del territorio se caracteriza por ríos que corren desde el interior hacia la costa norte formando abras y desfiladeros. De Oeste a Este, las más importantes corrientes fluviales son los ríos Cojímar, Bacuranao y Tarará. Los mismos, por las características del clima y su configuración, no son navegables, excepto en las desembocaduras de los que forman ensenadas y en algún que otro tramo, por embarcaciones menores. El Río Cojímar presenta meandros atrincherados entre las elevaciones costeras y el estrecho valle por el cual corre. También existen algunas lagunas como la de Berroa y la de Itabo así como dos importantes presas: la Zarza y La Coca, que se utilizan para la irrigación de los planes agrícolas. (Labori y Rensoli, 2006).

I.7 Actividades económicas fundamentales.

En el municipio se desarrollan como actividades económicas fundamentalmente la **I**ndustria turística, la ganadería, la construcción, los servicios en general y una variada **I**ndustria en ascenso. El turismo tiene en las Playas del Este, el polo de mayores potencialidades precisamente por tratarse de las mejores playas de la provincia. En esa zona existe y continúa desarrollándose, una infraestructura hotelera y extrahotelera para garantizar la asimilación de turistas nacionales y extranjeros. Por otro lado, se desarrolla también el complejo turístico de la Villa Panamericana, en Cojímar, que cuenta con un hotel, dos apartoteles y una red trahotelera.

La ganadería se desarrolla fundamentalmente por medio de la Empresa Pecuaria Bacuranao, que comparte La Habana del Este con el vecino Municipio de Guanabacoa. Cuenta La Habana del Este, en el Valle de Berroa, con la primera Zona Especializada de Logística y Comercio (Zelcom s.a.) del país, que incluye una Zona Franca y un Parque Industrial. En el propio valle y en sus alrededores, existen varios centros industriales y de servicios como fábricas de calzado y sus accesorios, textiles, de pegamentos, de materiales de la construcción, de equipos, de medios de computación, de productos cárnicos, de derivados de la harina y de otros alimentos, un frigorífico, un mercado concentrador y otros centros. La actividad constructiva, si bien no tiene en la actualidad el ritmo de décadas anteriores cuando el pujante movimiento de microbrigadas construía centenares de viviendas y obras sociales, continúa siendo una actividad de consideración teniendo en cuenta que La Habana del Este es un municipio en desarrollo. Los servicios de distintos tipos: comercio, gastronomía, transporte y otros, completan el cuadro de las actividades más importante del municipio desde el punto de vista económico. (Labori y Rensoli, 2006).

Capítulo II. Historia de las investigaciones anteriores.

Los primeros trabajos geológicos en la zona de estudio, comienzan a realizarse a principios del siglo XIX, como es el de Humboldt (1826); en el que se nombran las primeras unidades litoestratigráficas, aunque existían imprecisiones con la edad debido al poco desarrollo de los estudios paleontológicos. Pero no es hasta la década de los cuarenta, que en el Norte de la provincia de La Habana se inician estudios estratigráficos. Sin embargo en 1934, Palmer presenta una columna estratigráfica generalizada de la provincia con un estudio detallado del Cretácico Superior, reportando por primera vez los depósitos del Maastrichtiano. Reconoce estructuras geológicas importantes como “anticlinal Habana-Matanzas” y el “anticlinal Madruga”, separados por el sinclinal “Almendares-San Juan”.

Brödermann y Bermúdez (1940) realizan un detallado estudio estratigráfico de la región de la Habana y Ciudad de La Habana. Describieron las estructuras “anticlinal Habana-Matanzas”; anticlinal Bejucal-Madruga y sinclinal Almendares-San Juan. El mapa geológico que presentaron fue muy primitivo y su valor fundamental fue estratigráfico y paleontológico. En 1945, Palmer presentó un resumen general de la geología de Cuba, con un mapa geológico esquemático por edades y una columna generalizada para Cuba Occidental, que en estos momentos no tiene utilidad.

Bermúdez (1950), realizó un estudio paleontológico de las unidades que constituyen la columna geológica de la región Habana-Matanzas, datando correctamente las formaciones del Grupo Habana (Palmer, 1934). El gran valor de este trabajo consistió en la individualización litológica y paleontológica que realizó el autor de las nuevas unidades litoestratigráficas propuestas por él, así como la profundización en el estudio de las ya conocidas. En el año 1951 especialistas de la Cuban-Venezuelan Oil Trust realizaron un estudio de algunas localidades en superficie y se da una sinopsis de los principales marcadores fósiles de formaciones Terciarias (Formación Madruga, Formación Capdevila y Formación Universidad) y otras formaciones hasta la edad del Pleistoceno.

Los trabajos más numerosos en los años 50 fueron los reportes paleontológicos realizados por Brönnimann, Borran, Dickerson, y otros. El informe más completo fue el de Kozary y Bronnimann, 1955; aunque con el inconveniente de que nombraron numerosas unidades. El mapa geológico al que tuvimos acceso, desafortunadamente, fue una copia inadecuada que no poseía la identificación de las unidades. En 1957, Meyerhoff, Hatten y Norton en su informe, ofrecieron un serio estudio paleontológico

de las calizas interestratificadas con los sedimentos vulcanógeno-sedimentarios que se encuentran en contacto con las serpentinas, asignándoles una edad Albiano-Cenomaniano y afirmando su posición alóctona sobre las serpentinitas. Se consideró de origen hidrotermal a la mineralización pirítica de la zona de contacto de las calizas con los basaltos.

Uno de los trabajos más detallados desde el punto de vista litoestratigráfico es el de Bronnimann y Rigassi (1963), en él aparecen todas las unidades del área, con un estudio paleontológico completo y sus relaciones con las unidades infra y suprayacentes. El mapa ofrece una cartografía detallada. En los años 1966 y 1967, Bermúdez dató erróneamente a las formaciones Cojímar y Güines, considerándolas desde el Eoceno Medio hasta el Mioceno Superior, incluyendo a las “Capas de Gypsina” en la Formación Cojímar.

Iturralde-Vinent (1969) hizo un detallado estudio facial y fosilífero de las unidades del Neógeno, construyendo una columna estratigráfica muy precisa, aunque las edades de algunas de las unidades, tales como Cojímar y Güines, resultaron inexactas. Separó las “capas de Gypsina”, manteniéndolas como una unidad informal. En 1971, Linares *et al.* hacen un detallado estudio estratigráfico, profundizando en las descripciones litológicas e incluyendo listados fosilíferos de las unidades cronoestratigráficas que cartografiaron. Este mapa es muy general. Diferenciaron las zonas estructuro-faciales y describieron los depósitos de cada una. Incluyeron unidades de pozos, correlacionándolas con las que afloran. Además se destacan las estructuras tectónicas principales.

En el año 1977 se terminó el levantamiento geológico de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana, de Albear e Iturralde-Vinent, a escala 1:250 000, aunque la base de trabajo fue a escala 1:50 000 y 1:100 000. Aquí se tuvieron en cuenta los principales trabajos realizados con anterioridad, incorporando una abundante información paleontológica y estratigráfica que posibilitó la confección de una columna estratigráfica basada en las zonas estructuro faciales: leptogeosinclinal autóctono y parautóctono, eugeosinclinal alóctono y su cobertura sinorogénica, y cobertura platafórmica. Caracterizaron por separado las columnas estratigráficas de cada zona. Este trabajo incluye diferentes tipos de mapas: geológico, hidrogeológico, ingeniero-geológico, de yacimientos minerales, geomorfológico, de los depósitos cuaternarios, etc.

Furrazola-Bermúdez *et al.* (1978) construyeron un nuevo esquema de las principales formaciones geológicas de Cuba. Este resultó de gran utilidad, pues se destacan las unidades incluidas en cada una de las zonas estructuro-tectónicas con sus interrelaciones, así como las variaciones laterales de una a otra región o cuenca de

sedimentación. Se reportan nuevas unidades, así como ciertos cambios en los intervalos estratigráficos ocupados por unidades ya conocidas. Precisan la base del complejo post-orogénico en Cuba occidental con el inicio de la sedimentación del Grupo Universidad y se introduce **las** nuevas unidades descritas por diferentes autores para el Paleógeno y el Neógeno. En 1979, Furrázola-Bermúdez *et al.* hacen una generalización de la estratigrafía y litología de los pozos perforados en la costa norte (Habana-Matanzas) de **Cuaba** hasta ese momento y establecen las relaciones entre las diferentes zonas estructurofaciales demostrando la complejidad tectónica **s** de las mismas.

En 1979, García-Delgado cartografió los depósitos de la Formación Vía Blanca situados discordantemente sobre las rocas de la Formación Chirino de composición vulcanógena. Transgresivamente sobre esta última situó las formaciones del Neógeno, demostrando la existencia de movimientos verticales intensos en el abra del río Yurumí, que provocaron levantamientos de bloques que imprimieron una yacencia bastante abrupta para las formaciones de esta edad.

Zuazo (1984) realiza en su trabajo de diploma un análisis de la columna estratigráfica del Neógeno en esta región, así como sus variaciones laterales, facies y asociaciones fosilíferas. Expone una detallada descripción litológica de cada una de las unidades expuestas, así como su correlación en los pozos. Realiza un amplio análisis de las condiciones de sedimentación existentes en la cuenca neogénica y su ambiente tectónico. Presenta además un amplio esquema de correlación actualizado. En 1986, Flores-Albín realiza un estudio de los depósitos sinorogénicos y postorogénicos abarcando una edad del Cretácico Superior al Paleógeno en la región.

La década de los años 90 fue muy rica en trabajos de prospección y temático-productivos, contribuyendo al incremento del conocimiento geológico del país. Entre estos tenemos:

Martínez *et al.*, (1991) **presento** una cartografía actualizada de la parte central de las provincias de Pinar del Río y La Habana, ofreciéndose nuevos datos de edades de algunas formaciones, así como su distribución y correlación en los numerosos pozos estructurales realizados. Presenta una columna estratigráfica muy completa separada por zonas estructuro-faciales.

Álvarez-Castro *et al.*, (1994) realizan un estudio de las formaciones Vía Blanca, Amaro, Vega Alta, Así como las rocas del Terreno Zaza, caracterizan las mismas desde el punto de vista de rocas sello y rocas reservorios para una elevación del potencial exploratorio del Bloque 7.

Fueron útiles los estudios para medio ambiente realizados por un colectivo de investigadores del Instituto de Geología y Paleontología (Correa García *et al.* 1998; Gil

et al. 1999), colectándose muestras para análisis paleontológicos que a veces detectaron errores en las edades de las unidades cartografiadas, obligando a cambiar los límites de algunas de ellas. También se utilizaron los esquemas de fotointerpretación acompañantes.

En el informe final del proyecto temático relacionado con el oro exógeno en la zona de Habana-Matanzas, Morales (1997) presenta mapas prácticamente nuevos de las áreas estudiadas. Consisten de 11 sectores de muy pocos kilómetros cuadrados cada uno, presentando una detallada cartografía geológica de los depósitos cuaternarios.

Silvia Valladares *et al.*, (1997), realizan un pormenorizado estudio de las secuencias carbonatadas de las zonas Camajuaní y Placetas a partir de los reportes de los pozos profundos, nombrando nuevas unidades litoestratigráficas en la que se destaca la controversial Formación Canasí y estableciendo diferentes correlaciones geológicas del subsuelo de carácter regional.

A la luz de los nuevos resultados obtenidos a partir de los pozos perforados (la mayoría pozos dirigidos costa fuera) en la Franja Norte de Crudos pesados desde 1997 hasta a la fecha, se ha incrementado el conocimiento de la geología del subsuelo en esta zona reflejado en numerosos informes elaborados por especialistas del Centro de Investigaciones del Petróleo (Ceinpet) y las Empresas de Perforación y Extracción de Petróleo de Occidente y Centro. Los mismos tienen un carácter de uso interno que aborda con cierto detalle la caracterización estratigráfica en el área de los sondeos. No obstante son de obligada consulta para actuales y futuras investigaciones aunque presentan algunas contradicciones, incongruencias e indefiniciones a la que el modelo geológico se refiere, lo cual será abordado en el Capítulo 5.

Capítulo III. Geología regional del sector Morro – Bacuranao de la “Franja Norte de Crudos Pesados”.

III.1. Breve conocimiento geológico de la región.

En nuestro país se pueden reconocer dos niveles estructurales: el substrato plegado y el neó autóctono (Iturralde-Vinent, 1996; Cobiella - Reguera, 2000), el tratamiento es parecido, pero hay diferencias en terminología. El substrato plegado tiene una complicada estructura interna y comprende los complejos litológicos desarrollados o depositados durante las etapas pre-orogénica y orogénica de la evolución geológica cubana. El neó-autóctono o neo-plataforma está constituido por los complejos de la etapa post-orogénica, los cuales cubren discordantemente al primero con una yacencia generalmente suave.

El área de estudio está constituida por el arco volcánico cretácico, el complejo ofiolítico, el paleomargen continental, la plataforma, el complejo orogénico de la primera fase tectónica y las cuencas superpuestas (cuenca pasiva transportada y cuenca frontal de colisión) de la segunda fase (Fig. III.1) (Millán *et al.*, 1998; García Delgado *et al.*, 2001). El paleomargen continental aparece expuesto muy limitadamente en las canteras de San Adrián y cerca de Santa María del Rosario (Brönnimann y Rigassi, 1963). Están mayormente localizados en el subsuelo en los cortes de los pozos Habana del Este (HBE)-100, HBE-101, Cojímar (COJ) -100, COJ-100A, COJ-101L, COJ-200.

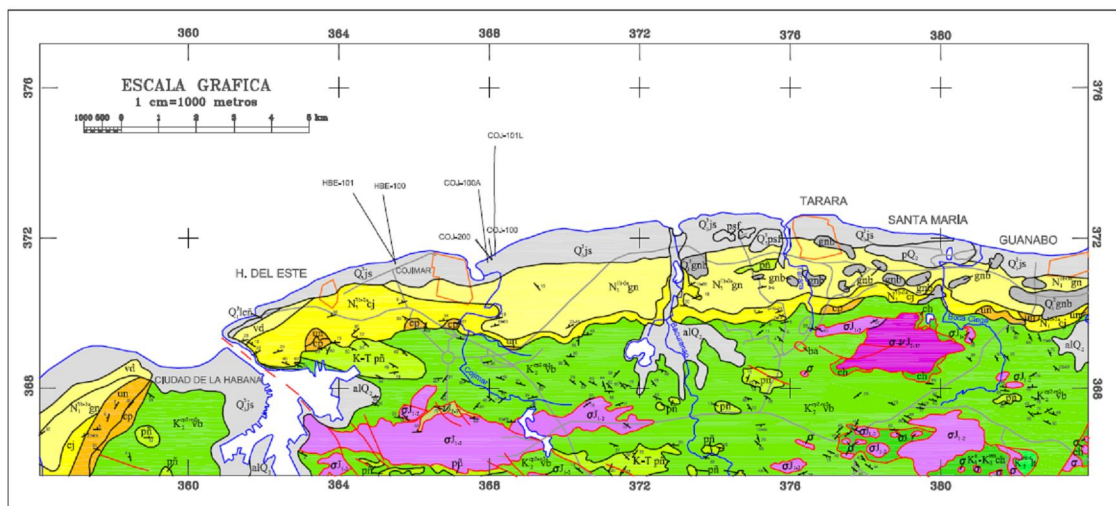


Fig. III.1. Mapa Geológico del Norte de La Habana (IGP 2004).

El Anticlinal Habana – Matanzas (Kozary y Brönnimann, 1955) constituye dos grandes braquipliegues, generados durante la etapa neoplatafórmica o postorogénica del desarrollo geológico que comenzó aquí a partir del Eoceno Inferior parte alta, época durante la cual se depositó una cobertura carbonatada (Iturralde-Vinent, 1972). En los núcleos de tales estructuras se exponen diferentes componentes de los complejos preorogénicos y orogénicos, muchas veces formando escamas tectónicas imbricadas (Albear *et al.*, 1977; Piotrowska *et al.*, 1981).

De acuerdo con los datos de las perforaciones petroleras, la secuencia de la Zona Placetas, perteneciente al paleomargen de las Bahamas, infrayace al arco volcánico y las ofiolitas (Shein *et al.*, 1975; Echevarría *et al.*, 1991; Iturralde-Vinent, 1994) destacándose intensamente plegada y escamada conjuntamente con los depósitos de cuenca frontal de colisión. Debajo de Placetas, infrayaciéndola tectónicamente, se destaca la secuencia de la Zona Camajuaní, también plegada y escamada conjuntamente con los depósitos de cuenca frontal de colisión (Valladares *et al.*, 1997).

Hasta hace unos años la zona Cayo Coco era considerada como el sector más septentrional del área cubana de la plataforma de la Florida, diferenciándola de la Unidad o Secuencia Remedios porque se le incluía los depósitos evaporíticos conocidos sólo por perforaciones petroleras; no obstante los pozos más profundos en Remedios nunca penetraron las rocas jurásicas, que de hacerlo, hubieran encontrado las evaporitas. Por tal razón en trabajos más recientes (Echevarría *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 1996, 1999) introdujo un nuevo concepto para la Unidad Cayo Coco, considerando su existencia sólo a partir del Aptiano hasta el Maastrichtiano, o sea, el espacio correspondiente a la Formación Guaney (Belmustakov *et al.*, en: Díaz- Otero *et al.*, 2001). El Neocomiano fue un tiempo de relativamente bajo nivel del mar con progradaciones y máximo desarrollo de la producción de carbonato en las plataformas Remedios, Bahamas y Yucatán. Durante el Aptiano, la plataforma de la Florida fue fragmentada, dando inicio a la formación de paleocanales, uno de los cuales lo constituye la Formación Guaney. Pero realmente los paleocanales surgieron tanto en el margen septentrional de la plataforma de la Florida – Remedios como en el sector meridional de la misma, por lo que se puede hablar de una Zona Cayo Coco Norte y otra Cayo Coco Sur (Sánchez – Arango y Tenreiro, 1996, Ver Fig. III. 2).

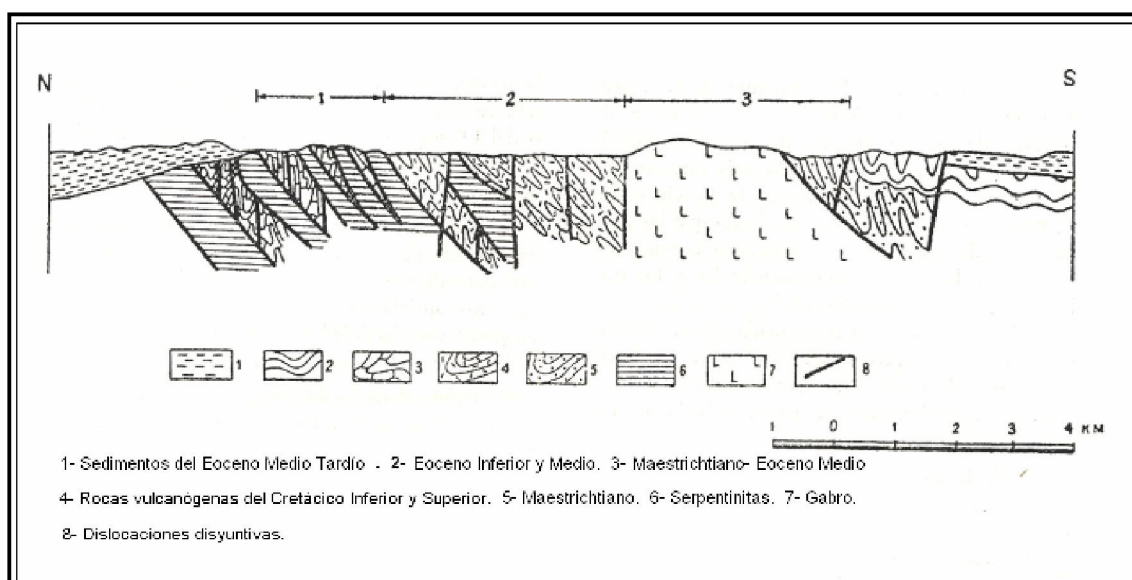


Fig. III.2. Perfil Transversal a través del Anticlinal de La Habana- Matanzas. Tomado de Kozary y Brönnimann (1955).

Las evaporitas también están presentes en el Anticlinal Habana - Matanzas. La localidad El Desquite corresponde a la vertiente septentrional de la cantera San Adrián, ilustra bien la relación cuenca – plataforma. La plataforma Remedios está grandemente cabalgada por la series de cuenca Placetas más Camajuaní. El yacimiento Yumurí, al norte de la cantera, es una antiforma apilada compuesta por escamas de la Unidad o Secuencia Placetas, donde en las rocas **Jurásicas** de la Formación Cifuentes se **ha** encontrado yeso en núcleos convencionales.

La cantera San Adrián a 10 km al sur del yacimiento Yumurí, contiene las siguientes rocas: yesos, arcillas, lutitas rojas y otras rocas muy descritas por Ducloz en 1960. La presencia de una estructura diapírica con más de 20 kilómetros se encuentra localizada al sur del yacimiento por el frente del mismo; esto sugiere un importante cabalgamiento de los carbonatos de aguas profundas sobre la plataforma.

La secuencia del paleomargen y los depósitos de cuenca frontal de colisión, aparecen expuestos en diferentes localidades formando ventanas tectónicas de distintos órdenes entre los cortes del arco volcánico, las ofiolitas y el complejo de la primera fase de la etapa orogénica (Albear e Iturralde-Vinent, 1983).

III.2. Estratigrafía del área de estudio

La región del norte de La Habana, debido a la considerable complejidad tectónica que manifiesta, presenta una gran variedad de tipos litológicos, que han traído como consecuencia **la diferenciar** las diferentes unidades litoestratigráficas. En su constitución geológica convergen elementos de diferentes orígenes y características: arco volcánico cretácico y las ofiolitas, paleomargen continental, plataforma, depósitos **sin orogénicos** de la primera y segunda fase tectónica, además de los depósitos de la cobertura neoplatafórmica.

III.2.1. Cinturón ofiolítico y arco volcánico cretácico.

El cinturón ofiolítico septentrional (COS) y el terreno de arco volcánico cretácico (TAVK); constituyen los elementos tectónicos más elevados y alóctonos de la estructura de mantos presentes en Cuba occidental. El TAVK está representado por dos unidades, las formaciones Chirino y La Trampa. La Formación Chirino se desarrolla en las regiones de Martín Mesa (La Habana), Campo Florido (Ciudad de La Habana), etcétera (Ducloz, 1960). Se compone de tobas medias y básicas, litoclásticas a vitroclásticas con lavas en forma de sills y diques de andesitas y andesita – basaltos, calizas, areniscas, limolitas, pedernales y tufitas. Su edad es Cretácico Inferior (Aptiano) – Cretácico Superior (Cenomaniano). La Formación La Trampa identificada por (Kozary y Brönnimann, 1955), está constituida por tobas litovitrocristalinas y vitrocristalinas andesito – basálticas, lavas de composición andesítica, andesito – dacita, conglomerados, areniscas tobáceas de grano grueso y argilitas. Esta unidad está cubierta discordantemente por la Formación Vía Blanca y la Formación Universidad. Su edad es Cretácico Superior (Cenomaniano – Turoniano) (Llanes en: García – Delgado *et al.*, 2001).

Entre las ofiolitas, conjuntamente con serpentinitas (Foto 1) y algún gabroide; afloran rocas volcánico - sedimentarias (Iturralde - Vinent, 1996) forman parte de un melange intensamente deformado que incluye escamas arrancadas del margen continental de Las Bahamas (subyacente), así como bloques del arco volcánico cretácico y sedimentos del Campaniano Tardío al Eoceno. Este melange, usualmente desmembrado, yace sobre las rocas del paleomargen continental de Las Bahamas y se cubre por el sur, por mantos tectónicos del arco volcánico cretácico. Es común encontrar olistostromas vinculados a los contactos del melange con las rocas infra y suprayacentes. Los afloramientos de las ofiolitas (con predominio de las rocas ultramáficas) tienen rumbo noreste y son relativamente pequeños, no superan los 20

km de largo por 3 km de ancho (Palmer, 1945; Brönnimann y Rigassi, 1963; Llanes *et al* 1997). Estos cuerpos no son muy potentes, según las perforaciones profundas realizadas cerca de la costa norte no superan los 2 Km, en un solo caso alcanzan unos 4 Km (Linares *et al*, 1985). El emplazamiento y las deformaciones principales del melange ocurrieron entre el Campaniano Tardío y el Eoceno Medio, de acuerdo a la edad de los olistostromas que se le asocian.



Foto 1. Serpentinitas en las cercanías del semáforo de Guanabacoa.

III.2.2. Paleomargen Continental.

El paleomargen, reportado mayormente en el subsuelo del Anticlinal Habana – Matanzas, está constituido por las siguientes unidades litoestratigráficas: Grupo Veloz, formaciones Carmita y Santa Teresa.

- Grupo Veloz descrito originalmente por C.W. Hatten en: Hatten *et al.* (1958), como formación *sensu stricto* y redescrita por Sánchez – Arango *et al.* (1993): Simón Petroleum Technology; en un rango estratigráfico superior agrupando a las formaciones Cifuentes, Ronda, Jobosí y Morena. Tiene una amplia distribución en superficie al noreste de las provincias de Matanzas, Villa Clara, Sancti Spiritus y Camagüey apareciendo comúnmente en los cortes del subsuelo en los pozos ubicados en el área de estudio. Está representado por un corte carbonático ligeramente arcilloso donde se alternan micritas, biomicritas, arcilla-argilita poco calcárea. Yace concordantemente sobre las formaciones Constancia y Santa Teresa y se cubre discordantemente por las

formaciones Amaro, Carmita, Tinguaro y Vega Alta. Su edad es del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) – Cretácico Inferior (Valanginiano).

- La Formación Santa Teresa (Wassall, en Wassall y Pardo, 1952: en Franco Álvarez *et al.*, 1993) aflora en forma de fajas muy plegadas y dislocadas en la parte noreste de Matanzas, Villa Clara y Camagüey. En el subsuelo a veces es difícil de separar de la Formación Carmita a causa de la imbricación de las escamas tectónicas (Sánchez-Arango *et al.*, 1993). Está constituida por silicitas, cuarzo-calcedónicas, radioláricas, lutitas silíceas, arcillas, limolitas, calizas y margas en menor proporción. La edad de esta unidad es Cretácico Inferior (Aptiano - Albiano); yace discordantemente sobre la Formación Veloz. Se encuentra cubierta concordantemente por la Formación Carmita y transgresivamente por las formaciones Amaro, Vega Alta.
- La Formación Carmita (Truitt en: Truitt y Pardo, 1953), se desarrolla en forma de franjas alargadas y estrechas en las provincias de Matanzas, Pinar del Río, Villa Clara, Sancti Spiritus y Camagüey. Está mejor representada en el subsuelo que la Formación Santa Teresa. En ella predomina una intercalación irregular de calizas y pedernales en nódulos, que en algunos lugares ambas variedades se pueden intercalar con limolitas, areniscas calcáreas, calizas arenosas, margas y lutitas. Es frecuente la presencia de texturas dendríticas en la superficie de las calizas. Yace concordantemente sobre la Formación Santa Teresa y transgresivamente sobre la Formación Veloz. Está cubierta discordantemente por la Formación Amaro. Su edad ha sido establecida como Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano) (Valladares, 1997).

III.2.3. Depósitos **sin orogénicos** situados sobre el arco volcánico cretácico y las ofiolitas correspondiente a la primera fase tectónica.

Sobre el arco volcánico y las ofiolitas reposan discordantes las turbiditas vulcanomícticas de la Formación Vía Blanca (Brönnimann y Rigassi, 1963), en general se trata de una secuencia flyschoides constituida por argilitas, limolitas y areniscas de composición grauvaquica, con intercalaciones finas de margas blancas con un espesor entre los 500 y 800 m. Aparecen capas de conglomerados polimícticos en diferentes niveles con matriz arenosa y arcillo - arenosa, calizas detríticas, arcillas y tufitas. Contiene paquetes olistostrómicos difíciles de cartografiar. En cuanto a su extensión estratigráfica. Díaz-Otero *et al.* (2001) le asignan una edad de Campaniano Superior-Maastrichtiano Superior tope, a partir de la revisión de los listados faunales de Brönnimann y Rigassi (1963), el listado faunal del Léxico Estratigráfico de Cuba y las

nuevas determinaciones realizadas a la luz de recientes trabajos relacionados con el límite K-T. Esta formación es cortada en el subsuelo por los pozos, Cojímar-100, Cojímar-100A, Cojímar-101L, Cojímar-200, Habana del Este-100 y Habana del Este-101 (Ver Anexos 1 y 8).

Sobreyaciendo a estos depósitos se encuentran los sedimentos que conforman la Formación Peñalver (Brönnimann y Rigassi, 1963). Se desarrolla en las provincias de Ciudad de La Habana, La Habana, Matanzas. Esta unidad litoestratigráfica ha sido subdividida por Takayama *et al.* (2000) en cinco miembros que ha continuación se relacionan:

Miembro Basal: Está representado por calciruditas masivas. Los clastos son de tamaño principalmente compuestos por fragmentos angulosos a subangulosos de calizas con fragmentos de microfósiles, tales como rudistas y macroforaminíferos, y fragmentos de mudstone, rocas volcánicas en ocasiones redepositadas de la infrayacente Formación Vía Blanca.

Miembro Inferior: Consiste principalmente de calcarenitas de grano grueso a medio, con frecuentes intercalaciones de capas de conglomerados finos.

Miembro Medio: Está caracterizado por calcarenitas grises, masivas, bien seleccionadas. Estas calcarenitas son más consolidadas que las del Miembro Inferior y la composición de los granos no muestra cambios significativos.

Miembro Superior: Está representado por calcarenitas, similares a las del Miembro Medio, de grano fino que decrecen gradualmente en talla hacia arriba, con estratificación débil de 10 cm a algunos metros de espesor.

Miembro más alto: Consiste de calcilutitas finas, masivas, raramente con clastos angulares de esquistos negros, de clastos redondeados de mudstone. Su asociación fosilífera se caracteriza por abundantes especies y ejemplares de foraminíferos planctónicos como fauna indígena así como bentónicos grandes **redesedimentados** (Gil González *et al.* 1998) que se corresponden con el tope del Maastrichtiano Superior (Brönnimann y Rigassi, 1963; Díaz - Otero *et al.*, 2000;).

Esta unidad al igual que las formaciones Cacarajícara y Amaro (Pszczółkowski, 1986) está relacionada con el impacto cósmico de hace 65 millones de años en la península de Yucatán el que provocó gigantescas olas (Tsunamis) que destruyeron los márgenes continentales (Takayama *et al.*, 2000; Kiyokawa *et al.*, 2002; Tada *et al.*, 2003), por lo que su conjunto fosilífero está compuesto por fósiles redepositados muy diversos en tipos y edad. El espesor de esta formación oscila entre 20 y 150 m. La unidad Peñalver está cubierta discordantemente por las formaciones Cojímar, Universidad y el Grupo Mariel (formaciones Apolo, Madruga y Capdevila).

III.2.4. Depósitos sin orogénicos del Cretácico Superior Campaniano - Eoceno Medio Tardío sobre el paleomargen.

Los sedimentos depositados durante esta etapa guardan una estrecha relación con los procesos de sobrecorrimientos. Aquí se incluyen los correspondientes a la primera fase tectónica Formación Amaro del Cretácico Superior Maastrichtiano y los originados en cuencas antepaís, Formación Vega Alta del Paleoceno -Eoceno Inferior.

La Formación Amaro, descrita por Wassall en: Truitt y Pardo (1953), es considerada una megaturbidita calcárea (Pszczółkowski, 1986). Su litología más característica son las brechas - conglomerados y conglomerados constituidos por fragmentos mal seleccionados de calizas, areniscas calcáreas, calizas detríticas, silicitas y arcillas. Por lo general los fragmentos calcáreos se encuentran redondeados y los silíceos angulosos. Es típica para esta formación una gradación desde la base formada por brecha conglomerados que pasan a calcarenitas hasta calizas las que pueden ser fragmentarias, masivas o en estratos gruesos de color gris verdoso.

En el subsuelo para la unidad son descritas dos litofacies principales (Brey del Rey *et al.*, 2007): conglomerado con soporte de granos y conglomerado con soporte de matriz. Para la parte superior e inferior del corte respectivamente, la distribución en el subsuelo presenta mayor espesor en los pozos del área Vía Blanca y Boca de Jaruco donde alcanza una potencia de hasta 300 m, con tendencia a disminuir y desaparecer hacia el norte (Brey del Rey *et al.*, 2007). Estos depósitos infrayacen a la Formación Vega Alta del Paleoceno-Eoceno Inferior (Fernández-Rodríguez, 1999).

Algunos autores consideran que esta unidad tiene un origen catastrófico relacionado con los eventos ocurridos en el límite K/T (Kiyokawa *et al.*, 2002). Los fósiles más recientes reportados en las muestras analizadas se refieren al Maastrichtiano tope (Blanco-Bustamante *et al.*, 2007; Gil-González *et al.*, 2009) o sea los acumulados están representados por la asociación de foraminíferos planctónicos de la biozona de *Abathomphalus mayaroensis* (Sliter, 1992). Es cubierta discordantemente por la Formación Vega Alta. La unidad litoestratigráfica Vega Alta (Dodekova y Zlatarski en: Kantchev *et al.*, 1978) está definida en superficie como un olistostroma policomponente de matriz arcillosa- arenosa que incluye bloques y olistolitos de calizas, brechas carbonatadas, calcarenitas, silicitas, areniscas, serpentinitas y rocas volcánicas. Son conocidos buenos afloramientos en la parte oriental de la provincia de

Matanzas, ocupando una amplia franja en la región al sur de Corralillo pero no existen afloramientos en el área de estudio. En el subsuelo de los yacimientos geográficamente ubicados en las zonas litorales de las provincias La Habana y Matanzas, se han encontrado en casi todos los pozos perforados por lo que constituye en toda esta zona el sello regional sobre los horizontes productores. El espesor de esta secuencia generalmente tiende a disminuir de sur a norte, por lo que sus espesores son muy variables (50 a 250 m). Yace erosionalmente sobre las rocas de la Formación Amaro, y tectónicamente sobre las formaciones del Grupo Veloz, según el área. Está cubierta transgresivamente por la Formación Arabos y por depósitos del Cuaternario, aunque en general su límite superior es erosional. El conjunto fosilífero reportado es escaso y el reportado arrojar una edad Paleoceno-Eoceno Medio. El espesor de esta unidad tanto en superficie como en los pozos puede llegar a ser mayor de 200 m (Brey del Rey *et al*, 2007).

III.2.5. Cuencas superpuestas o de *Piggy Back*.

Este tipo de depósitos está representado en el área por el Grupo Mariel (González - García, 1985). Que abarca una edad desde el Paleoceno hasta el Eoceno Inferior. En **el** se distinguen las: **formaciones** Mercedes, Apolo, Madruga y Capdevila. Tiene un buen desarrollo en las provincias de Pinar del Río, Ciudad de La Habana y La Habana, sobre todo la parte superior del grupo identificado como Formación Capdevila (Foto 2). **Está** formación se caracteriza por secuencias siliciclásticas, siendo las rocas de mayor ocurrencia las areniscas polimícticas, conglomerados, lutitas, limolitas, así como por depósitos carbonatados y carbonatados arcillosos compuestos por: margas, calizas biogénicas y calcarenitas. Todo el conjunto yace discordantemente sobre las formaciones Peñalver y Vía Blanca. Está cubierta discordantemente por las formaciones Cojímar, Consuelo, y Universidad. Se ha de destacar que algunos autores como Cobiella - Reguera *et al*. (2000) consideran a la formación Capdevila como depósitos tipo cuenca frontal y no de cuenca a cuevas por encontrarse en el área de Cayajabos cubriendo los mantos de cabalgamientos. En la cuenca flexural de la región Habana-Matanzas, frente a los cabalgamientos de la serie de cuenca Placetas, se depositó la Formación Vega Alta, que constituye el sello principal sobre los carbonatos infrayacentes productores de petróleo. Para el subsuelo dicha formación fue muy bien caracterizada por Konev y Segura (1979).



Foto2. Afloramiento de la Formación Capdevila en la calle G; Vedado.

III.2.6. Cobertura Neoplatafórmica.

Los depósitos **Neoplatafórmicos** se separan en tres pisos estructurales: el inferior Eoceno Inferior parte alta al Oligoceno y el superior Oligoceno Superior hasta el Plioceno Inferior y Plioceno - Cuaternario. La zona de estudio está constituida por el piso estructural inferior donde se encuentra la Formación Universidad (Bermúdez, 1937). Está compuesta por margas, calizas arcillosas, argilitas silíceas, nódulos de pedernales, calizas arcillosas silicificadas, calizas biógenas y en algunos de sus cortes presentan conglomerados basales de fragmentos pequeños de matriz areno-arcillosa polimíctica. La edad de esta unidad es Eoceno Inferior parte alta – Eoceno Medio parte baja. Yace discordantemente sobre las formaciones Chirino, Peñalver y el Grupo Mariel (formaciones Madruga y Capdevila). Está cubierta discordantemente por las formaciones Cojímar y Consuelo.

La formación está dividida por dos miembros: Toledo y Príncipe. El Miembro Toledo (Brödermann, 1940), está compuesto por margas, calizas arcillosas, argilitas silíceas, con nódulos de pedernales, calizas arcillosas silicificadas, a veces totalmente silicificadas en pedernal, areniscas polimícticas con un conglomerado basal de pequeños guijarros y matriz areno- arcillosa. Su edad es Eoceno Inferior parte alta. El Miembro Príncipe (Palmer, 1934), es del Eoceno Medio parte baja, está constituido por

margas masivas o groseramente estratificadas de color blanco o amarillento, calizas arcillosas y arcillas calcáreas (Foto 3).



Foto 3. Miembro Príncipe de la Formación Universidad en la calle G; Vedado.

Otras de las formaciones que se encuentra dentro de la cobertura neoplatafórmica es la Formación Consuelo (Bermúdez, 1950), de edad Eoceno Superior parte alta. La Formación Consuelo se caracteriza por presentar calizas biógenas de color blanco y crema, calizas micríticas de igual coloración y margas masivas deleznales de color blanco crema (Foto 4). Yace discordantemente sobre los grupos Mariel (Formación Capdevila) y Universidad (Formación Príncipe). Está cubierta discordantemente por la Formación Cojímar.



Foto 4. Afloramiento de la Formación Consuelo, cerca de Puerto escondido en la Vía Blanca.

En la región central de las provincias La Habana y Matanzas se formó la estructura antes llamada “anticlinal Bejucal- Madruga-Limonar”. En él afloran depósitos del Eoceno Inferior hasta el Oligoceno, siendo la unidad más antigua en su parte occidental la Formación Capdevila (que aflora en el núcleo del anticlinal, y la unidad Neoplatafórmica Tinguaro). La Formación Tinguaro (Palmer, 1945), de edad Oligoceno Superior, yace discordantemente sobre las formaciones Consuelo y Veloz y está cubierta transgresivamente por la Formación Cojímar. Es predominante la presencia de margas color blanco grisáceo, estratificadas, con intercalaciones de arcillas, calizas arcillosas, que en ocasiones pueden ser algo detríticas, y limolitas. (García-Delgado *et al*, 2001).

III.2.7. Depósitos del Neógeno y del **Pliocuaternario**.

Los depósitos del Neógeno en la región están representados por dos formaciones: Cojímar y Güines. La Formación Cojímar identificada por Palmer en 1934; está constituida por margas calcáreas, arcillosas, arenáceas y a veces nodulares, cretas, calizas biodetríticas arcillosas, calcarenitas de matriz margosa y arcillas (Foto 5). Su edad es Mioceno Inferior (parte alta) – Mioceno Medio (parte baja). La Formación Güines descrita en 1826 por Humboldt, está compuesta por calizas biodetríticas de grano fino a medio, fosilíferas, calizas biohémicas, calizas dolomíticas, dolomitas, calizas micríticas sacaroidales y lentes ocasionales de margas calcáreas y calcarenitas. Su edad es Mioceno Inferior (parte alta) – Mioceno Superior (parte baja).

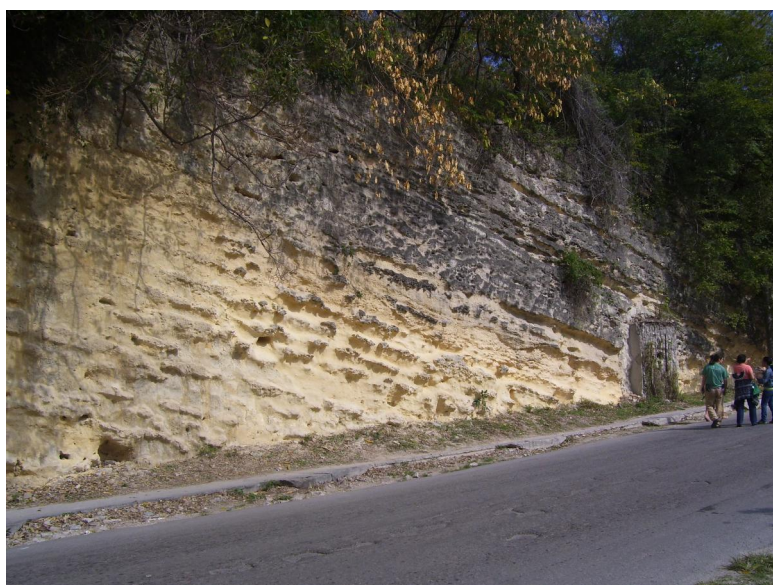


Foto 5. Corte de la Formación Cojímar en las cercanías del hospital Naval, Habana del Este.

Los depósitos Plioceno – Cuaternario en la región de La Habana se clasifican por su composición litológica en carbonatados y terrígenos, cuyas interrelaciones en muchos casos son difíciles de establecer o se desconocen. En la secuencia carbonatada se encuentra la Formación Vedado (Brönnimann y Rigassi, 1963). Consiste principalmente de calizas biohérticas (Foto 6); yace discordantemente sobre las formaciones Cojímar y Güines.



Foto 6. Calizas arrecifales compactas con gasterópodos de la Formación Vedado en el Hotel Nacional.

La Formación Jaimanitas (Brödermann, 1940), es característica por calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas conteniendo principalmente conchas bien preservadas (Foto 7). Se desarrolla en forma de faja casi continua que bordea la costa. Yace discordantemente sobre las formaciones Güines y Vedado. Está cubierta discordantemente por depósitos del Holoceno.



Foto 7. Costa en el Golfito Alamar, donde aflora la Formación Jaimanitas

III.3. Tectónica del Anticlinal Habana – Matanzas.

Para la caracterización de la tectónica del territorio estudiado se tuvo en consideración la existencia de dos niveles estructurales principales en el desarrollo geológico del territorio cubano: el cinturón plegado y la neoplataforma.

El cinturón plegado abarca los complejos litológicos preorogénicos y orogénicos. Los preorogénicos tienen edades comprendidas entre el Jurásico Superior y el Campaniano Inferior y pueden ser oceánicos y continentales. Los del primer grupo son la asociación ofiolítica y el arco volcánico cretácico. Los complejos del segundo grupo son los que constituyen la Plataforma de las Bahamas y el paleomargen continental de las Bahamas (Iturralde-Vinent, 1996).

La sección correspondiente al margen continental en la región Habana – Matanzas está compuesta por las rocas de la UTE o Secuencia Placetas, que si bien originalmente tenía un espesor entre 1000 - 1200 metros, debido al apilamiento como consecuencia del cabalgamiento del "arco antillano" sobre las rocas de cuenca su espesor puede llegar a más de 4 000 metros según muestran las perforaciones profundas. Las rocas del Aptiano–Turoniano forman estructuras duplexes, como en Vía Blanca y Boca de Jaruco. Los carbonatos del Jurásico – Cretácico Inferior forman dos apilados de mantos y escamas según se ha descubierto recientemente en los yacimientos de Puerto Escondido y Yumurí; con magníficas producciones de petróleo pesado en ambos apilados, que muestran similar composición litológica.

Las repeticiones de los estratos se producen por determinados niveles de despegue que se comportan como fallas inversas que se relacionan con el gran despegue inicial de la sal (Sánchez – Arango. 2009, Ver Fig. III.2).

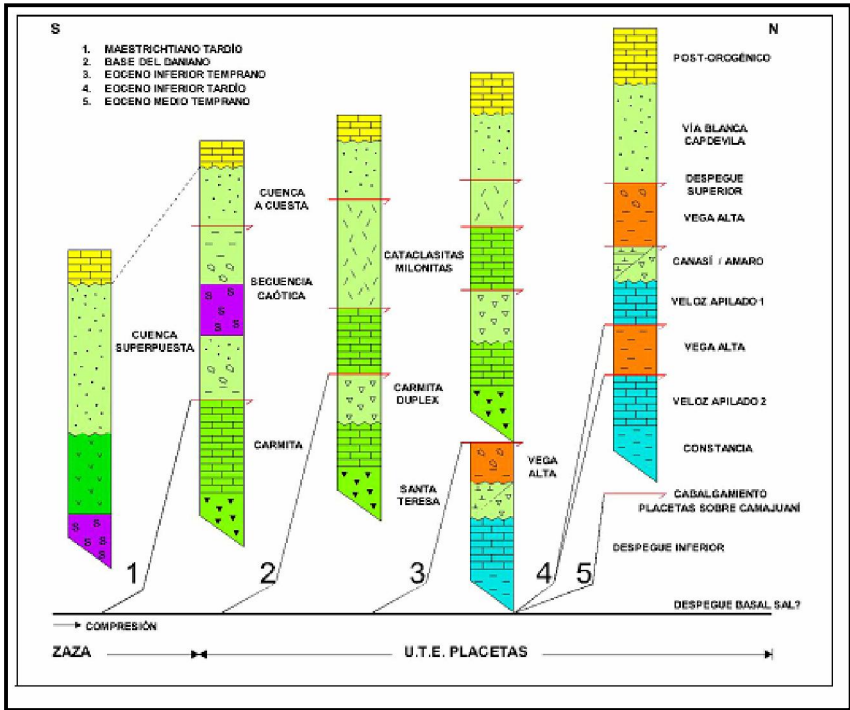


Fig. III.3. Esquema de propagación de los Cabalgamientos en La Habana - Matanzas, según Sánchez (2009).

La zona se caracteriza por exposiciones de rocas ofiolíticas de suprasubducción, así como de secuencias cretácicas de una presunta cuenca de retroarco y, en menor grado, de la parte axial del arco volcánico; formando un conjunto rocoso muy dislocado y desmembrado tectónicamente (Pszczółkowski *et al.*, 1975; Pszczółkowski y Albear, 1982; Martínez *et al.*, 1994; Cruz, 1998; Iturralde-Vinent, 1998). Además afloran depósitos terrígenos orogénicos deformados (Formación Vía Blanca) relacionados genéticamente con la fase tectónica del Campaniano - Maastrichtiano, que tuvo lugar en la placa caribeña durante la consolidación de la geoestructura oceánica eugeoclinal después de la extinción del "arco volcánico cretácico". También sedimentos terrígenos menos deformados del Paleógeno Inferior (Grupo Mariel), depositados discordantemente sobre los complejos anteriores en una cuenca de "piggy back" según Martínez *et al.* (1991); Iturralde-Vinent (1998).

Según Iturralde-Vinent (1994, 1998) las rocas en la zona, por lo general se encuentran arrugadas en pliegues pequeños de carácter lineal con yacencia volcada, muy complicados por numerosas fallas. Un rasgo característico del flanco sur de la zona, es la presencia de cuerpos lenticulares de melange serpentinitico y de cuerpos en forma de diques de composición básica que están asociados a numerosas fallas sublatitudinales. Las grandes fallas presentes en la zona se pueden dividir en:

- Falla Caimito-Bainoa debe constituir la prolongación de la Falla Pinar hacia el este, extendiéndose, según nuestras consideraciones, hasta la Falla Hicacos. Parece tratarse de una falla transcurrente sinistral con varios kilómetros de desplazamiento lateral. Falla Hicacos, transcurrente sinistral de dirección NE, que presenta alrededor de 2 km de desplazamiento (García-Delgado *et al*, 2001).
- Existen otras dos grandes fallas con dirección NE, pero apenas parecen haber tenido desplazamiento: la Falla San José de las Lajas, al oeste, destacada aquí por primera vez, y la Falla Colón, al este (García-Delgado *et al*, 2001).
- Falla Guanajay (en el extremo occidental), muy bien expresada en el modelo de elevación digital del territorio. Tiene una dirección N-NW y está relacionada con un intenso agrietamiento de las rocas en esa misma dirección (García-Delgado *et al*, 2001).
- Falla Cochinos (en la parte oriental), también de dirección N-NW, con predominio de la NW, que parece ser de muy poco desplazamiento (García-Delgado *et al*, 2001).
- Falla La Jía (en la parte occidental), de dirección NW y, poco más al Este, otra innominada en la misma dirección pero menos extensa; ambas parecen haber tenido escaso desplazamiento (García-Delgado *et al*, 2001).

En el mega bloque Matanzas las estructuras plegadas y escamadas compuestas por ofiolitas, volcanitas y las formaciones Vía Blanca y Peñalver, se orientan en dirección NW; según la tendencia cubana (Albear e Iturralde-Vinent, 1983; Piotrowska, 1986). En este conjunto también aflora el conocido diapiro yesífero San Adrián, formando una escama tectónica que parece ser parte de la secuencia basal del paleomargen continental, pues el yeso contiene inclusiones de fragmentos de metamorfitas siálicas, presumiblemente premesozoicas (Somin y Millán, 1981). También afloran aquí pequeñas escamas de calizas de la secuencia de Placetas y arcosas de la Formación Bacunayagua de la primera fase tectónica, las cuales contienen fragmentos de granitos Jurásicos y de mármoles Proterozoicos. De acuerdo con Piotrowska (1986), el conjunto escamado de este megabloque conforma tres nappes principales dirigidos hacia el NE.

En la parte meridional del territorio se expone una estructura elevada alargada, dispuesta en dirección W-E, conocida como Anticlinal Bejucal-Madruga-Limonar (Albear e Iturralde-Vinent, 1983; Mossakovskiy *et al*. (1979) esta estructura la denominaron, en sentido general, como Bloque Bejucal-Madruga-Limonar, aunque se desmembró en bloques más pequeños para su descripción.

III.4. Magmatismo del Anticlinal Habana-Matanzas.

En el anticlinal Habana – Matanzas, la actividad magmática en la región esta dada por la presencia de rocas ofiolíticas de cuenca interarcos (Fonseca *et al.*, 1984). Las ofiolitas en Cuba forman parte de un gigantesco melange tectónico; este aspecto dificulta la observación de las interrelaciones de sus diferentes complejos, los cuales en algunas zonas están muy mal representados o no existen (Fonseca *et al.*, 1984). En la literatura se presentan cinco complejos, típicos para estas asociaciones.

De los cinco complejos planteados en la literatura en el área se manifiestan solamente tres:

1. Gábrico cumulativo.
2. Diafásico.
3. Basáltico con sedimentos.

El primer complejo está integrado en dos zonas principales. La primera asociada a la faja del melange serpentinitico y la segunda al norte en la región de desarrollo de la Formación Orozco. El tercer complejo de la asociación ofiolítica aflora limitadamente en la región. Su estructura se observa al oeste del macizo de Cajalbana, donde los diques de diabasas cortan a los gabros anfibolizados. (Iturralde–Vincent, 1996).

Las ofiolitas del Anticlinal Habana – Matanzas se ubican en la mitad septentrional cubana, en la llamada faja Mariel–Holguín (Iturralde–Vincent 1996). Donde forman parte de un melange intensamente deformado, que incluye escamas arrancadas del margen continental de Las Bahamas (subyacente), así como bloques del arco volcánico cretácico y sedimentos del Campaniano Tardío. Este melange, usualmente desmembrado, yace sobre las rocas del paleomargen continental de Las Bahamas y se cubre por el sur, por mantos tectónicos del arco volcánico cretácico. Es común encontrar olistostromas vinculados a los contactos del melange con las rocas infra y suprayacentes. Estas ofiolitas están representadas fundamentalmente por serpentinitas, forman cuerpos de melange que se “interdigitan” con las rocas de la Formación Vía Blanca, formando espesores considerables intensamente deformados y mezclados. No obstante, se presentan espesores importantes con predominio de las serpentinitas intensamente fracturada, que se comportan como reservorios y almacenan producciones de petróleo, como en el yacimiento Cruz Verde en el pasado y ahora en los pozos Bacuranao. Las propias serpentinitas hidratadas sirven de sello. Esas serpentinitas se diferencian de los paquetes terrígenos de la Formación Vía Blanca fácilmente por el registro geofísico, fundamentalmente por la diagráfia del Gamma (Valladares *et al.*, 1997).

Capítulo IV. Metodología y materiales utilizados en la investigación.

IV.1. Metodología de la investigación.

La metodología empleada en el trabajo se seleccionó basada en el planteamiento del problema a resolver y el objetivo general trazado. La misma posee dos etapas fundamentales, que se desarrollaron simultáneamente: trabajos de gabinete y trabajos de campo. Todos los estudios realizados estuvieron basados en la información contenida en los pozos de exploración y la geología de superficie (Ver Figura IV.1).

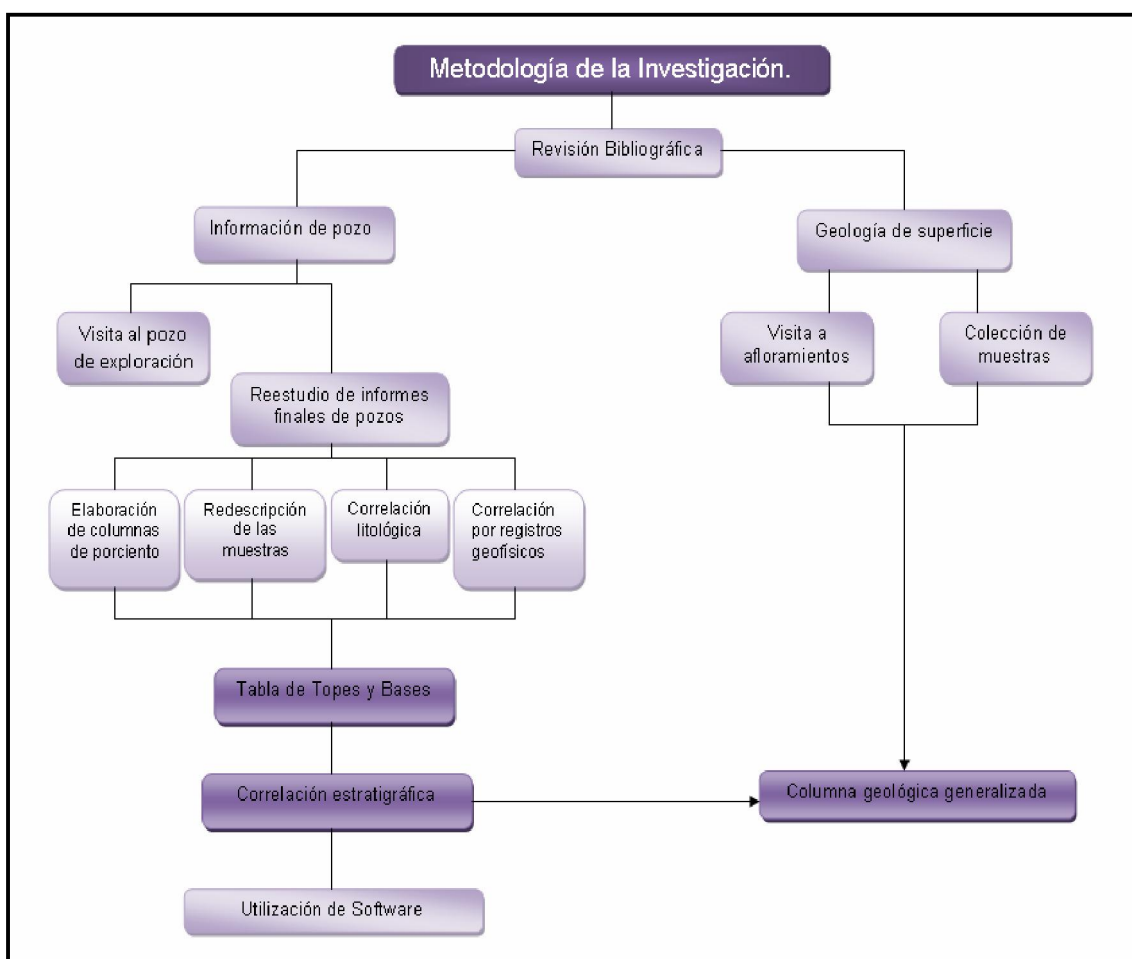


Fig.IV.1. Procedimiento desarrollado en la investigación

IV.1.1. Trabajo de gabinete.

Como primer paso se hizo un levantamiento de los materiales primarios donde se parte de la revisión bibliográfica y se dispone de las bases cartográficas a escala 1:100 000 para la ubicación del área en **m**arco regional y a escala 1:50 000 para los estudios de campo, información necesaria para poder estudiar las unidades a observar en el campo.

También se contó con numerosos trabajos que aportaron información sobre las características del área de estudio de carácter regional así como proyectos de investigación e informes vinculados con la explotación petrolera.

Terminada esta primera parte, se pasó a realizar un exhaustivo análisis de todo el material disponible en el archivo del CEINPET, que permitiera la reinterpretación estratigráfica de los pozos HBE-100, HBE-101, COJ -100, COJ-100A, COJ-101L, COJ-200. Además de realizar una revisión crítica de los informes finales de cada uno de estos pozos mencionados, con el objetivo de detectar incongruencias e indefiniciones de carácter estratigráfico, como punto de partida de la reinterpretación.

La elaboración de columnas litológicas en por ciento a partir de las descripciones de muestras de canal puede ayudarnos a una correlación litológica más precisa, mostrando de manera gráfica el predominio de diferentes rocas, la posibilidad de litologías "caídas" debido al proceso de perforación, etc. En las tablas anexas a los informes de los pozos no se detalla de manera sistemática esta información. Existen problemas con descripciones de algunos intervalos: porcientos de rocas que suman más de 100% o menos, empleo de diferentes términos de clasificación de rocas, por solo nombrar algunos. Aunque los geólogos de pozo deben llevar un registro de los diferentes porcientos de cada litotipo en cada muestra observada no se tuvo acceso a esta información.

Se emplean los registros geofísicos corridos en cada pozo, específicamente el de rayos Gamma por ser un registro litológico o de composición. De esta manera se pueden 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 a 477.0m fue redescrito nuevamente desde el punto de vista paleontológico para confirmar el tope de la Formación Vía Blanca.

Toda esta información nos permitió conformar una tabla de topes y bases, modificando las columnas de los pozos. Además de establece una nueva correlación y finalmente una columna generalizada del área.

Se aplicaron Software especializados como son: Autodesk Map 2004; Surfer 8.0; Petrel 2008; Microsoft Office para la confección de mapas, gráficos, esquemas, etc.

IV.1.2. Trabajo de campo.

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 y posteriormente esto ayudó al reconocimiento en el subsuelo.

Se visitó un pozo de exploración con el objetivo de familiarizarnos con el proceso de perforación, la toma y preparación de muestras y los riesgos de contaminación de las mismas en el proceso tecnológico.

- **Peparación de las muestras de canal o cuttings a pie de pozo.**

Para el estudio paleontológico y litológico de las muestras de canal en el pozo, se utiliza la técnica de lavado la cual consiste esencialmente en la toma de las muestras de la zaranda a la que se le realiza la operación de lavado de las muestras, para esta acción se utiliza un tamiz de malla fina (100-120 μm) y se hace pasar por él la muestra. Una vez en el tamiz y bajo la llave se talla la muestra (con cuidado para no romper la malla, ni los fósiles) eliminándose por los orificios de la misma el lodo de perforación, hasta que el agua sale completamente limpia. La muestra se seca en un horno y es envasada para su posterior estudio.

Para la preparación de ditches (sección delgada de un pequeño fragmento de roca) el fragmento se pega a un portaobjetos de vidrio utilizando para ello el Bálsamo de Canadá. Luego se desgasta la lámina manualmente hasta lograr el espesor deseado. Por último se cubre la superficie desgastada con un cubre objetos de vidrio de 0.1mm de espesor, pegándolo con el mismo bálsamo utilizado en la superficie anterior. La lámina delgada (ditch o ditches) se deja finalmente con un espesor de 50 μm .

Para estudios paleontológicos las muestras de canal se observan por lo general de forma espaciada, con un promedio de estudio de la muestra de 25 m, en dependencia de la complejidad que presente el tramo en estudio se va a acortando el espaciamiento, mirándose las muestras de forma más continua. Para las

determinaciones litológicas **de** muestrea cada 10m densificando para caracterizaciones de un reservorio o zona de interés.

- **Riesgos de contaminación de las muestras.**

Durante la perforación se utilizan lodos especiales que entre otras cosas tiene como objetivo el acarreo de los cortes a la superficie. Estos lodos tienen propiedades de gel garantizando que si se detiene la perforación las partículas queden suspendidas en el mismo y al reanudarse esta mantienen una secuencia ordenada respecto al tiempo y profundidad en que fueron liberadas al perforar. Una incorrecta calibración del tiempo de atraso de los cortes a la superficie puede crear un desfasaje de profundidad en el muestreo desfasando entonces la columna litológica. Una correcta toma de la muestra en la zaranda es el comienzo para lograr un muestreo adecuado. El tratamiento de la muestra durante su preparación es clave, si no se lavan los tamices y utensilios usados al preparar cada una de estas puede haber contaminación entre las mismas, transfiriéndose con mayor probabilidad la microfauna presente. La utilización de lodos reciclados de otros pozos es un vivo ejemplo que atenta fundamentalmente contra los estudios paleontológicos.

Cada vez **Cupet** perfora objetivos con mayor desplazamiento de la costa realizando caños dirigidos hasta casi horizontales. En estos casos puede producirse un efecto de "arrastre" donde se acumula suciedad (cortes) en el caño, afectando la recuperación y representatividad de las muestras.

Otro elemento importante es que los sedimentos arcillosos y friables pueden ser lavados durante la limpieza de las muestras haciendo difícil la estimación del contenido de arcilla.

Capítulo V. Análisis de la información del subsuelo. Discusión.

Partiendo siempre de que no existe una geología de superficie y otra del subsuelo se extrapoló las experiencias adquiridas en los recorridos por varios afloramientos del Norte de La Habana como ayuda al reconocimiento de las distintas formaciones geológicas en los pozos. También nos apoyamos en la literatura disponible y en la experiencia de muchos especialistas de los departamentos de Estratigrafía y Geología Regional del Ceinpet.

El área de estudio se enmarca fundamentalmente en los Bloques designados por Cupet como 7 y 7A, 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 10 pozos de exploración y evaluación. Se utilizaron los informes finales de seis de estos pozos como principal fuente de datos primarios. En la Fig. V.1 se muestra la ubicación y trayectoria de los mismos.

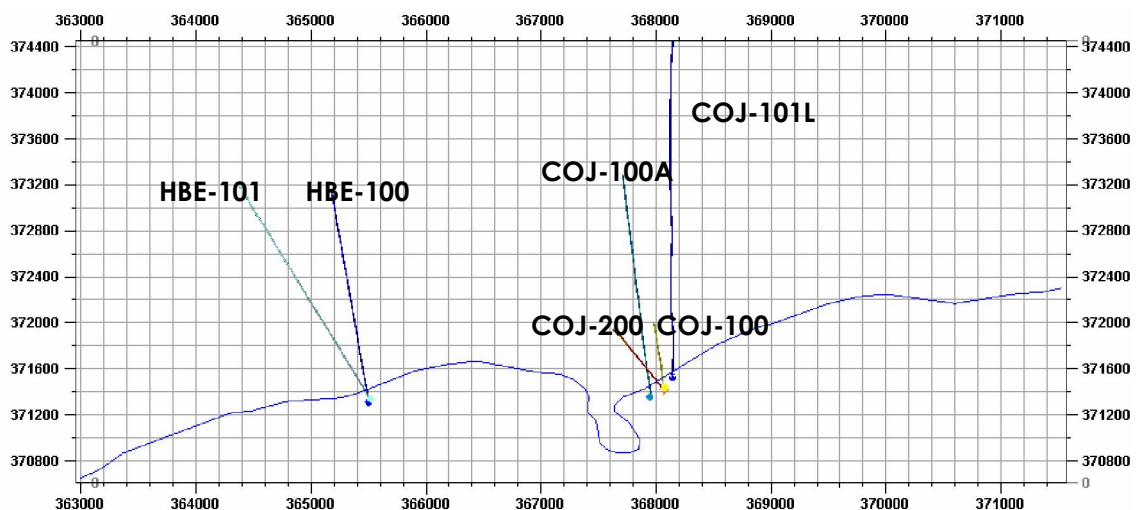


Fig. V.1. Mapa de ubicación de los pozos estudiados.

Es necesario establecer una correlación entre todos estos pozos y posteriormente conformar una columna estratigráfica generalizada del área. Se parte de las columnas originales observándose que en muchos casos resulta incoherente la información de un pozo a otro. En la Fig. V.2 se aprecia lo antes mencionado (ver también tabla de topes y base en el Anexo 1). Por ejemplo, en los pozos de Cojimar las secuencias del Eoceno al Reciente no guardan una estrecha correlación o no se detalla en los informes, elemento sospechoso si notamos que se ubican entre sí a menos de 500m (los más distantes).

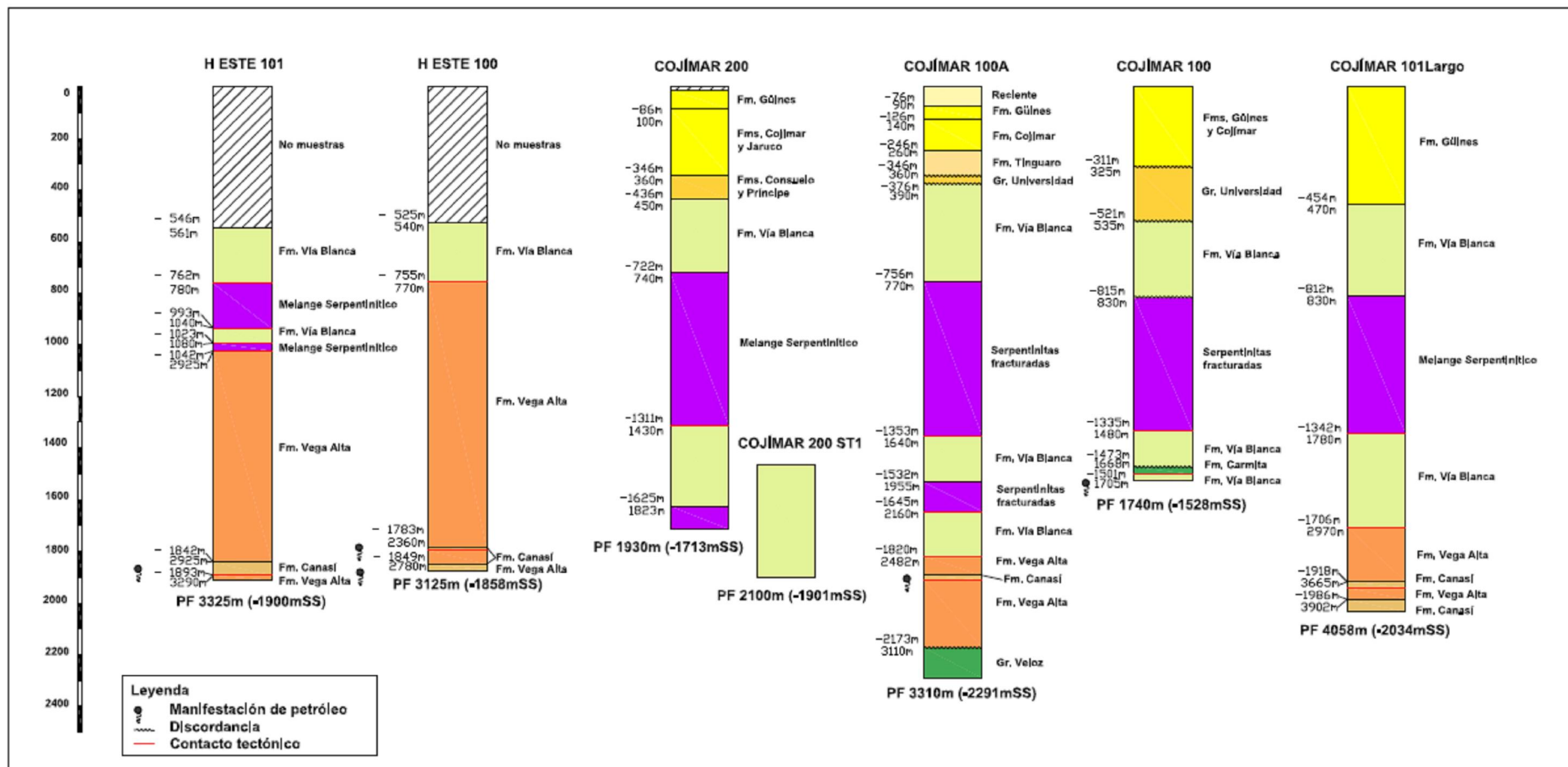


Fig. V.2. Columnas estratigráficas de seis pozos de exploración y evaluación del área de estudio. Se emplearon los topes y contactos tal y como aparecían en los informes finales de cada pozo.

Se aprecia una continuidad de rocas serpentínicas desde Habana del Este hasta Cojímar pero 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 nuestro trabajo se asumirán todas estas secuencias como pertenecientes al Grupo Veloz por ser la "Formación Canasí" una unidad informal, resultado de una hipótesis no totalmente probada y/o aceptada por los especialistas del Ceinpet, las empresas de Cupet y prácticamente desconocida para la comunidad de geólogos cubanos.

Tratamos con pozos dirigidos costa a fuera por lo que para correlacionar es necesario tener presente la ubicación espacial de los distintos paquetes, acuífamientos en distintas direcciones, etc. Se empleó el software Petrel 2008 que facilita la visualización tridimensional de datos (Fig. V.3).

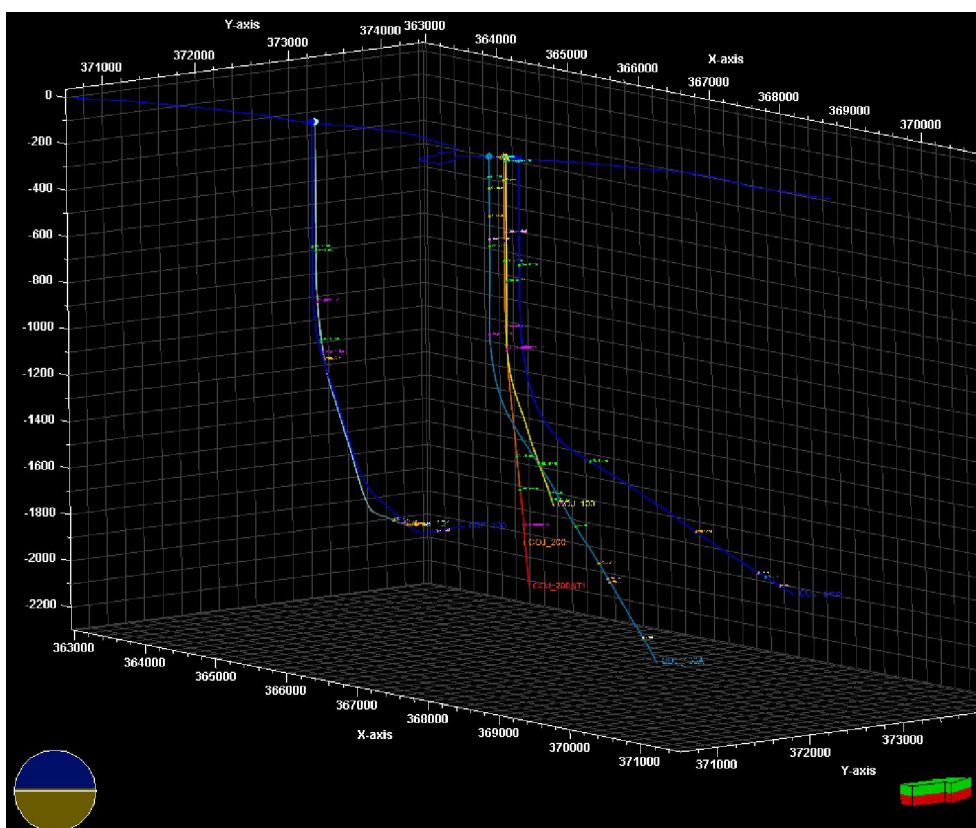


Fig. V.3. Vista 3D de los pozos con marcadores estratigráficos

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 Post-Orogénico 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 (Anexo 2. 90-140m). Seguidamente se describen calizas arcillosas y calizas fosilíferas de la Formación Cojímar (Anexo 2. 140-240m) con un espesor aproximado de 100-150m.

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 y 120m. 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 300m y caracterizada 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. En el Anexo 3 se muestran algunos intervalos de varios pozos detallando litología, fauna y edad.

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 (Fig. V.4).

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 686-762m 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 770m por litología comienza aparecer Serpentinita de color gris oscuro con tonalidades azulosas, fracturada, dureza media. Serpentinita alterada de color gris claro a verde claro, formando material arcilloso llegando hasta un 50%. A partir de 762m se describe hasta un 90-100% de serpentinitas.
- Pozo COJ-200. En el intervalo 740-760m se describe: 100% 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 770-990m 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 (770m). Se observa en los 830m 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 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 arcillas producto de su alteración.

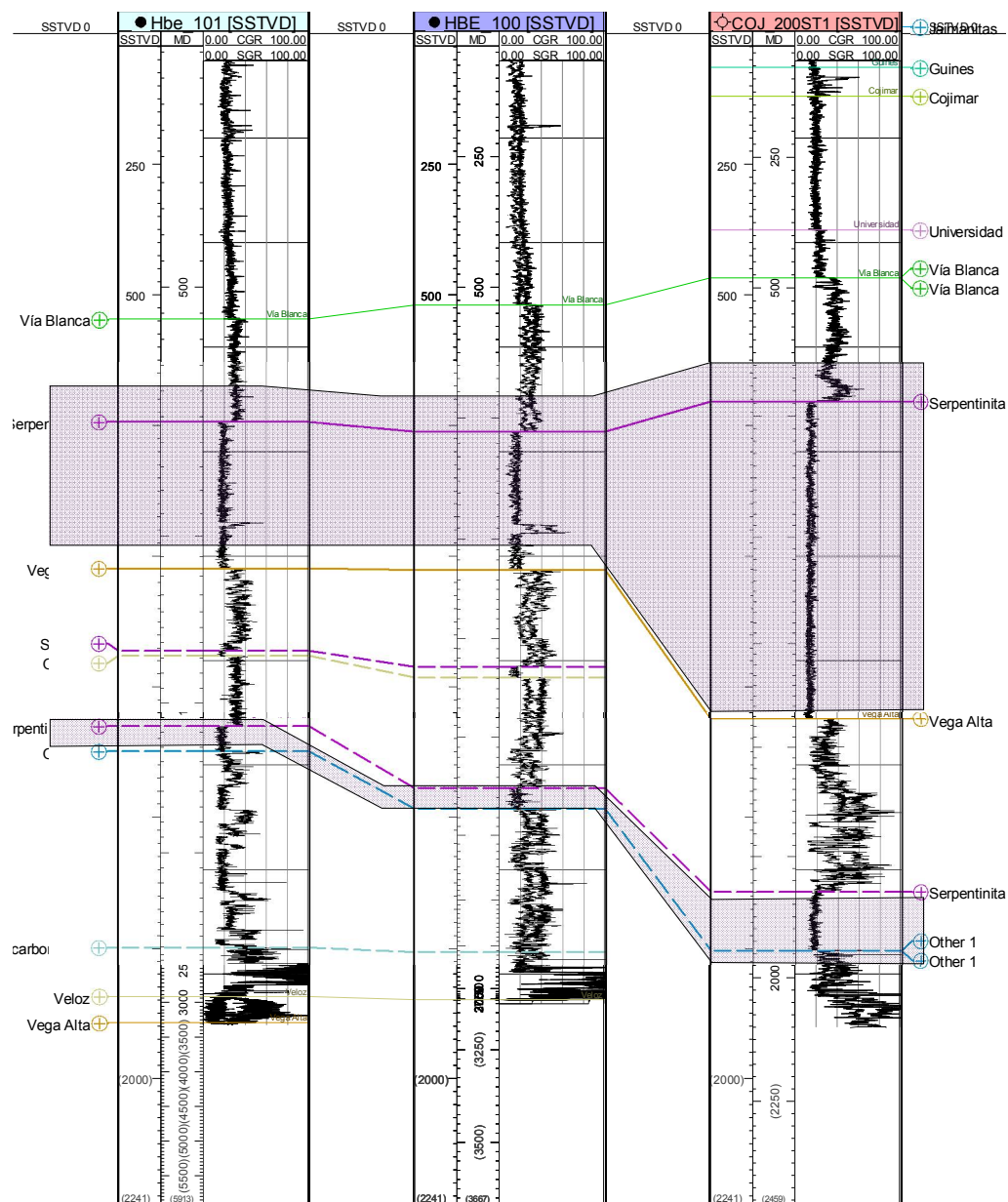


Fig. V.4. Correlación a partir del registro Gamma. Se distinguen varios paquetes serpentínicos con una respuesta peculiar en las disgrafías

Sin embargo en este último pozo se incluye un intervalo mayormente serpentínico (770-1072m) de 300m dentro de la Formación Vega Alta; el mismo que en los demás fue diferenciado como Melange serpentínico o simplemente Serpentinitas.

Otra incoherencia detectada es que se asume en Habana del Este el tope de la Formación Vega Alta alrededor de 1000m (b.n.m.m) y en Cojimar 700-800m 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 de toda el área puede ayudarnos en gran medida (Fig. V.5). Se pueden correlacionar mediante el registro Gamma dos escamas o cuerpos serpentínicos, litológicamente

caracterizados además por predominio evidente de serpentinitas. El superior tiene hasta 600m de espesor aparente y el inferior es de menores proporciones (100m 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 (Figs. V.2 y V.5).

Para solucionar este problema se **chequeó** 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 (ver Anexos 4 y 5). 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 1085-1090m se describe: *15% calizas microcristalinas grises, cremas, blancas, 30% pedernales negro, 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.

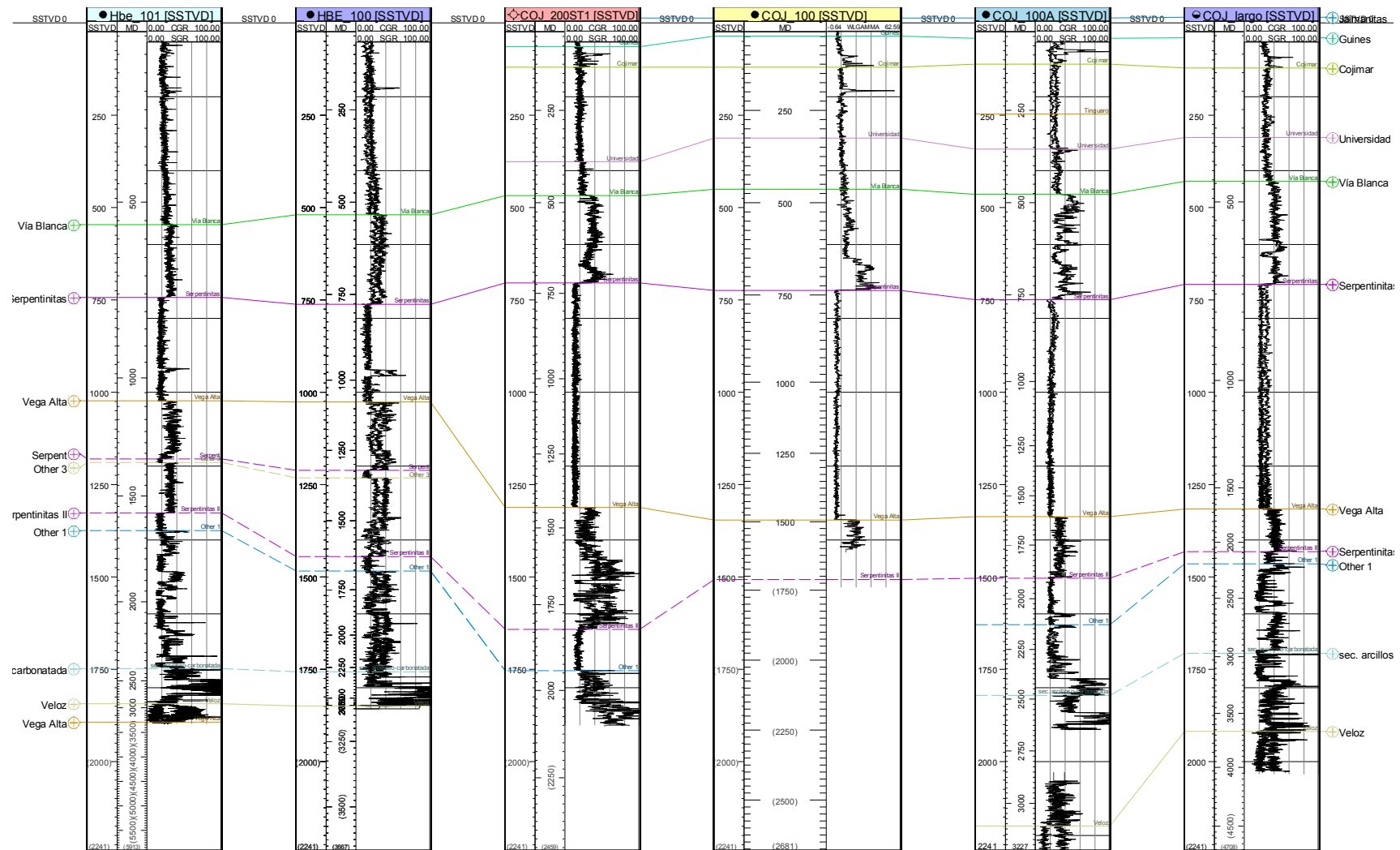


Fig. V.5. Correlación de paquetes serpentiniticos en los seis pozos estudiados.

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 (Cobiella-Reguera, 2009, ver Figura V.6).

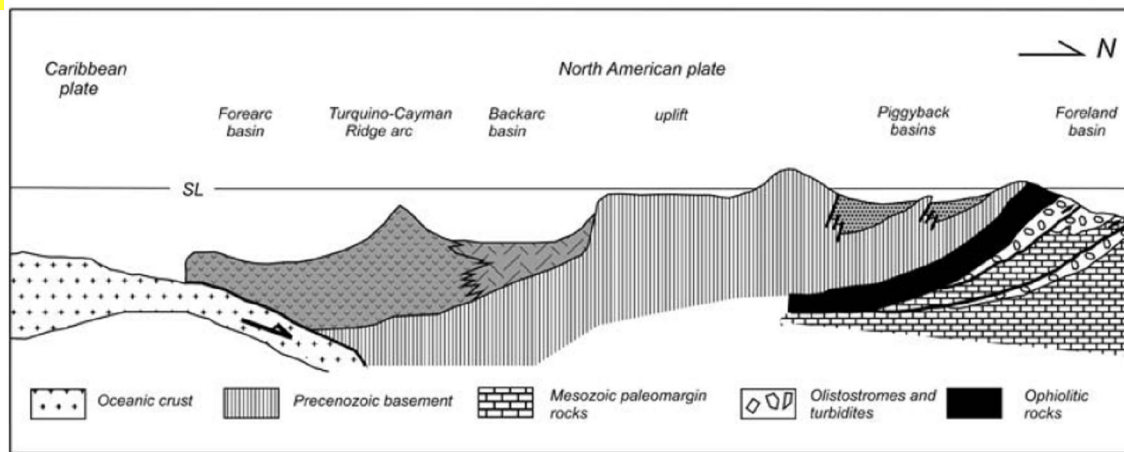


Fig. V.6. Perfil paleotectónico conceptual del Paleoceno – Eoceno Medio Parte baja. (Cobiella – Reguera 2009). Obsérvese en el extremo norte del perfil las secuencias olistostrómicas que asociamos a la Formación Vega Alta.

Al analizar los intervalos asumidos como Formación Vía Blanca en los pozos de Cojimar por debajo de 1400m nos percatamos de 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 (Anexo 6). El pozo COJ-200 cuenta con más determinaciones, en muchos casos parece de tratarse de fragmentos de la Formación Carmita por su composición y edad Cretácico Medio.

En el Anexo 7 puede observarse el predominio de carbonatos, serpentinitas y pedernales en las descripciones atribuidas a la Formación Vía Blanca. En los trabajos de superficie (Brönnimann y Rigassi, 1963; Albear e Iturralde-Vinent, 1983) se describen varios tipos de conglomerados con fragmentos de calizas y serpentinitas pero no en tal 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 comparamos 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

- 3145m: Mudstone calcáreo/wackestone bioclástico finamente recrystalizado algo arcilloso. a) *Nannoconus* sl (J_3^{t3} - K_1), b) *Nannoconus* sl, calpionélidos Radiolarios recrystalizados (J_3^{t3} - K_1^v).
- 3165m: Mudstone calcáreo finamente recrystalizado impregnado y piritizado. Nannopláncton calcáreo recrystalizados, *Nannoconus* ¿ sl (Prob. J_3^{t3} - K_1).

Pozo HBE-100

- 2965m: Packstone intraclástico con matriz carbonatada friable (ab. cocolitos), Mudstone calcáreo impregnado. Moldes de radiolarios. Cocolitos abundantes, Calpionélidos ss (J_3^{t3} - K_1^v).

Pozo HBE-101

- 3150m: Mudstone calcáreo recrystalizado, impregnado. *Calpionélidos* ss (recrystalizados). Tithoniano Superior-Cretácico Inferior, Valanginiano.
- 3180m: Wackestone bioclástico. *Calpionélidos* ss (recrystalizados). Tithoniano Superior-Cretácico Inferior, Valanginiano.

En la Figura V.7 se muestra un ejemplo de registros de imágenes apreciándose las características estructurales del reservorio en el pozo COJ-100A.

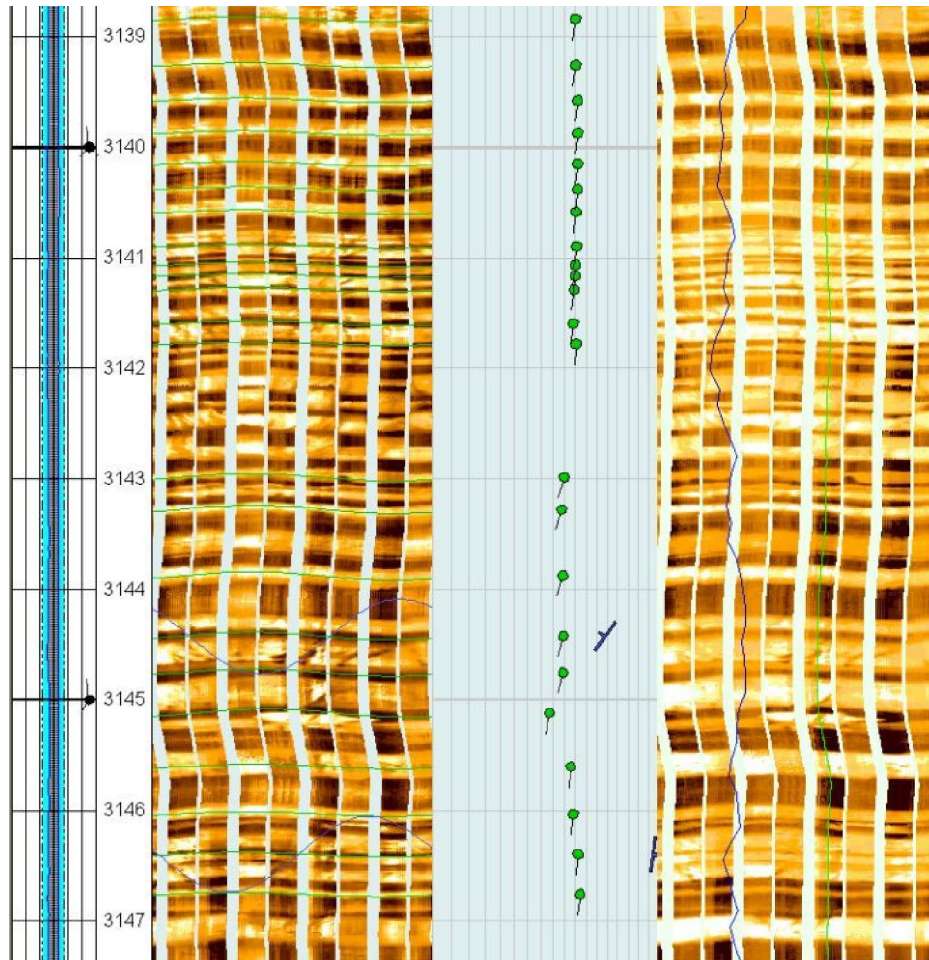


Fig. V.7. Imagen del registro FMI del pozo COJ-100A. Se aprecian capas estratificadas (10-20cm de espesor) buzando al S-SW.

El reservorio principal de toda la FNCP es precisamente el Grupo Veloz y se caracteriza como un colector carbonatado, fracturado-poroso.

Después de todo este análisis se redefinen los topes en cada pozo y se obtiene una correlación estratigráfica de toda el área estudiada (Fig. V.8, ver además Anexo 8). Se anexa además una columna estratigráfica generalizada del sector Morro – Bacuranao.

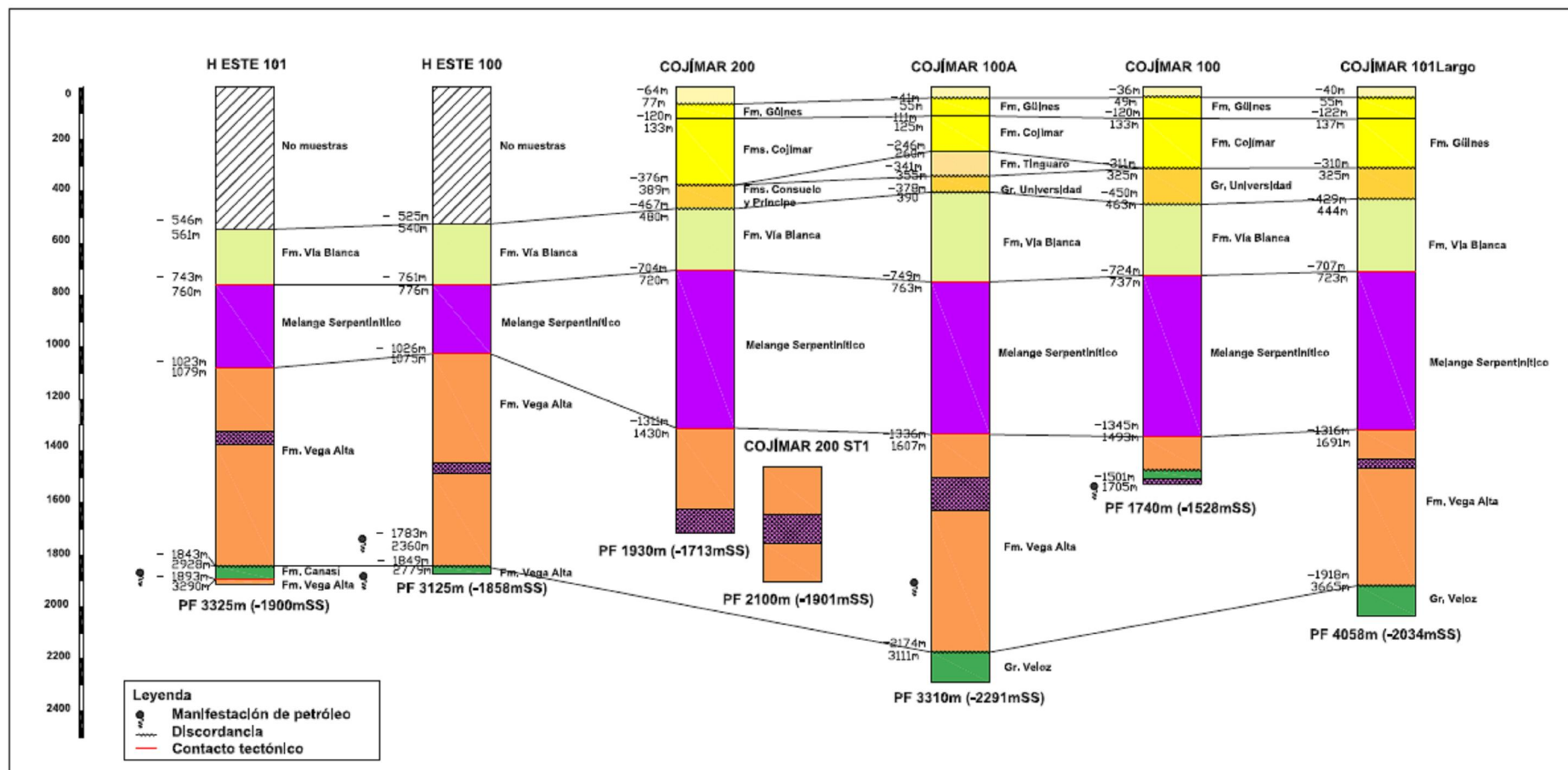


Fig. V.8. Esquema de correlación estratigráfica final de los pozos estudiados.

Conclusiones

1. Como resultado del estudio detallado de los pozos en Habana del Este y Cojímar se obtuvo una nueva división del corte estratigráfico en cada caso.
2. Existe una estrecha correlación estratigráfica entre los pozos estudiados.
3. Las unidades estratigráficas observadas en el subsuelo mostraron características muy similares a las descritas en superficie.
4. El Oligoceno representado por la Formación Tinguaro se determinó solamente en el pozo Cojímar – 100A aunque no se descarta que a partir de un muestreo de mayor detalle se pueda establecer una continuidad con el resto de los pozos.
5. Se caracterizó por debajo de las rocas del Complejo Ofiolítico una secuencia conglomerática polimíctica que puede llegar a constituir olistostromas, asociada a la parte superior de la Formación Vega Alta.
6. Se obtuvo una columna estratigráfica generalizada del área.

Recomendaciones

1. Se recomienda densificar el estudio paleontológico en las formaciones del Post-Orogénico para lograr una mejor caracterización de las unidades estratigráficas presentes. De igual manera debe realizarse un mayor número de ditches y preparaciones para caracterizar mejor las rocas que conforman elementos del sistema petrolero (sello y reservorio).
2. Las tablas de por ciento de los distintos litotipos observados por el litólogo o geólogo de pozo deben conservarse y ponerse a disposición del personal especializado pues se trata de la información primaria más importante para cualquier estudio futuro.

Bibliografía.

- Albear, J.F., M. Iturralde-Vinent (1983). "Estratigrafía de las provincias de La Habana", En Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana, Edit. Cient. Tecn. Cuba, La Habana, 12-54.
- Albear, J.F., M. Iturralde-Vinent, G. Carassou, N. A. Mayo, L. L. Peñalver (1977). "Memoria explicativa del mapa geológico escala 1:250 000 de las provincias de La Habana", Inst. Geol. Paleont., Acad. Cienc. Cuba, La Habana.
- Álvarez, J., Barceló, J., López, O., García, R., Castro, O., Rodríguez, O., Bardor, D., (1994). "Evaluación del potencial de exploración del bloque 7 de la región Habana-Matanzas", Archivo técnico del CEIPET, La Habana.
- Bermúdez, P.J. (1937). "Estudio Micropaleontológico de dos formaciones eocénicas de las cercanías de La Habana", Mem. Soc. Cubana Hist. Nat. 11 (3): 153- 180.
- Bermúdez, P.J. (1950). "Contribución al estudio del Cenozoico Cubano". Mem. Soc. Cubana Hist. Nat. 19 (3): 205- 375.
- Blanco - Bustamante S., D. Brey del Rey, O. Castro Castiñeiras, L. Pérez Estrada, 2007. Consideraciones faciales de la Formación Amaro en el Yacimiento de Boca de Jaruco. Memorias II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, La Habana. ISBN 978-959-7117-16-2, SCG.
- 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 de CEINPET, La Habana, Cuba. (Versión digital).
- Brödermann, J. y Bermúdez, P. J (1940). "Contribución al mapa geológico de la provincia de La Habana", Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).
- Brödermann, N.J. (1940). "Determinacion geologica de la Cuenca Vento", Rev. Soc. Cubana Ing., 34:272-315.

- Brönnimann, P., D. Rigassi (1963). "Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba and its surroundings", *Eclog. Geol. Helv.* 56(1):193-430.
- Cobiella-Reguera, J.L., S. Gil González, A. Hernández Escobar, N. Díaz Díaz (2000). "Estratigrafía y Tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba Occidental", *Minería y Geología* Vol. XVII, (1): 5-15.
- Cobiella-Reguera, J. L (2000). "Jurassic and Cretaceous Geological History of Cuba". *Internacional Geology Review*, 42, 594–616.
- Cobiella Reguera, J.L (2009). "Emplacement of the northern ophiolites of Cuba and the Campanean-Oocene geological history of the northwestern Caribbean-SE Gulf of Mexico region", *Geological Society, London, Special Publication*, 328, 315-338.
- Correa, G., S. Gil, B. Rodríguez, R. Rivada, J.L. Díaz, R. Pérez, J. Triff, N. Ponce, R. Batista, V. Strazhevich, A. González (1998). "Informe del Estudio Geólogo Ambiental Integral del municipio Arroyo Naranjo", Ciudad de la Habana, Instituto de Geología y Paleontología, p 80.
- Cruz, E. M. (1998). "Sedimentos vinculados al complejo de basaltos en la región de Bahía Honda", *GEOMIN 98. Mem. II, III Congreso Cubano de Geología y Minería, CNIG, IGP. C. Habana*, pp. 224 – 226.
- Cuban-Venezuelan Oil Voting Trust (1951). "Micropaleontology of Upper Cretaceous and Tertiary formations of Cuba", *Oil Properties Consultants, INC.* p 1-36.
- Díaz-Otero, C. y otros (2001). "Léxico Estratigráfico de la República de Cuba (Inédito). Instituto de Geología y Paleontología. Ciudad Habana.
- Díaz-Otero, C., M. Iturralde-Vinent, D. García-Delgado (2000). "The Cretaceous-Tertiary boundary "cocktail" in Western Cuba, Greater Antilles" In: "Contributions to Catastrophic Events and Mass extinction", *Impacts and Beyond*, Viena, Austria, pp. 37e38.
- Ducloz, C. (1960). "Mapa geológico de Matanzas a escala 1:20 000", Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Echevarría, G., Hernández, G., López, J.O., López, J.G., Rodríguez, R., Sánchez, J.R., Socorro, R., Tenreiro, R. & Yparraguirre, J.L. 1991. Oil and Gas Exploration in Cuba. *Journal of Petroleum Geology*, 14, 3, 259-274.
- Fernández – Rodríguez, G., Blanco – Bustamente, S., y Fluegeman, R. (1999). "Paleocene – Eocene planktonic foraminiferal biostratigraphy of western Cuba". *Micropaleontology*, Vol. 45, supplement 2, ISSN 0026-2803, 27.

- Flores-Albín (1986). Radiolarios del Campaniano de la Formación Vía Blanca en la región Habana –Matanzas, Revista Tecnológica, Vol XVI: 7-19.
- Fonseca, E., V.M. Zelepuguin, M. Heredia (1984). "Particularidades de la estructura de la asociación ofiolítica de Cuba", Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio (9): 31-46.
- Franco Álvarez, G. L., R. González García, A. Recio Herrera, G. Furrázola Bermúdez, R. Delgado Damas (1993). "Léxico Estratigráfico de Cuba", IGP, Ciudad de la Habana.
- Furrázola Bermúdez, G.; Sánchez, J.; García, R. y Bassov, V. A (1978). "Nuevo esquema de correlación estratigráfica de las principales formaciones geológicas de Cuba", La Minería en Cuba, La Habana, 4(3):36-5.
- Furrázola Bermúdez, G.; Sánchez, J.; García, R. y Bassov, V. A (1979). "Nuevo esquema de correlación estratigráfica de las principales formaciones geológicas de Cuba", La Minería en Cuba, La Habana, 5(1):2-14.
- García – Delgado, D (1979). "Contribución a la geología de la parte occidental de la Ciudad de Matanzas", Trabajo de Diploma, Unidad de ingeniería de Minas y Geología, Minas de Matahambre, Centro de Investigaciones Geológicas, Minist. Indust. Bas., La Habana.
- 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 de CEINPET, La Habana, Cuba. (Versión digital).
- Gil, S., A. Castellanos, Y. Castillo, N. Ponce, R. Rivada, R, J.L. Díaz, Pérez, A. Gonzáles, M. García, J.A.Triff, V. Strazhevich, Y. Reyes, M. Viloa, A. Núñez, P.L. Sánchez (1999) "Estudio geólogo ambiental integral del municipio Cotorro", Archivo IGP- ONRM, La Habana.
- Gil, S., B. Echeverría Hernández, A. I. Torres Silva, D. García Delgado (1998). "Estudio Cuantitativo de la Composición Bioclástica de los Depósitos del Maastrichtiano Superior de la Sierra del Rosario, Cuba Occidental", Geología y Minería '98, Memorias II, CNDIG. IGP, La Habana, Cuba. La 301-303.
- Gil, S., D. García Delgado, Díaz-Otero, C (2009) "Formaciones del Maastrichtiano Superior en Cuba Occidental y Central. Composición bioclástica y Litofacies". Memorias de la III. Convención de ciencias de la tierra. ISBN 959-234-059-5.

- González – García, R. (1985). “Generalización estratigráfica del Paleógeno de las provincias Habana- Matanzas”, Trabajo de Diploma, ISMM. Moa, Centro de Investigaciones Geológicas, Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Gutierrez, R. D., G. M. Rivero (1997). “Minigeografía de Cuba”, Ed, Ciencia y Técnica. La Habana. Cuba. 28- 157 pp.
- Hatten, C, W.; Schooler, O. E.; Giedt, N. R. and Meyerhoff, A. A.(1958) “Geology of central Cuba, Eastern Las Villas and Western Camaguey provinces”, Cuba. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).
- Humboldt, A. (1826). “Voyage aux regions equinoxiales Du Nouveau Continent fait in 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804”, Gide, Paris, 2:229-231.
- Iturralde, M (1969). “El Neógeno de la provincia de Matanzas”. Publ. Esp. Inst. Nac. Rec. Hidraul., La Habana, (7):3-30.
- Iturralde-Vinent, M. A. (1994). “Cuban geology: a new plate-tectonic synthesis”, J. Pet. Geol., 17: 39-70.
- Iturralde-Vinent, M. A. (1996). “Introduction to Cuban geology and tectonics. In: Iturralde-Vinent, M.A. (Editor), Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba (Cuban ophiolites and volcanics arcs)”, IUGS/UNESCO Project 364, Contrib. 1, 3-35.
- Iturralde-Vinent, M. A. (1998). “Sinopsis de la constitución geológica de Cuba”, Acta Geol. Hispánica, Vol. 33, n. 1-4, p. 9-56.
- Iturralde-Vinent, M.A. (1972). “Principales características de la estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Cuba”, Rev. Tecnolog., La Habana, 10 (3-4):24-36.
- Kantehev, I.L; Boyanov, I. Goranov, A. Lolkichev, N. Cabrera, R. Kanazirski, M. Popov, N. Stancheva (1978).”Geología de la provincia de Las Villas. Resultados de las investigaciones geológicas y levantamiento geológico a escala 1:250 000, realizado durante el período 1969- 1975”. Brigada cubano- búlgara. Inst. Geol. Paleont., Acad. Cienc. Cuba, La Habana (inédito).
- Kiyokawa, S. (2002). “K/T boundary sequence in the Cacarajícara Formation, Western Cuba: An impactrelated, high-energy, gravity-flow deposit”, Geological Society of America Special Paper, 356, p. 125–144.
- Konev, P.N. y Segura. R. 1979. Presencia de olistostromas en la región de Varadero-Cárdenas. Rev. La Minería en Cuba, 5 (4), 48-52.

- Kozary, M.T., P. Brönnimann (1955). "Geological Memorandum MK-3. Geology of the Campo Florido section of the Habana – Matanzas Anticline", Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas, La Habana.
- Labori, H., R. Rensoli (2006). "La identidad de la Ciudad de la Habana de la provincia y los municipios", estudios en multimedia, Poder Popular, La Habana.
- Linares, E. y A. Lobachov (1971). "Informe geológico sobre las investigaciones de campo en la región Habana-Matanzas". (Manuscrito). Fondo Geológico, La Habana.
- Linares, E.; Osadchy, P.; Dovbnia, A.; Gil, S.; García, D.; García, L.; Zuarzo, A.; González, R.; Bella, V.; Brito, A.; Busch, W.; Cabrera, M.; Capote, C.; Cobiella, J. L.; Díaz de Villalvilla, L.; Eguipko, O.; Evdokimov, Y.; Fonseca, E.; Furrázola, G.; Hernández, J.; Judoley, C. M.; Kondakov, L.; Markovskiy, A.; Norman, A.; Pérez, M.; Peñalver, L.; Tijomirov, I.; Trofimov, V.; Vtulochkin, A.; Vergara, F.; Zagoskin, A. y Zelepuguin, V.; 1985. Mapa geológico de la República de Cuba, escala 1:500 000. Centro de Investigaciones Geológicas, Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Llanes, A. I., S. Cruz Pacheco, M., García MORALES, A., Palacio, B (1997). "Petrología y mineralización de la asociación ofiolítica en la región Habana-Matanzas". Archivo de mineralogía y petrografía del I. G. P.
- López, J.G. & Sánchez, J.R. editors. "The Geology and Hydrocarbon Potential of the Republic of Cuba". Simón Petroleum Technology, LLandudno, 250 pp., 10 brochures. Archivo Técnico Ceinpet, La Habana.
- Martínez, D., M. Vázquez, J.C. Chang, R. Denis, O. Fernández, R. Fernández de Lara, E. Barrios (1994). Generalización del mapa geológico a escala 1:100 000 del Occidente de Cuba. IGP, Ciudad de la Habana.
- Martínez, D., R. Fernández de Lara, R. Pelea, M. Vázquez, E. Barrios, A. Valido, R. Reinoso, J.C. Chang, O. Fernández, R. Denis, L. Gómez, D. García, S. Gil, P.H Pérez, R. Reyes, M. Valdivia, R. Núñez, R. Pérez y J. Piz (1991). "Informe sobre los resultados del Levantamiento Geológico y Prospección a Escala 1: 50 000 Pinar – Habana", Arch. ONRM.
- Meyerhoff, A. A, Hatten, M. G, Norton, P (1957). "Reporte sobre la mina Margot", Inv. 971. Archivo del F.G.N.
- Millán, G., Pérez, C., García, D. (1998). "El cinturón orogénico en Cuba Central". Geología y Minería 98. Memoria I, p.423-425, CNIG. IGP.

- Morales, E (1997) "Oro exógeno Habana-Matanzas", Oficina Nacional de Recursos Nacionales (ONRM), IGP, La Habana.
- Mossakovskiy, A., J.F. Albear (1979). "Estructura del cabalgamiento de Cuba Occidental y Norte e historia de su formación a la luz del estudio de los olistostromas y las molasas". Ciencia Tierra y Esp. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1:3-31.
- Palmer, R. H (1945). "Outline of the geology of Cuba", Journ. Geol., Chicago, U. S. A., 53(1):1-34.
- Palmer, R. H. (1934). "The geology of Habana, Cuba and vicinity", Journ. Geol., 24(2):123-145.
- Piotrowska, K. (1986). "Etapas de las deformaciones en la provincia de Matanzas en comparación con la provincia de Pinar del Río", Bull. Polish. Acad. Sciences, 34(1).
- Piotrowska, K., A. Pszczółkowski, J. Piotrowski, R. Myczynski, J. Rudnicki, N. Kusniarski, L. Peñalver, L. Franco, N. Pérez, F. Albear (1981). "Texto explicativo para el mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Matanzas", Brigada Cubano – Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Pszczółkowski, A. (1986). "Megacapas del Maastrichtiano en Cuba occidental y central", en Bulletin of the Polish Academic of Sciences, Earth Sciences, vol. 34, no. 1, 1986b, pp. 81-94.
- Pszczółkowski, A., J.F. Albear (1982). "Subzona estructuro-facial de Bahía Honda, Pinar del Río; su tectónica y datos sobre la sedimentación y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno", Ciencias de la Tierra y del Espacio, 5: 3-61.
- Pszczółkowski, A., K. Piotrowska, R. Myczynski, J. Piotrowski, A. Skupinski, J. Grodzicki, D. Danilenwski, G. Haczewski (1975). "Texto Explicativo al Mapa Geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar de Río", Informe inédito I.G.P, A.C.C, Oficina Nacional de Recursos Minerales, MINBAS.
- Sánchez, J.R. 2009. Consideraciones sobre el modelo geológico en el sector Habana – Matanzas en la FNCP. Archivo Ceinpet, 74 pp.
- Sánchez, J.R., Blanco, S., Tenreiro, R., Rodríguez, M. & Valladares, S (1999). "Aptian Transgressive Event in the continental margin of Cuba: regional comparisons- A review". Primer Simposio del Cretácico de América del Sur y 5to. Simposio del Cretácico de Brasil. In: Dimas Días-Brito y Joel Carneiro de Castro, Rosamarie Rohn, editors, Boletín 5, UNESP, Sao Paulo, p. 11-18.

- Sánchez, J.R., Tenreyro, R. 1996. Stratigraphy and Geological Evolution of the continental margins in Cuba. South America Mesozoic Correlation, SAMC NEWS, No.5, IGCP project 381, ISSN 1413-6813, Rio de Janeiro, p. 54-57.
- Sánchez, JR., Bamford, M. y JG. Lopez, 1993 Stratigraphy. In: The geology and Hydrocarbon Potencial of the Republic of Cuba. SPT/CUPET eds. Propietary Report.
- Shein, V.S., S.S. Ivanov ; Smirnov, V.N. Bankarsky, E.M. Kajaleev ; A.V. Vasiliev; L.A. Levzner, M.M. Bogdanov, S. Paz, L. Orbera, E. García, A. Leal (1975). "Temas del Grupo de las Ciencias". Tema IV. Tectónica. Dpto. Petrol. E. G. G., La Habana. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas, La Habana (inédito).
- Sliter W. V, 1992. Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoceanographic events in the Pacific Ocean with emphasis on indurated sediment. In: Ishizaki K. and Saito T (eds). Centenary of, Japanese Micropaleontology.
- Somin, M.L., G. Millán (1981). "Geología de los complejos metamórficos de Cuba (en ruso)". Edit. Nauka, Moscú. 219 pp.
- Tada, R., M.A. Iturralde-Vinent, T. Matsui, E. Tajika, T. Oji, K. Goto, Y. Nakano, H. Takayama, S. Yamamoto, R. Rojas – Consuegra, S. Kiyokawa, D. García-Delgado, Díaz-Otero, K. Toyoda (2003). "K/T boundary deposits in the proto-Caribbean basin", American Association of Petroleum Geologists Memoir 79, 582e604.
- Takayama. H., R. Tada, T. Matsui, M.A. Iturralde-Vinent, T. Oji, E. Tajika, S. Kiyokawa, D. García, H. Okada, T. Hasegawa, K. Toyoda (2000). "Origin of a giant event deposit in northwestern Cuba and its relation to K/T boundary impact", Lunar and Planetary Science. v. 30, abs. 1534.
- Truitt, P., G. Pardo (1953). "Geological Memorandum PT-20. Reconnaissance of Santa Clara, Cuba, Calabazar- Camajuaní – Placetas área", Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana.
- Valladares. S., R. García, D. Brey, 1997. "Reservorios carbonatados pertenecientes a la U.T.E. Placetas". Etapa I. Archivo técnico del CEINPET, La Habana.
- Zuarzo, A (1984). "Generalización estratigráfica del Neógeno de las provincias Habana-Matanzas". Trab. Dipl. Inst. Sup. Miner. Metalurg. Moa, Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).

Anexos

Anexo 1. Tabla de topes y bases según informes finales de los pozos.

Pozo	Tope y Base (MD)	Tope (SS)	Formación
Habana del Este 101	0-561		No muestra
	561-780	-546	Vía Blanca
	780-970	-762	Melange serpentinitico
	970-1040	-936	Vía Blanca
	1040-1080	-993	Melange serpentinitico
	1080-2925	-1023	Vega Alta
	2925-3290	-1842	Canasí
	3290-3325	-1893	Vega Alta
Habana del Este 100	0-540		No muestra
	540-770	-525	Vía Blanca
	770-2360	-755	Vega Alta
	2360-2400	-1783	Canasí
	2400-2780	-1796	Vega Alta
	2780-3125	-1849	Canasí
Cojímar 200	0-100	13	Güines
	100-360	-86	Cojímar y Jaruco
	360-450	-346	Consuelo y Principe
	450-740	-436	Vía Blanca
	740-1430	-722	Melange serpentinitico
	1430-1823	-1311	Vía Blanca
	1823-1930	-1625	Melange serpentinitico
	(ST-1)1620-2100	-1463	Vía Blanca
Cojímar 100A	10-90	3	Reciente
	90-140	-76	Güines
	140-260	-126	Cojímar
	260-360	-246	Tinguaro
	360-390	-346	Universidad
	390-770	-376	Vía Blanca
	770-1640	-756	Serpentinitas fracturadas
	1640-1955	-1353	Vía Blanca

	1955-2160	-1532	Serpentinitas fracturadas
	2160-2482	-1645	Vía Blanca
	2482-2610	-1820	Vega Alta
	2610-2640	-1893	Canasí
	2640-3110	-1910	Vega Alta
	3110-3310	-2173	Grupo Veloz
Cojímar 100	20-325	-6	Güines y Cojímar
	325-535	-311	Universidad
	535-830	-521	Vía Blanca
	830-1480	-815	Serpentinitas fracturadas
	1480-1668	-1335	Vía Blanca
	1668-1705	-1473	Carmita
	1705-1740	-1501	Vía Blanca
Cojímar 101L	20-470	-4	Güines
	470-830	-454	Vía Blanca
	830-1780	-812	Melange serpentinitico
	1780-2970	-1342	Vía Blanca
	2970-3665	-1706	Vega Alta
	3665-3742	-1918	Canasí
	3742-3902	-1942	Vega Alta
	3902-4058	-1986	Canasí

Anexo 2. Descripción de muestras de canal y lavados (en azul) del pozo COJ-100A.

Profundidad (m)	LITOLOGÍA	BIOEVENTOS	EDAD
90		<i>Globigerinoides sp</i>	N ₁ - Reciente
90-140	60-70% dolomitas sacaroidales cremas claras, porosas. En 120m llegan hasta un 95%. Se observan un 5% caliza cristalina crema. En 140m ambas rocas alcanzan igual proporción y calizas fosilíferas blancas en un 2%.		
140		<i>Globigerinoides sp</i> , <i>Orbulina sp</i> , <i>Ostrácodo</i>	N ₁ ² - Reciente
140-200	Predominan las calizas arcillosas color crema claro, porosas, en 160m las dolomitas disminuyen hasta ser trazas y las calizas aumentan hasta un 100%.		
190		<i>Globoquadrina dehiscens</i> <i>Orbulina sp</i> <i>Globigerinoides aff subquadratus</i> <i>Globorotalia fohsi</i> <i>Globorotalia sp</i> <i>FBP (1 ejemplar)</i>	N ₁ ²
210-240	100% calizas cristalinas, calizas		

	fosilíferas arcillosas blancas y trazas de dolomita sacaroidal crema.		
240		<i>Orbulina universa</i> , <i>Globoquadrina dehiscens</i> , <i>Globigerinoides subquadratus</i> <i>Catapsydrax sp</i>	N_1^{1-2} Probable N_1^1

Anexo 3. Descripciones litológicas, fauna y edad de intervalos de la Formación Vía Blanca de colores

COJ-100A			
Profundidad (m)	LITOLOGÍA	BIOEVENTOS	EDAD
400	75% limolitas arcillosas gris y un 30% claystone gris claro. Trazas de dolomita sacaroidal crema, 5% calcarenita fosilífera porosa crema y cristales de pirita.		
410-455	80% Conglomerado polimíctico fino, roca silícea arcillosa verde, calizas crema, 10% areniscas polimícticas gris claro y limolitas color gris. Calcarenitas blancas lechosa. Arcilla crema, dolomita sacaroidal impregnada crema pardusca.		
420		<i>Globotruncana arca</i> <i>Sulcoperculina dickersonii</i> <i>Globotruncana spp</i> <i>Espicula de esponja</i> <i>Especimen A?</i> Radiolario	K ₂ ^{cp-m}
440		<i>Globotruncanita stuarti</i> <i>Rosita sp</i> <i>Pseudotextularia sp</i>	K ₂ ^{cp-m}
455- 500	40-60% de Arcilla gris oscuro		

	gris verdoso, de difícil lavado. 40% de Arenisca Polimíctica, de granos finos a medios, matriz arcillosa, con buena selección de sus granos, de varios tonos de gris; dureza media.		
648- 686	80% de Arenisca polimíctica, de granos medios a gruesos, cemento tobáceo, con buena selección de sus granos, de color gris claro y oscuro, dureza media. 20% Arcilla de color gris verdoso claro, no calcárea.		
650		<i>Globotruncanita sp</i> <i>Hedbergella sp</i> Radiolarios	K ₂ ^{cp-m}
	COJ-200		
Profundidad (m)	LITOLOGÍA		EDAD
480		<i>Globotruncana ventricosa</i> <i>Globotruncana spp.</i> <i>Morozovalla spp.(caida)</i>	K ₂ ^{cp-m}
480-520	60-70% de Arenisca polimíctica a tobácea de granos finos a		

	<p>medios, matriz arcillosa de color gris claro, dureza media.</p> <p>Trazas serpentinita de color verde claro, en su mayor parte alterada, friable, blanda.</p> <p>30-40% Arcilla gris claro, de fácil lavado.</p> <p>Trazas-10% de Caliza de color blanco lechoso y crema, dura.</p> <p>Trazas-10% Dolomita de color crema muy dura.</p>		
520-570	<p>40-60% areniscas polimíticas, 10%-Trazas de Claystone gris claro, 20-40% de serpentinitas, 10%-trazas de calizas hacia el final del intervalo, trazas de dolomitas.</p> <p>Trazas de petróleo en los carbonatos en 550m</p>		
540		<p><i>Rosita fornicata</i></p> <p><i>Globotruncanaarca</i></p> <p><i>Globotruncanidae</i></p>	K ₂ ^{cp-m}
570-600	<p>60-90% areniscas, 10-40% de clastos de serpentinitas, trazas de calizas y dolomita. Trazas de impregnación de petróleo.</p>		
630-690	<p>80-90% Arenisca polimítica, de granos medios a gruesos, cemento tobáceo, con buena selección de los granos; de variados colores, dura.</p>		

	10-20% Arcilla de color gris claro de fácil lavado.		
660		<i>Glotruncana ventricosa</i> <i>Rosita fornicata</i> <i>Globotruncanidae</i>	K ₂ ^{cp-m}
480		<i>Globotruncana ventricosa</i> <i>Globotruncana spp.</i> <i>Morozovalla spp.(caida)</i>	K ₂ ^{cp-m}
	COJ-101Largo		
Profundidad (m)	LITOLOGÍA	BIOEVENTOS	EDAD
500 - 600m	70-90% de Arenisca Polimíctica, de color gris claro y oscuro, granos finos a medios, matriz arcillosa, con buena selección de sus granos, dureza media. Tr-10% de Limolita arcillosa de color gris claro, granos muy finos, blanda. 10-20% de Claystone de color verde claro, friable, muy blando. Trazas de Caliza ya descritas.		
550		<i>Globotruncana arca</i> , <i>Globotruncanita stuarti</i> , <i>Rugoglobigerina</i>	K ₂ ^{cp-m}

		rugosa, Hoeglundina supracretacea, fragmentos de macroforaminífero	
620		Globotruncana arca, Globotruncana spp.	K ₂ ^{cp-m}
680		Globotruncana arca, Globotruncana spp.	K ₂ ^{cp-m}

Anexo 4. Determinaciones paleontológicas en lavados (azul) y ditches (amarillo) en el Pozo HBE-100.

Profundidad (m)	LITOLOGÍA	BIOEVENTOS	EDAD
1010-4	Mudstone, wackestone.	En la roca : Moldes de radiolarios Por fuera: <i>Discoaster cf barbadiensis</i> (2 ejemplares) <i>Discoaster</i> spp	Indet. Por fuera de la roca, la edad de los discoastéridos es del Eoceno
1040	Pedernal.	No fauna	Indet
1070		No Fauna	Indet.
1120		No Fauna	Indet.
1250-3	Limolita.	Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp (aunque hay ejemplares cercanos al borde)	Terciario
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P ₁ -P ₂
1290		<i>Pseudotextularia cf. elegans</i> <i>Rosita fornicata</i>	K ₂ ^{cp-m}
2240		<i>Globotruncanidae</i> <i>Globotruncana arca</i> <i>Globotruncana</i> spp.	K ₂ ^{cp-m}

1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P_1 - P_2
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P_1 - P_2
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P_1 - P_2
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P_1 - P_2
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P_1 - P_2

		Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P ₁ -P ₂
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P ₁ -P ₂
1270-4	Mudstone calcáreo algo arcilloso, grumoso y fracturado.	<i>Coccolithus</i> sp (del tipo I, al borde de la roca) Cámaras de foraminíferos Moldes de radiolarios Por fuera de la roca: <i>Discoaster</i> spp	Prob. P ₁ -P ₂

Anexo 5. Determinaciones paleontológicas en lavados (azul) y ditches (amarillo) en el Pozo HBE-101.

Profundidad (m)	LITOLOGÍA	BIOEVENTOS	EDAD
1090-1	- Pedernal microcristalino arcilloso - Mudstone calcáreo arcilloso finamente recristalizado con bioclastos y fracción limosa de cuarzo, y plagioclasa.	Molde pequeño de foraminífero planctónico (muy recristalizado)	Indet
1090		<i>Morozovella</i> sp., <i>Globotruncanita</i> sp. Fauna escasa	Paleoceno Superior Eoceno Medio
1100		No se observaron microfósiles	Indet.
1120		<i>Globotruncanita stuarti</i>	Cretácico Superior Campaniano - Maastrichtiano
1150		No se observaron microfósiles	Indet.
1180		<i>Globotruncanita</i> sp.	Cretácico Superior

			Campaniano - Maastrichtiano
1210		No se observaron microfósiles	Indet.
1240		No se observaron microfósiles	Indet.
1270		<i>Globotruncanita</i> sp.	Cretácico Superior Campaniano - Maastrichtiano
1360		Foraminífero planctónico globular 1 ejemplar	Indet.
1390		No se observaron microfósiles	Indet.
1430		Molde de <i>Globotruncana</i> sp.	Cretácico Superior Coniaciano – Maastrichtiano
2845-1	Wackestone bioclástico arcilloso	“globigerínidos” radiolarios	Paleoceno- Eoceno Medio
2845-2	Wackestone bioclástico arcilloso	<i>Nannoconus</i> sl <i>N. steinmannii</i>	Tithoniano Superior- Cretácico Inferior
2905-1	Wackestone bioclástico, radiolárico	Moldes de radiolarios	Indet
2905-2	Wackestone bioclástico	<i>Thoracosphaera</i> sp Cámaras de foraminíferos planctónicos	Paleógeno
2935-1	Mudstone calcáreo,	Escasos moldes muy recristalizados	Indet

	bandeado por juntas de disolución impregnadas.		
2935-2	Wackestone bioclástico	<p><i>Planorotalites</i> sp</p> <p>Moldes de radiolarios (algunos bien preservados)</p> <p>Espículas de esponjas</p> <p><i>Thoracosphaera</i> sp</p>	Paleoceno-Eoceno Medio
2935-3	Wackestone y mudstone calcáreo arcillosos	<p><i>Thoracosphaera</i> sp</p> <p>Moldes recristalizados</p>	Paleógeno
2935-4	Wackestone bioclástico	<p><i>Thoracosphaera</i> sp</p> <p>"Globigerínidos"</p> <p><i>Chiloguembelina</i> sp</p>	Paleógeno
2940-1	Packstone impregnado	Roca impregnada recristalizada	Indet
2940-2	Wackestone bioclástico, radiolárico.	<p><i>Thoracosphaera</i> sp</p> <p><i>Coccolithaceae</i> (muy pequeños y abundantes)</p> <p>Moldes de radiolarios</p>	Paleoceno-Eoceno Medio
2940-3	Packstone matriz micrítica muy impregnado	<p><i>Parasubbotina</i> cf <i>pseudobulloides</i></p> <p><i>Globanomalina</i> aff <i>planocompresa</i></p> <p>"Globigerínidos"</p> <p><i>Thoracosphaera</i> sp</p>	Paleoceno Inferior-Medio
2940-4	Wackestone bioclástico, radiolárico.	<p>Radiolarios</p> <p>Nannopláncton calcáreo recristalizado</p>	Indet

Anexo 6. Determinaciones paleontológicas de los pozos de Cojímar.

Se relacionan todas las determinaciones por debajo de 1400m donde se describió la Formación Vía Blanca. En amarillo ditches y en azul lavados.

POZO COJ-100A			
1830		<i>Radiolario</i>	Indet
2080		<i>Fragmento de fósiles caídos</i>	Indet
2170		<i>Fauna caída de niveles superiores</i>	Indet
2270		<i>Moldes muy recristalizados de fósiles?</i>	Indet
2480		<i>Molde de foraminífero Globotruncanidae</i>	K ₂ t-m
COJ-100			
1560	Mudstone calcáreo dolomítico Wackestone de intraclastos finamente recristalizado con fracción diseminada de cuarzo, glaucomita efusivo. Wackestone bioclástico arcilloso finamente recristalizado	Pithonella sp, cámaras de foraminíferos planctónicos	Cretácico
1650	a) mudstone calcáreo arcilloso intensamente impregnado con fracturas selladas por calcita b) mudstone calcáreo finamente	Cámaras de foraminíferos planctónicos Heterohelicidos	Cretácico

	recristalizado con moldes de bioclastos recristalizados		
1690	a) limoargilita b) mudstone calcáreo finamente recristalizado impregnado	Pithonella ovalis Cámaras de foraminíferos planctónicos Heterohelicidos	Cretácico
1705	Wackestone bioclástico	Pithonella spp. Nonnoconus spp. Heterohelicidos Cámaras de foraminíferos planctónicos Radiolarios	Aptiano- Turoniano
COJ-101LARGO			
1810		Radiolarios, <i>Globotruncana</i> <i>sp</i>	Cretácico Superior
1860		Radiolarios, Moldes de foraminíferos, <i>Globotruncana sp</i>	Cretácico Superior
1910		<i>Globotruncana sp</i> , <i>Cibicoides sp</i>	Cretácico Superior
2060		<i>Globotruncana sp</i>	Cretácico superior
2160		<i>Globotruncanita sp</i> <i>Globotruncana arca</i>	Cretácico superior cp- m
2965		<i>Rosita sp.</i> , <i>Cibicoides sp.</i> Radiolarios en fragmentos de pedernal	Cretácico superior cp- m

		<i>Rosita sp</i> , <i>Cibicidoides sp</i>	
COJ-200			
1430-1	Roca silíceo arcillosa con bioclastos	<i>Globigerinelloides sp</i> Cámaras de foraminíferos planctónicos	K ₁ ^{al} -K ₂
1450		<i>Globotruncana sp</i>	Prob. Turoniano- Maastrichtiano
1455	Mudstone calcáreo finamente recristalizado Arenisca polimíctica	Cámaras de foraminíferos planctónicos <i>Pithonella sphaerica ?</i> Cámaras de foraminíferos planctónicos	Mudst: indet. Arenisca: Prob. K ₁ ^{al} -K ₂
1480		Cámaras de foraminíferos planctónicos <i>Heterohelix sp</i> (forma sin estría) <i>Nannoconus</i> sl (VR, recristalizados)	Prob. K ₁ ^{al}
1490-1		Cámaras de foraminíferos planctónicos <i>Nannoconus</i> ?sl (VR, recristalizados)	Prob. K ₁ ?
1490-2		<i>Hedbergella cf gorbachikae</i> <i>Pithonella ovalis</i> Cámaras de foraminíferos planctónicos	K ₁ ^{al}

1495		<i>Pithonella aff trejoi</i> <i>Hedbergella</i> spp Cámaras de foraminíferos planctónicos	Prob. K ₁ ^{al}
1510		Frag. de foraminífero orbitoidal (<i>Pseudorbitoididae</i> ?)	Prob. K ₂ ^{cp-m}
1595		<i>Globotruncana</i> (?)	Prob. Turoniano- Maastrichtia no
1600		<i>Globotruncanita stuarti</i>	Campanian o- Maastrichtia no

Anexo 7. Descripciones litológicas del pozo COJ-200 a partir de 1430m.

1430-1470	30-60 % Areniscas polimícticas de grano fino a medio cemento calcáreo gris claro, 5% limolitas polimícticas gris, trazas de pedernal negro y pardo, RSA verde, 10-15% claystone limoso gris friable, Trazas a un 15% de calizas recristalizadas blancas que aumentan hacia la base, 30% en el tope y se van desapareciendo hasta llegar a trazas de serpentinitas verdiazul y efusivos alterados rojizos
1475	Se observa un aumento hasta un 20% de las calizas recristalizadas blancas y algunas calcarenitas de igual color, 50% areniscas polimícticas de cemento calcáreo grises, 15% claystone gris oscuro friable, 5% limolitas polimíctica de matriz arcillosa y trazas de serpentinitas
1480-1505	40-50% calizas blancas recristalizadas, calcarenitas blancas, presentan abundantes fracturas selladas por calcita, 20-30% areniscas polimícticas de grano fino a medio cemento calcáreo de color gris claro y gris plomo, 5-10% limolitas polimícticas grises. 5% claystone gris plomo, friable, laminar .
1500-1510	50% calizas recristalizadas blancas, cremas y calcarenitas blancas, 5% pedernales verde, negro, grises en un, 5-10% claystone gris, 20% areniscas y limolitas polimícticas cemento calcáreo grises y serpentinitas negras con tonalidades verde y azul en un 15% posibles clastos porque se observan redondeados.
1515-1525	Disminuyen las calizas en comparación con los intervalos anteriores apareciendo en un 10-20%, se observa un predominio de areniscas polimícticas grises (40%), 10-20% claystone y 5-10% pedernales negros y grises. 10% de serpentinitas y productos de alteración Posible conglomerado o zona de transición
1530 -1535	Aumentan las calizas hasta 50% recristalizadas blancas y cremas, arcillosas blancas y calcarenitas blancas, 30% areniscas polimícticas cemento calcáreo grises de grano fino a medio, pedernales en trazas y hasta un 2% de color negro y verde, 5-10% claystone gris y serpentinitas, se observan cristales sueltos de cuarzo

1540-1545	Disminuyen las calizas hasta un 30% similares a las descritas anteriormente, aumentando los pedernales negros, grises, pardos y verdes hasta un 40%, estas silicitas están fracturadas y algunas brechadas, se observa también cuarzo hialino suelto, claystone gris limoso en un 10% gris y pardos friables y laminares. Clastos de serpentinitas redondeados
1550-1560	Aumentan las calizas recristalizadas cremas y predominando las blancas en un 50-60%, algunas algo arcillosas .Pedernales negro, grises, hialinos, pardos, verdes en un 10-30% fracturados y brechados. Claystone con superficies de fricción pulidas gris y pardo en un 5-10%. Areniscas y limolitas polimícticas de cemento calcáreo gris de grano fino en un 5%. Serpentinitas en trazas
1565-1570	Abundante material de perdida Como muestras observamos cuarzo hialino, calizas recristalizadas blancas y pedernales negro y radioláricos gris verdoso y claystone impregnado????
1575-1600	50-60% claystone gris y pardo friable a veces limoso con superficies de fricción pulidas, 10% limolitas polimícticas gris oscuro y areniscas, pedernales grises, pardos, humo, verdes negros en un 20%, trazas de calizas arcillosas blancas y recristalizadas
1604-1610	Muestra con gran contaminación de cemento, material obturante y carbonato. La litología representada por 40% de serpentinita, 40% de arenisca y 20% de caliza, con trazas de claystone.
1611 -1700	20- 60% de Arenisca Polimíctica de granos finos, cemento calcáreo, buena selección de sus granos, dureza media, de color gris claro, con presencia de cuarzo y pirita. Trazas hasta un 50% de Arcilla de color gris claro, de difícil lavado ligeramente calcárea. Trazas- 50% de Serpentinita fracturada de colores azul, verde y gris, en partes alterada, friable, de color verde claro. 10-50% de Caliza de color blanco lechoso, en partes crema y beige, recristalizada, dura. No se observan, hasta el momento, manifestaciones significativas de hidrocarburos. Se perfora de 1611-1702m Repasan estrechez del caño

1703-1769	<p>20-50% Serpentinita fracturada de color verde y gris, también se presenta alterada, dándole a la muestra cierta plasticidad lo que la hace de difícil lavado. Se observan minerales del grupo de la serpentina.</p> <p>20-50% Arenisca polimíctica de color gris claro y gris oscuro, grano fino a medio, dureza media.</p> <p>10-30% Caliza de color blanco lechoso, en menor grado color crema, recristalizada, dura.</p> <p>Tr-20% Arcilla de color gris claro a verde claro, de difícil lavado. Trazas de cuarzo y claystone.</p> <p>Se observa la presencia de pirita en las muestras.</p> <p>En el intervalo perforado se presentaron pequeños quiebres en la velocidad de perforación, con discretos incrementos en los por cientos de gas, pero sin relación con el objetivo esperado, no hubo cambio de formación.</p>
1769- 1798	<p>40-50% de Arenisca Polimíctica de granos finos a medios, cemento calcáreo, de color gris claro y oscuro, con buena selección de sus granos, dureza media. 40-50% de Serpentinita fracturada, de colores gris y azul oscuros, en partes alterada, friable, de color verde claro, de difícil lavado, con minerales asociados, característicos de esta roca. 10% de Caliza de color blanco lechoso, en menor partes crema, dura, sin impregnación.</p> <p>Se continuará perforando hasta la prof. de 1930ms. si no aparece el objetivo, se pasará RG para determinar posible Side trak.</p>
1798-1848	<p>10-80% Serpentinita fracturada de color verde y gris, también se presenta alterada, se observan minerales acompañantes del grupo de la serpentina, así como la presencia de magnetita y pirita.</p> <p>30-40% Arenisca polimíctica de color gris claro y oscuro, granos finos a medios, bien seleccionados, dureza media.</p> <p>Tr-30% Caliza de color blanco lechoso, en menor grado color crema, dureza media.</p> <p>Tr-30% Claystone de color carmelita oscuro, ligeramente calcáreo.</p> <p>Tr-10% Arcilla de color gris claro, en ocasiones de difícil lavado.</p>

1848-1930	30% areniscas polimícticas, 20% serpentinitas y trazas de arcilla 50% arcilla limosa gris Abundante lodosita que nos indica que el caño está sucio
-----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anexo 8. Tabla de topes y bases a partir de la nueva correlación estratigráfica.

Pozo	Tope y Base (MD)	Tope (SS)	Formación
Habana del Este 101	0-561		No muestra
	561-760	-546	Vía Blanca
	760-1079	-743	Melange serpentinitico
	1079-2928	-1023	Vega Alta
	2928-3290	-1843	Veloz
	3290-3325	-1893	Vega Alta
Habana del Este 100	0-561		No muestra
	534-776	-519	Vía Blanca
	776-1075	-761	Melange serpentinitico
	1075-2402	-1026	Vega Alta
	2402-3125	-1843	Veloz
Cojímar 200	0-77	13	Jaimanitas
	77-133	-64	Güines
	133-389	-120	Cojímar
	389-480	-376	Consuelo + Principe
	480-720	-467	Vía Blanca
	720-1430	-704	Melange serpentinitico
	1430-2100	-1311	Vega Alta
Cojímar 100A	0-55	13	Jaimanitas
	55-125	-41	Güines
	125-260	-111	Cojímar
	260-355	-246	Tinguaro
	355-390	-341	Universidad
	390-763	-378	Vía Blanca
	763-1607	-749	Melange serpentinitico
	1607-3111	-1336	Vega Alta
	3111-3310	-2174	Veloz
	0-49	13	Jaimanitas
	49-133	-36	Güines

Cojímar 100	133-325	-120	Cojímar
	325-463	-311	Universidad
	463-737	-450	Vía Blanca
	737-1493	-724	Melange serpentinitico
	1493-1740	-1345	Vega Alta
Cojímar 101L	0-55	15	Jaimanitas
	55-137	-40	Güines
	137-325	-122	Cojímar
	325-444	-310	Universidad
	444-723	-429	Vía Blanca
	723-1691	-707	Melange serpentinitico
	1691-3665	-1316	Vega Alta
	3665-4058	-1918	Veloz

Anexo 9. Columna estratigráfica generalizada del sector Morro-Bacuranao

