



UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
“HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA”
FACULTAD DE GEOLOGÍA-MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA



Título: Estudio petrográfico y sedimentológico de las rocas del Miembro
El Mirador de la Formación Artemisa en Soroa, y en núcleos del pozo
Cayajabos 3, Sierra del Rosario, Cuba Occidental.

Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Geólogo

Autor: Edchilson Das Neves Cravid

Tutores: Dr. Jorge Luis Cobiella Reguera

Dra. Esther María Cruz Gámez

Lic. Silvia Blanco Bustamante

Pinar del Río, 2011

Año 53 de la Revolución Cubana

PENSAMIENTO

"La ciencia será siempre una búsqueda, jamás un descubrimiento real. Es un viaje, nunca una llegada".

Karl R. Popper



PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Secretario

Vocal

Ciudad y fecha:

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

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

Firma: _____



Edchilson das Neves Cravid
Edchilson@ext.upr.edu.cu
Chilson_Cravid@hotmail.com

Edchilson das Neves Cravid autoriza 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 sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

Edchilson das Neves Cravid 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, en el repositorio de materiales didácticos disponible en: <http://repogeo.upr.edu.cu/Geologia/Tesis/Pregrado/>

Edchilson das Neves Cravid 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, en el repositorio de tesinas disponible en: <http://revistas.mes.edu.cu>

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre todo poderoso, que es el creador del mundo y por ayudar siempre a los necesitados.

A mis padres María Pedro Carvalho das Neves y Horácio Cravid, a mis hermanos Edmilson das Neves Cravid y Edma das Neves Cravid, mi madrina Paula Varela Afonso Cardoso e toda su familia, por haberme querido y depositado sus confianzas en todos los tiempos.

A mis tutores Dr. Jorge Luis Cobiella Reguera, Dra. Esther María Cruz Gaméz, Lic. Silvia Blanco Bustamante por su apoyo, grandes esfuerzos que de forma tan gentil y profesional me han ofrecido, sin los cuales este trabajo no se resultará.

Al claustro de profesores del departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río en especial a Msc. Orestes Díaz Valdéz, Msc. Sandra Pilar Díaz, Msc. Carlos Díaz Guanche, por haberme brindado una preparación extremadamente adecuada para la vida profesional y personal.

A la Revolución y al Pueblo Cubano por haberme aceptado como un miembro más en su sociedad y darme la oportunidad de seguir mis estudios. Aquí de corazón va mi eterna gratitud a este pueblo por todo que ha hecho por la humanidad y los pueblos del tercer mundo, en especial para mi África.

Al Gobierno de Sao Tomé y Príncipe, por intermedio de las relaciones bilaterales con la República de Cuba, haberme brindado esta oportunidad de superar mis estudios, obteniendo así un título Académico Superior.

A la dirección del Orquideario Soroa, por las atenciones brindadas durante la realización del trabajo de campo en el sector de estudio.

A mi novia Dunia Figueroa Guanche, por haber sido la compañera ideal en mi vida, bien como toda su familia por recibirme en su casa y hacerme sentir uno más de la familia.

A mis amigos-hermanos Henda Trindade, Kalú Ramos, Paulo Cardoso, Heidayssi Santos, Wanderley Lima, Alekissander Barbosa, Abdul Pereira, Hearton Amado, Meyer Madre Deus, Ayala Pinheiro, Adjenane Luis, Ana Nazaré, y a todos mis amigos de forma general por todos los buenos y malos momentos de nuestras vidas.

A mis compañeros de aula por los 5 años, Wanderley, Dunia, Jessica, Marlon, Reinier, Johana, Marisleydis, Jorge, Carlos, José María, Charly, Crispín.

Al culminar esta gran etapa de mi vida agradezco a todas las personas que me han apoyado en momentos difíciles en este largo y glorioso camino de mi vida.

DEDICATORIA

- ✓ A mi madre María Pedro Carvalho das Neves.
- ✓ Mi hermano Edmilson Das Neves Cravid
- ✓ Mi madrina Paula Varela Afonso Cardoso
- ✓ En especial a mi novia Dunia Figueroa Guanche



RESUMEN

Las rocas del Miembro El Mirador, pertenecientes a la Formación Artemisa, ubicadas en la porción más oriental de cinturón plegado y cabalgado de la Cordillera de Guaniguanico, han sido el objeto de estudio en este trabajo, que tiene como objetivo investigar los depósitos jurásicos de aguas someras presentes en el Orquideario Soroa y su entorno en la Sierra del Rosario.

El trabajo ha sido realizado con el fin de contribuir, a partir del estudio de las rocas carbonatadas, sobre todo con los análisis petrográficos, micropaleontológicos, sedimentológicos y microfaciales, a la construcción de un modelo paleoambiental que refleje las condiciones en que se acumularon estas capas. También se realizó un análisis comparativo del Miembro El Mirador con las rocas que se encuentran en dos núcleos del pozo Cayajabos 3, que se ubican aproximadamente a 20 km al este de Soroa.

Los estudios realizados han permitido constatar que las rocas del Miembro El Mirador se encuentran parcial o totalmente dolomitizadas. Se observa en su mayoría mudstone y wackestone parcial a totalmente recristalizados, con abundantes manifestaciones de materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas, suturas y en pequeños agregados. Las microfacies 16, 19, 20, 21, que corresponden a los cinturones faciales 7 y 8 del modelo de Wilson (1975), están presentes tanto en las rocas del Miembro El Mirador como las del pozo Cayajabos 3. Estos depósitos constituyen sedimentos carbonatados de ambiente de llanos de marea. La dolomitización presente apoya esta conclusión.

Al juzgar por los contenidos fósiles determinados (*Favreina salevinenses*, *Globochaete alpina* y *Cadosina fusca ciesczynica*), en las muestras estudiadas, se puede asumir preliminarmente para esta unidad litoestratigráfica una edad de Jurásico Superior, Kimmeridgiano – Tithoniano.

ABSTRACT

The beds of El Mirador Member belong to Artemisa Formation and outcrop in the eastern part of the Cordillera de Guaniguanico fold and thrust belt. These rocks are the subject of the present research, whose main target is the study of the shallow water Jurassic deposits in Soroa Orchid Garden and its surroundings in Sierra del Rosario mountains, circa 60 km westward from Havana city.

The research includes petrographic and sedimentologic studies in thin sections, together with field observations and megascopic studies of the collected carbonate rock samples. The main target is the construction of a paleoenvironmental model explaining the prevailing conditions during the El Mirador Member strata accumulation. A correlation was done with two cores from Cayajabos 3 well, located circa 20 km eastward from Soroa.

The studies carried out allowed to verify that the El Mirador Member beds are partially to totally dolomitized. The main original lithologies present are mudstones and wackestones, with different recrystallization degrees. Wilson's model microfacies 16, 19, 20 and 21 were recorded. These microfacies combination points to the Wilson's facies belts 7 and 8, located in the tidal flats, as the paleoenvironment where the carbonate deposits of El Mirador Member of Artemisa Formation accumulated. The same is the situation for the cores from Cayajabos 3 well. The fossils contain (*Favreina salevinensis*, *Globochaete alpina* and *Cadosina fusca ciesczynica*) allow to consider an Upper Jurassic, Kimmeridgian-Tithonian age for the El Mirador Member beds.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO. I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS Y ECONÓMICAS E INVESTIGACIONES PRECEDENTES.....	3
I.1 Ubicación geográfica	3
I.2 Relieve	5
I.3 Red Hidrográfica	5
I.4 Clima	5
I.5 Vegetación.....	6
I.6 Vías de Comunicación, Población, Agricultura y Recursos Económicos.....	7
I.7 Investigaciones Precedentes	9
II.1 Geología Regional.....	15
II.2 Estratigrafía de la Sierra del Rosario	17
II.3 Tectónica	26
II.4 Magmatismo	29
CAPÍTULO. III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACION	31
III.1 Revisión bibliográfica	32
III.2 Trabajo de Campo en el Orquideario Soroa, Sierra del Rosario.....	33
III.3 Análisis petrográfico, sedimentológico y microfacial de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador.	36
IV.1 Descripción de los afloramientos del Miembro El Mirador en el Orquideario Soroa, Sierra del Rosario.....	39
IV.2 Petrografía de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador	46
IV- 3 Sedimentología y microfacies del Miembro El Mirador.....	53
IV.3.1 Rasgos sedimentológicos de las muestras del Miembro El Mirador en Soroa.	55
IV.3.2 Rasgos sedimentológicos de las muestras del Miembro El Mirador en núcleos del pozo Cayajabos 3.....	60

IV-4 Comparación de los carbonatos del Miembro El Mirador en muestras de superficie con las muestras del subsuelo, pozo Cayajabos 3.....	63
CAPÍTULO .V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	67
V-I Modelo paleoambiental	67
CONCLUSIONES	72
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	75
ANEXOS	83

INTRODUCCIÓN

Sierra del Rosario está ubicada en la porción más oriental de la Cordillera de Guaniguanico, ocupando gran parte de las provincias de Artemisa y Pinar del Río, extendida geológicamente según datos de perforaciones profundas y superficies hasta la región de Martín Mesa. Los depósitos del Jurásico Superior - Cretácico Inferior (Berriasiano), pertenecientes a la Formación Artemisa afloran mayoritariamente en la Cordillera de Guaniguanico, provincias Artemisa y Pinar del Río, Cuba Occidental y representan las secuencias de margen continental del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, Berriasiano, de la Sierra del Rosario. (Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009)

El presente documento corresponde al trabajo de diploma en opción al Título de Ingeniero Geólogo y como tal contiene los principales aspectos relacionados con la investigación propuesta.

Este estudio se enmarca en el conjunto de proyectos de investigación vinculados al departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, y el Centro de Investigaciones de Petróleo (CEINPET). Dichos organismos han facilitado materiales y medios necesarios para realizar esta investigación, que se realiza con la intención de aportar nuevos datos para esclarecer la evolución geológica de la Cordillera de Guaniguanico.

Esta región es un elemento fundamental en la prospección de hidrocarburos en Cuba y su zona de Exclusividad Económica en el Golfo de México. El área de estudio corresponde a un sector de la Sierra del Rosario en la provincia Artemisa. Estratigráficamente comprende las rocas carbonatadas de aguas someras de la Formación Artemisa, diferenciadas como el Miembro El Mirador, cuyo estudio sedimentológico, petrográfico, micropaleontológico, permitirá obtener nuevas informaciones sobre la paleogeografía jurásica.

Para la realización de este trabajo de investigación, se ha trazado el siguiente diseño de investigación:

Problema: Insuficiente conocimiento acerca de las condiciones paleogeográficas de las rocas carbonatadas de paleoambientes poco profundo en las capas jurásicas de la Sierra del Rosario, las cuales pueden en un futuro ser un objetivo de la prospección de hidrocarburos.

Objeto: Las condiciones paleoambientales de las rocas del Miembro El Mirador.

Objetivo general: Brindar un modelo paleoambiental del Miembro El Mirador perteneciente a la Formación Artemisa, a partir del estudio de las rocas carbonatadas presentes en los alrededores de Soroa y en el pozo Cayajabos 3, lo cual ofrecerá elementos nuevos sobre la paleogeografía jurásica de Cuba Occidental.

Objetivos específicos:

1. Descripción petrográfica del Miembro El Mirador.
2. Caracterización sedimentológica y microfacial del Miembro El Mirador.
3. Correlación con rocas del pozo Cayajabos 3.
4. Ofrecer un modelo que refleje las condiciones paleoambientales del Miembro El Mirador.

Hipótesis: El Miembro El Mirador ha sido apenas estudiado. Sus rocas contrastan marcadamente en sus litofacies con el resto de las rocas de La Fm. Artemisa. Por tanto, un estudio detallado de su petrografía, sedimentología, microfacies y relaciones estratigráficas brindará nuevas informaciones sobre la paleogeografía jurásica de Cuba occidental.

CAPÍTULO. I. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS Y ECONÓMICAS E INVESTIGACIONES PRECEDENTES.

I.1 Ubicación geográfica

La Unidad tectonoestratigráfica Sierra del Rosario está ubicada en el extremo oriental de la Cordillera de Guaniguanico en el Occidente de Cuba; según la nueva división político-administrativa, la mayor parte de la misma, se ubica en la Provincia Artemisa y solo una pequeña porción en la provincia de Pinar del Río (Fig. I.1).

La falla Pinar constituye un límite tectónico bien definido al sur de la Sierra, mientras que al norte el límite morfológico consiste en el contacto abrupto con la región ondulada situada entre Cayajabos y La Mulata, debido al contraste litológico entre ambas regiones (Cobiella-Reguera y Hernández-Escobar, 1990).

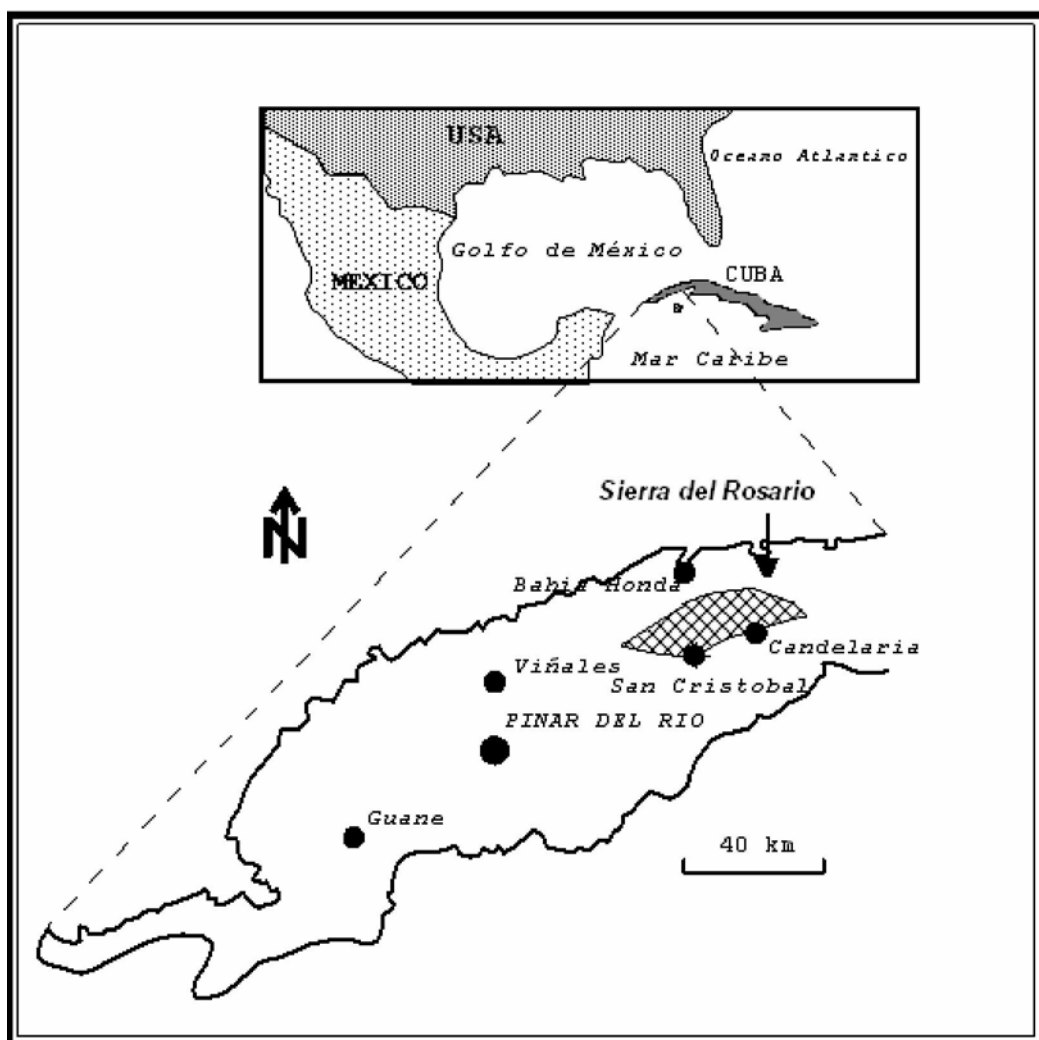


Fig.I.1 Occidente de Cuba. El área sombreada corresponde a la Sierra del Rosario.

De acuerdo a las transformaciones propuestas por el gobierno y las administraciones cubanas con el fin de controlar los recursos y hacer una mejor gestión en las tareas económicas y productivas y en calidad de servicios, se han incrementado dos provincias en la nueva división política administrativa, creando la provincia Artemisa (Fig.I.2). Esta por su vez cuenta con 502 392 habitantes, una superficie de 4 mil 004,27 km², con un área agrícola de 272 849 hectáreas, que corresponde a un 68,1% del territorio. Además, cuenta con un sitio de perspectiva de alto desarrollo portuario industrial como es el Mariel.



Fig.I.2 Nueva división político- administrativa de Cuba.

La provincia Artemisa se encuentra dividida en 11 Municipios, algunos que pertenecían a la provincia Pinar del Río y otros a la antigua provincia de la Habana. El Orquideario Soroa se encuentra ubicado en el municipio de Candelaria a 70Km al Oeste de la Ciudad de La Habana y a 220m sobre el nivel del mar, en el mismo corazón de la Sierra del Rosario (reserva de la biosfera), la región constituye una especie de vitrina natural de belleza inigualable. Allí, entre montañas, ríos y una exuberante flora y fauna, se halla el Orquideario, donde se atesoran más de 25 000 plantas y se realizan diversos proyectos investigativos. El mismo cuenta con alrededor de 700 especies de orquídeas y atesora una de las bibliotecas más completas de Latinoamérica, donde se conservan materiales bibliográficos únicos. Actualmente es un centro científico productivo perteneciente a la Universidad de Pinar del Río y está destinado a la preservación y disfrute del medio ambiente; así como al cuidado de las orquídeas cubanas.

I.2 Relieve

La Sierra del Rosario presenta un complicado relieve y está caracterizado por cadenas de montañas relativamente bajas que se extienden en dirección este oeste, separadas por zonas deprimidas y alargadas en la misma dirección.

Según el Atlas Nacional de Cuba en su edición de 1970 y 1989, en la Sierra del Rosario las alturas predominantes varían entre 500 y 670m y las pendientes entre 15 y 35°. Específicamente en la zona de Las Terrazas, las alturas predominantes oscilan entre 100 y 300m. Estas particularidades morfológicas favorecen la erosión y la denudación como principales procesos exógenos en la zona.

La sierra termina en su extremo oriental en la zona de Las Terrazas en una especie de espolón que se proyecta hasta el poblado de Cayajabos, formado por colinas de cimas redondeadas. Es muy notable la disminución de las elevaciones al este de El Taburete, las que sufren un descenso de altura del orden de 200-300 m (Cobiella-Reguera y Hernández-Escobar, 1990).

I.3 Red Hidrográfica

La presencia de corrientes intermitentes y afluentes temporales de ríos y arroyos permanentes formando una red fluvial de tipo dendrítica bastante densa, es la red de drenaje característica de la región.

Los principales ríos que fluyen por la sierra lo hacen de norte a sur en su flanco meridional y a la inversa en el flanco norte. En general las corrientes de agua son pequeñas y los valles generados son estrechos y profundos. Entre las principales Corrientes se encuentran los ríos San Cristóbal, San Claudio, San Francisco, San Juan y Bayate, localizándose buena parte de las cuencas de los dos últimos en la zona de Las Terrazas, donde además son elementos importantes en relación a la actividad turística, puesto que algunos sectores de sus cauces constituyen balnearios. También el río Soroa y manantiales que se encuentran en las cercanías del área de estudio.

I.4 Clima

La Sierra del Rosario se enmarca dentro del clima tropical lluvioso de condiciones marítimas con distribución estacional de las precipitaciones. La temperatura media anual oscila entre 26 - 28 °C. Para los meses de invierno la

temperatura oscila entre 20 - 22°C (aunque se alcanzan temperaturas más bajas de 6 - 10°C, por la acción de frentes de aire frío que afectan al territorio nacional, provenientes del norte), destacándose esta zona entre las más frías del país. Para los meses de verano la temperatura del aire puede alcanzar valores de hasta 36°C. La humedad relativa promedio del aire es del 98%. La media anual de precipitaciones oscila entre 1400-1600mm. El mes más lluvioso ha ido desplazándose desde octubre hasta septiembre, así mismo ha disminuido la pluviosidad media hasta los 1200mm por año. En general es notable la influencia del relieve en las condiciones climáticas.

I.5 Vegetación

Los suelos y la vegetación se pueden simplificar estableciendo una relación de distribución con el relieve y las características litológicas de las distintas secuencias que se desarrollan en la región. Se incluye la zona de montaña perteneciente a Las Terrazas, la cual está reconocida como Reserva de la Biosfera y comprende 500 ha de bosque. Se desarrolla una vegetación natural de bosques tropicales necrófilos submontañosos siempre verdes y otra zona con vegetación de matorrales y comunidades herbáceas secundarias. En general la vegetación está asociada a suelos húmicos calcimórficos. En el área de estudio se observa un área de 35 000m cuadrados, con más de 20 000 ejemplares de especies orquídeas fundamentalmente, tanto endémicas como exóticas, que están distribuidas sobre plantas vivas y en nueve umbráculos para su reproducción, además de ejemplares únicos. Algunos ejemplos de estas orquídeas florecidas que exhiben su frágil belleza y delicado perfume para el asombro de los visitantes (Fig.I.3).



Fig.I.3 Algunos ejemplos de las exuberantes orquídeas presentes en el área de estudio, Orquideario Soroa.

I.6 Vías de Comunicación, Población, Agricultura y Recursos Económicos.

En los últimos años la Sierra del Rosario ha alcanzado notables avances económicos, siendo los más representativos el turismo, la prospección gasopetrolífera además de la actividad agroforestal ya existente. Debido a este creciente desarrollo se ha creado una infraestructura de caminos que ha mejorado el acceso a la zona. Las más importantes **vías de comunicación** son la carretera axial de montaña que la atraviesa longitudinalmente y las carreteras San Cristóbal - Bahía Honda y Candelaria - San Diego de Nuñez que la cortan de Norte a Sur. Al Este del territorio se ubica la carretera Cayajabos Cabañas y al Suroeste y Sur la Autopista Nacional.

En el área de estudio la principal vía de comunicación es la citada carretera axial, que une el poblado de Soroa del Orquideario en contacto con la autopista nacional. A partir de esta vía nacen caminos forestales hacia el Norte y Sur los cuales dan acceso a las elevaciones que la flanquean.

La Sierra del Rosario presenta una **densidad poblacional** entre 0.6 y 1.80 hab/ km², alcanzando los mayores valores en los poblados de Las Terrazas y Cayajabos, que constituyen los principales centros poblacionales (Atlas

Nacional de Cuba, 1989). La población también se encuentra en los poblados de Soroa, Los Cayos, Quiñones, y el caserío San Luís.

Sobre la **agricultura** del sector, durante el siglo XIX el cultivo y explotación del café en los cafetales Franceses a través de un sistema de latifundios, constituyó el renglón económico esencial de la Sierra del Rosario. En la actualidad la actividad agrícola predominante es la forestal, en la que sobresale la zona de Las Terrazas, donde la realización de un sistema de terrazas permitió la siembra de más de nueve millones de árboles. Se desarrolla también una incipiente actividad ganadera representada en numerosas vaquerías.

Se realiza la explotación de serpentinita y roca caliza, concentrada en canteras ubicadas en el sector de la Loma del Mulo.

El **carácter de la economía** está determinado por el relieve de la región predominando la actividad forestal. En los terrenos ondulados entre Cayajabos y las montañas radican numerosas vaquerías pertenecientes a la empresa Los Naranjos, así como una finca dedicada a la cría de caballos de raza. También encontramos varias microempresas en dicho valle y existe una en el río San Juan cerca de Las Terrazas. En los últimos años se ha desarrollado el turismo en la Sierra del Rosario, representado esto por las bases de campismo La Chorrera, El Taburete el hotel Moka, hotel Soroa, El Mirador y El Castillo de las Nubes y también el sector de estudio el Orquideario Soroa, para el turismo internacional.

La puesta en marcha del complejo turístico Las Terrazas, Villa Soroa y el Orquideario Soroa coloca al turismo como la actividad primordial para la zona, favoreciendo otros sectores como la construcción, ante la demanda de lugares adecuados para el desarrollo de esta actividad, la restauración de las ruinas de los cafetales franceses y la investigación de dicho patrimonio agroindustrial. Surge entonces un ejemplo de desarrollo sostenible para el resto del mundo, en el que se logra el equilibrio entre el cuidado por el medio ambiente, el patrimonio histórico y una economía creciente.

El sector de estudio constituye un gran punto turístico para la región, ubicado en la Sierra del Rosario declarado Reserva de la Biósfera el Jardín Botánico Orquideario Soroa a solo siete kilómetros de la autopista nacional y a 206m sobre el nivel del mar. El Orquideario tiene un área de 35 000m cuadrados, con

más de 20 000 ejemplares de especies orquídeas fundamentalmente, tanto endémicas como exóticas, que están distribuidas sobre plantas vivas y en nueve umbráculos para su reproducción, además de ejemplares únicos, extremadamente protegidos por los especialistas del centro.

Su creación se remonta al año 1943 por el abogado de origen canario Tomás Felipe Camacho miembro de la Sociedad Cubana de Orquídeas afiliada a la American Orchid Society y a la Eastern Orchid Congress. Se encuentran aflorando en el Orquideario carbonatos de agua somera que pertenecen al Miembro “El Mirador” que han constituido el objeto de estudio.



Fig.I.4 Panorama del área de estudio Orquideario Soroa, Sierra del Rosario. Foto a. Edificio administración. Foto b. Umbráculo de reproducción de orquídeas. Foto c. Entrada del Orquideario. Foto d. Casa de visita.

I.7 Investigaciones Precedentes

Aunque las investigaciones previas relacionadas con las características petrográficas y sedimentológicas del Miembro El Mirador en el Orquideario Soroa son escasas o casi nulas, el autor ha hecho una detallada revisión

bibliográfica donde se destacan aspectos generales de estudios previos en la Sierra del Rosario.

Los primeros trabajos geológicos de Sierra del Rosario, comenzaron a realizarse a principios del siglo XIX, cuando algunas compañías extranjeras se interesaron en la posibilidad de encontrar y extraer menas de cobre, hierro, níquel y asfalto. Dichos trabajos tienen un carácter histórico más que geológico para el conocimiento de la región.

Durante la época de intervención norteamericana, comenzaron a llegar a Cuba geólogos como Hayes, Vaughan y Spencer; los cuales, después de un rápido conocimiento de las provincias del país presentaron el esquema de las estructuras geológicas, incluyendo el de la provincia Pinar del Río.

Hayes et al. (1901), presentaron el informe sobre un reconocimiento geológico de Cuba.

Lewis (1932) realizó un amplio estudio de la geología de Cuba, incluyendo el primer mapa geológico moderno; donde en su texto explicativo aparece la primera mención de las calizas de Artemisa, que dicho autor llamó "Artemisa limestone" y que consideró de edad Jurásico-Cretácico inferior.

Posteriormente durante 1939-1943 las compañías norteamericanas realizaron los trabajos de búsqueda y exploración sobre las cortezas lateríticas de intemperismo del macizo de ultrabasitas de Cajalbana.

Truitt y Bronnimann (1956) presentaron su informe "Geología de Pinar del Río e Isla de Pinos", cuyo interés estriba en las descripciones de las formaciones San Cayetano, Jagua, Viñales, Artemisa y otras.

Teniendo en cuenta el análisis estructuro-facial de la región Truitt (1956) determinó cuatro cinturones faciales con sus cortes característicos: Sierra de los Órganos, Sierra del Rosario, Cacarájicara y Bahía Honda.

Entre las investigaciones geológicas más interesantes y argumentadas en este período se encuentra el trabajo realizado por Hatten (1957) para la parte norcentral de la provincia de Pinar del Río, que incluyó parte de la Sierra del Rosario elaborando un esquema estratigráfico y un mapa geológico a escala 1:250 000, que debido a su importancia se mantiene vigente.

Todas estas investigaciones se refieren al período pre-revolucionario del estudio geológico de la región. Durante este, el avance en el conocimiento geológico de la Sierra del Rosario fue muy limitado.

Después del triunfo de la revolución las investigaciones geólogo-geofísicas han jugado un papel muy importante, las mismas están encaminadas a elevar el potencial minero-metalúrgico y materiales no metálicos.

Andreu (1960), confeccionó el mapa geológico de la provincia Pinar del Río a escala 1:250 000, este mapa se considera el primero que dio una idea general de la geología y la tectónica de la región.

En 1964 se publica el libro Geología de Cuba de Furrázola Bermúdez et al. Gran parte de la estratigrafía jurásica de Cuba en dicho libro está fundamentada en materiales pinareños.

En la década del 60-70 se debe citar investigaciones de gran importancia realizadas por geólogos cubanos y soviéticos como: Judoley y Furrázola-Bermúdez (1968) publicado bajo el nombre de "Estratigrafía y Fauna del Jurásico en Cuba"; con el aporte de nuevos datos que enriquecieron el conocimiento geológico del Jurásico en Pinar del Río.

Distintos trabajos de generalización estratigráficas se realizaron en los años 1972- 1975, entre los cuales se destacan Vasov et al., que confeccionaron un esquema estratigráfico de los depósitos Mesozoicos- Cenozoicos en Cuba.

Un grupo de geólogos de la Academia de Ciencias de Cuba y Polonia bajo la dirección de A. Pszczolkowki, realizaron durante los años 1970-1975 el levantamiento a escala 1: 250 000 de la provincia Pinar del Río. Dentro de los límites de Pinar del Río distinguieron tres zonas estructuro-facial: San Diego de los Baños, Bahía Honda y Guaniguanico, cada una con estratigrafía y tectónica propias. La última se subdividió en las subzonas Sierra de los Órganos, Sierra del Rosario y las unidades metamórficas.

Durante este período aparecen varias publicaciones y monografías de carácter general, pero que tocan aspectos relacionados con la geología de la provincia, dentro de ellos podemos citar: "Los Aptychus de Cuba" por Hausa (1974); "Resumen estratigráfico de los sedimentos mesozoicos de Cuba" por Kunetzov et al. (1977).

Mormil et al. (1980) concluyen los trabajos para la confección de los mapas geológicos y metalogénicos a escala 1: 500 000 para la provincia de Pinar del Río.

Pszczółkowski (1981), presentó el trabajo sobre el banco carbonatado Jurásico de la Sierra de los órganos, Provincia de Pinar del Río, su desarrollo y situación paleotectónica.

Linares et al. (1985) concluyen la confección del mapa geológico de Cuba a escala 1: 500000 y su texto explicativo; veinte años después de publicado el primero, donde se recoge lo más actual hasta ese momento de la geología de Cuba.

Por esta fecha también concluye la confección del mapa geológico de Cuba a escala 1: 250 000 por la Academia de Ciencias de Cuba. Otros trabajos sobre la geología de la provincia podemos encontrarlos en “Contribución a la Geología de Pinar del Río” de Pszczolkowski et al. (1987); “Nuevas consideraciones acerca de la litoestratigrafía del Cretácico y el Paleógeno de la Sierra del Rosario” de Pszczolkowski (1988) que aportó nuevos datos sobre la columna estratigráfica del área.

Díaz y Furrázola-Bermúdez (1984-1988) presentaron un estudio micropaleontológico, bioestratigráfico y litofacial de las secuencias carbonatadas Cretácicas de la zona Remedios donde incluyen el macizo de Guajaibón, en elevaciones Yagüajay-Chambas y Sagua Remedios, Sierra Cubitas y elevaciones de Gibara, En el trabajo se ofrece un estudio detallado de la fauna, reportándose nuevos datos de suma importancia para el establecimiento de la bioestratigrafía del área.

Martínez et al. (1992) concluyen el levantamiento geológico a escala 1: 50 000 de la Cordillera de Guaniguanico y áreas cercanas, con nuevos aportes al conocimiento de la estratigrafía, tectónica, magmatismo e historia del desarrollo geológico de las diferentes zonas estructurofaciales distinguidos por ellos en la provincias de Pinar del Río y el occidente de La Habana. En la década del 90 se continuaron los estudios de la Sierra del Rosario con un carácter regional o tratando de resolver algunos aspectos particulares de la geología de la misma y cuyos resultados han sido expuestos en diferentes eventos científicos y/o están en prensa para ser publicados; entre los mismos podemos citar:

Cobiella-Reguera (1992,1995) dedicados a diversos aspectos de la geología de la Sierra. Martínez et al., (1991), identificaron las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador que se acumularon en condiciones marinas poco profundas.

Chang, J. C. (en: Martínez et al., 1991, inédito), agrega a la subdivisión de la Formación Artemisa una unidad informal la cual nombra El Mirador. Ellos describieron calizas masivas con lentes y nódulos de silicitas, brechas calcáreas en la base y calizas estratificadas en la cercanía del tope, presentando variaciones litofaciales que la diferencian del resto del corte de la formación. Los autores consideran, que a pesar de su similitud litológica con las rocas del miembro San Vicente de la formación Guasasa en la Sierra de los Órganos y considerarla en sinonimia, no debe ser contemplada como una misma unidad litoestratigráfica. No obstante, la ausencia de fósiles y la no determinación de las secuencias que la suprayacen, tentativamente la data como de edad Jurásico Superior Kimmeridgiano - Cretácico Inferior Berriasiano Pszczolkowski (1994), publica formalmente un nuevo esquema litoestratigráfico de los depósitos Cretácicos-Paleogénicos de la Sierra del Rosario establecido por el en 1988. Este esquema publicado presenta algunas modificaciones respecto al original, inédito.

Pszczolkowski (1994), determinó que la parte superior de la Fm. Artemisa está representada por rocas del Miembro Sumidero, el cual yace concordantemente sobre el Miembro la Zarza.

Cobiella-Reguera (1996), realiza un estudio sobre el magmatismo Jurásico Caloviano-Oxfordiano) de Cuba Occidental, ambiente de formación e implicaciones regionales.

Cobiella-Reguera et al. (2000), presentan una interpretación de los datos revelados por sus propias investigaciones y las de otros autores. En ellas dividieron la secuencia de Sierra de Rosario en cinco cortes: 1. Jurásico Medio y Superior (Oxfordiano), 2. Oxfordiano Medio- Cenomaniano (localmente Turoniano?), 3. Campaniano, 4. Maastrichtiano Superior (o límite K/T), 5. Paleoceno Superior-Eoceno Inferior y reconocieron que los dos primeros son ricos en materia orgánica y fueron depositados en fondos anóxicos.

Blanco-Bustamante et al. (2002) estudiaron los depósitos de las formaciones Artemisa y Sumidero en muestras de subsuelo y realizaron importantes reconstrucciones paleoambientales donde reconocieron para esta primera unidad en el manto superior del pozo Cayajabo 3, una secuencia transgresiva, proveniente de una plataforma de aguas someras representada por mudstone

calcáreo con escasos ejemplares de *Globochaete alpina*, *Didemnoidea moreti* y fragmentos de braquiópodos y/o ostrácodos, donde la ausencia de fósiles bentónicos indicó un ambiente restringido. Blanco-Bustamante et al. (2002), estudiaron los depósitos en el subsuelo y reportaron la presencia de la Formación Artemisa en los pozos Martín Mesa 2, Cayajabos 3 y CHD-IX. No reconocieron el miembro San Vicente dentro de la Formación Artemisa, por aflorar según los referidos autores, limitadamente en la Sierra del Rosario y constituir una incongruencia en la nomenclatura estratigráfica pues el miembro de una formación no lo puede ser a la vez de otra. Eliminaron prácticamente todos los miembros, ya que al quedar excluidos San Vicente y elevar al rango de formación al Miembro Sumidero, la subdivisión de la formación para ellos no tiene sentido. Sin embargo, proponen la existencia del Miembro Cayajabos para distinguir el tipo de corte carbonatado con aporte terrígeno de la secuencia carbonatada, ignorando el Miembro La Zarza.

Gil-González et al. (2000) en: Pérez-Machado (2009), confirman tres facies fundamentales en la Formación Artemisa *sensus lato*: facies de cuencas y condiciones neríticas de mares abiertos, facies de talud y facies con elementos de aguas someras: los cuales pueden correlacionarse con los diferentes miembros de la Formación Guasasa. Consideran que la facies de cuencas y condiciones neríticas de mares abiertos es la más común y con la cual prácticamente se ha caracterizado la Formación Artemisa. A partir de los diferentes elementos lito y biofaciales encontrados establecen una correspondencia entre estos depósitos y las secuencias propias de los cinturones 1 y 2 de Wilson (1975).

Esta facies puede ser identificada con la de los miembros El Americano y Tumbadero La facies de talud para ellos menos distribuida que la anterior y observable en áreas aledañas a El Mirador de Soroa, la comparan con las propias de los cinturones faciales 3 y 4 de Wilson, debido a la mezcla de sedimentos de grano fino con estructura de deslizamiento gravitacional y sedimentos fragmentarios (Pérez-Machado, 2009)

Cobiella-Reguera y Olóriz (2009), realizan un estudio sobre la estratigrafía del Orfordiano-Berriasino del Paleomargen de América del Norte en Cuba occidental.

CAPÍTULO. II. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA SIERRA DEL ROSARIO

II.1 Geología Regional

Los cortes de la Cordillera de Guaniguanico contienen claros rasgos de acumulación en un margen continental (Cobiella-Reguera, 2000).

La presencia de rocas sedimentarias del paleomargen pasivo de América del Norte en Cuba, ha sido reconocida por diversos autores (Meyerhoff y Hatten, 1974; Pardo, 1975; Pszczolkowski, 1986; Iturralde-Vinent, 1996; en Pszczolkowski, 1999). Actualmente se reconocen tres grandes áreas de afloramientos de este paleomargen: Cordillera de Guaniguanico, norte de Cuba central y la zona de Maisí.

La Cordillera de Guaniguanico se localiza en las provincias de Pinar del Río y Artemisa. Los cortes mesozoicos en ella han recibido distintas denominaciones a lo largo de la historia de las investigaciones geológicas realizadas a diferentes escalas y que se describirán en este capítulo. Pszczolkowski (1975) la designó con el nombre de zona estructuro facial de Guaniguanico. El término “terreno Guaniguanico” fue introducido por Iturralde-Vinent (1994), quien presentó un esquema tectónico generalizado para Cuba occidental, en el cual la dividió en cinco cinturones: Órganos, Rosario Sur, Rosario Norte, Quiñones y Felicidades. Otras clasificaciones dividen el territorio en dos zonas estructuro-faciales: la zona Guaniguanico, dividida en las subzonas Los Órganos, Rosario y la zona Zaza, compuesta por las subzonas de San Diego de los Baños y Bahía Honda (Martínez et. al., 1994, en Cofiño-Arada, 2002). Pszczolkowski (1999), dividió el llamado terreno Guaniguanico de sur a norte en los cinturones Cangre, Sierra de Los Órganos, Rosario Sur, Rosario Norte y Guajaibón-Sierra Azul (ver fig.II.1). Cobiella-Reguera (2008), ofrece un esquema tectónico cuya novedad mayor es considerar la presencia de rocas pertenecientes al cinturón de las Alturas de Pizarras del Sur (parte de Sierra de los Órganos en el esquema de Pszczolkowski, (1999), al norte del cinturón de mogotes.

Pszczolkowski (1999), en su división del terreno Guaniguanico, distinguió dos cinturones tectonoestratigráficos para Sierra del Rosario: cinturón Rosario meridional y cinturón Rosario septentrional. Según Pszczolkowski (1994): en Cofiño-Arada (2002), la secuencia sur donde abunda los depósitos Jurásicos,

comprende las unidades tectónicas: La Zarza, Mameyal, Caimito, Taco Taco, Cinco Pesos y Los Tumbos, mientras que en la norte, donde predominan las rocas Cretácicas de Polier se encuentran las unidades de Belén-Vigoa, Naranjo, Dolores, La Serafina, Cangre y Sierra Chiquita. Su corte estratigráfico se extiende desde el Jurásico hasta el Eoceno Inferior.

La estratigrafía tithoniana-cretácica y la tectónica de la Sierra del Rosario son muy similares a las presentes en la zona Placetas, reconocida, desde La Habana hasta Camagüey donde se localizan los mayores yacimientos de hidrocarburos de Cuba. Este hecho es un importante elemento a tener en cuenta en la prospección de petróleo y gas en el occidente de Cuba que, además, posee atractivos adicionales (Cobiella-Reguera et al., 2000).

Las montañas bajas de la Cordillera de Guaniguanico presentan los afloramientos continuos más extensos del paleomargen cubano de América del Norte. Al sur la secuencia de la Corrdillera se encuentra limitada por la falla de Pinar, que separa a ésta de los sedimentos Cenozoicos de la cuenca de los Palacios. Estas regiones montañosas se consideran como el más grande y más impresionante de los afloramientos de la tectónica alpina en la Antillas Mayor (Rigassi-Studer, 1963; Hatten, 1967; Piotrowska, 1978 en Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009).

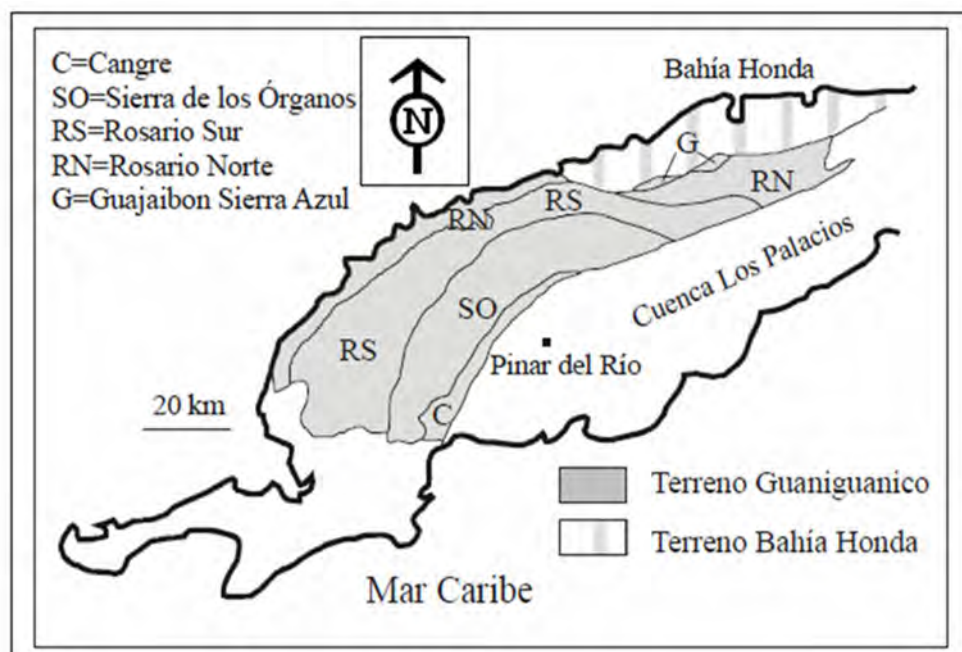


Fig.II.1 Unidades tectonoestratigráficas del terreno Guaniguanico, según Pszczolkowski (1999).

Las formaciones presentes en Sierra del Rosario corresponden a facies de margen continental, mayormente carbonatadas: Artemisa, Polier, Santa Teresa, Carmita, Cacarajícara, Manacas. Por su edad, abarcan desde el Mesozoico hasta la base del Cenozoico.

Según el criterio de muchos investigadores la Sierra del Rosario, por estar ubicada en la porción más oriental del cinturón plegado y cabalgado Guaniguanico, constituye una de las regiones más importantes para el desciframiento de la geología de Cuba e incluso de la zona del Caribe (Pszczolkowski, 1978, 1999; Cobiella-Reguera et al., 2000; Cofiño-Arada, 2002). Además, presenta determinado potencial de hidrocarburos, haciéndola aun más atractiva como objeto de investigación.

Los cortes de la Sierra han sido extendidos por datos de geología de superficie y perforaciones profundas hasta la región de Martín Mesa, provincia Artemisa (Pszczolkowski, 1999; Cofiño-Arada, 2002), muy cerca de la Habana.

La sierra contiene una serie de nappes cabalgados como resultado de la compresión durante la orogenia cubana (Pszczolkowski, (1971) en: Pszczolkowski 1978), que resultan ser el elemento más característico de su tectónica.

Saura et al. (2008) presentan un artículo sobre los resultados de un perfil geológico regional, realizado a través de la sierra del Rosario y que se extiende hasta la costa norte, en la región de Bahía Honda. El perfil pasa por Soroa. Los autores combinan en el artículo los resultados de este perfil con los datos de varios pozos profundos realizados en áreas cercanas. Desde el punto de vista de la tectónica regional, dichos autores interpretan la estructura de la sierra como un prisma de subducción, aspecto no considerado en anteriores investigaciones y que no parece ajustarse a la estructura de pliegues y escamas acumulados en una cuenca de antepaís, como ha sido interpretado por otros geólogos (Pszczolkowski, 1994,1999; Cobiella-Reguera, 2008).

II.2 Estratigrafía de la Sierra del Rosario

La Sierra del Rosario está ubicada en la porción más oriental de la Cordillera de Guaniguanico, ocupando gran parte de la provincia de Artemisa, extendida

según datos de perforaciones profundas hasta la región de Martín Mesa, (Pszczolkowski, 1982).

Es un sistema montañoso de altura media que se encuentra en la zona occidental de la isla de Cuba (provincias Artemisa y Pinar del Río), en el este de la Cordillera de Guaniguanico. Parte de la sierra está catalogada por la Unesco desde 1984 como reserva de la biosfera por sus atributos naturales, convirtiéndose así en la primera reserva de este tipo en Cuba. Al norte de las montañas las secuencias de la Sierra del Rosario están sobrecorrida por las ofiolitas y el arco volcánico extinto sobre los que yacen los depósitos sinorogénicos de los geólogos petroleros. Hacia el occidente, las rocas de la Sierra del Rosario se prolongan hasta las alturas de Pizarra del Norte (Fernández-Carmona, 1998).

Según Cobiella-Reguera (1996), en algunos nappes entre las formaciones Artemisa y San Cayetano parece colocarse la Formación El Sábalo del Jurásico Superior Oxfordiano, constituida por una secuencia de diabasas y basaltos con intercalaciones de espesores variables de sedimentos carbonatados y terrígenos finos, estos últimos ligeramente metamorfizados.

La Sierra del Rosario presenta una columna estratigráfica que se inicia con rocas del Jurásico Inferior y Medio y termina con los sedimentos orogénicos del Eoceno Inferior basal. Abarca diferentes ciclos sedimentarios y en menor escala magmáticos, ocurridos desde su inicio en el Jurásico hasta su deformación en los depósitos del Eoceno conjuntamente con las ofiolitas y secuencias vulcanógeno - sedimentarias. Está constituida por una serie de mantos tectónicos con emplazamientos de sur a norte donde se distinguen 2 grandes grupos de mantos, meridional y septentrional, caracterizados por una distinta inclinación de los planos de sobrecorrimentos y cortes estratigráficos.

El corte estratigráfico de la Formación Artemisa tal como es considerada en el trabajo, va desde el Oxfordiano Medio (parte superior) o Kimmeridgiano hasta el Berriasiano (Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009). La misma se encuentra parcialmente subdividida en dos miembros, La Zarza y El Mirador (Martínez et al., 1991). En la parte más baja de la Fm. Artemisa, aparecen algunos carbonatados de aguas someras que fueron identificados y mencionados en el Informe Generalización Pinar CAME (Martínez et al., 1991), donde los autores lo llamaron Miembro "El Mirador". Otros autores consideran las capas del

Miembro El Mirador como parte del Miembro San Vicente (Fm. Guasasa), debido a la similitud de características y litología (Pérez-Machado, 2009), pero esto es incorrecto según la práctica estratigráfica.

Pese a considerarse que no aflora en la Sierra del Rosario, dada su importancia para este trabajo se dará una breve caracterización del Miembro San Vicente (Fm. Guasasa) a fin de esclarecer en capítulos posteriores esta línea de pensamiento.

El Miembro San Vicente fue propuesto por Herrera (1961), con edad Oxfordiano Tardío- Tithoniano Temprano. El espesor total varía de 300-650m en la Sierra de los Órganos aunque el límite superior de la unidad litoestratigráfica en cuestión es algunas veces erosional. Está compuesto por calizas de color gris claro a negro, masivas o en capas gruesas, por lo general carsificadas. En algunos lugares las calizas están estratificadas en forma horizontal y con frecuencia están parcial o totalmente dolomitizadas. También hay nódulos y lentes de pedernal gris a negro. Las calizas micríticas dominan en la parte inferior del miembro, mientras que las calcarenitas aparecen casi siempre en la parte superior. En la parte superior existen también calizas laminadas en forma horizontal, bien estratificadas, hasta una docena de metros de espesor. El Miembro San Vicente incluye una brecha calcárea sedimentaria, que separa las calizas masivas de la Formación Guasasa de las de la Formación Jagua. Su equivalencia temporal es la parte inferior del Miembro La Zarza de la Formación Artemisa (Pszczolkowski et al., 1976).

A continuación y auxiliándonos del Léxico Estratigráfico (1994), los estudios de Pszczolkowski (1999) y de las Investigaciones de Cobiella-Reguera y Olóriz (2009), se hará una breve descripción de las unidades litoestratigráficas comprendidas de Jurásico Superior –Cretácico Inferior presentes en el sector de estudio bien como en sus alrededores, conjuntamente con sus respectivos miembros.

Formación San Cayetano

Descrita por DeGolyer (1918) y redescrita por Palmer (1940); Hatten (1957); Haczewski (1976); Hernández en: Martínez y Fernández de Lara (1988).

La Formación se desarrolla en afloramientos en Sierra de los Órganos y Sierra del Rosario y las Alturas de Pizarras del Norte y del Sur. La formación tiene una edad Jurásico Inferior-Jurásico Superior (Oxfordiano) (Cobiella y Olóriz, 2009). Está compuesta por argilitas de color gris a gris oscuro, pardo y violáceas, finamente estratificadas con aspecto pizarroso intercaladas con areniscas cuarzosas y cuarzo-micáceas, estratificadas de color blanquecino o amarillo rojizo, a veces algo oxidadas y con espesores variables. También afloran limoareniscas estratificadas de color naranja intercaladas con limolitas. En las limolitas aparecen con frecuencia concreciones terrígenas con estructura concéntrica que generalmente oscilan entre 2-4 cm de diámetro. Las limolitas y argilitas pueden contener abundante materia orgánica siendo muy carbonosas y con una coloración gris muy oscuro a negras cuando no están muy meteorizadas (García Delgado et al., 2003).

Es correlacionable en parte con las formaciones Agua Santa y Cañada de Cuba Occidental; La Chispa, Loma La Gloria y la unidad informal esquistos verdes Felicidad de Cuba Central.

Presenta como fósiles índices: *Ammonites*: *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) sp., P. (*Discosphinctes*) sp.; *Pelecípodos*: *Trigonia* (*Vaughonia*) *krommelbeini*, *Neocrassina* (*Neocrassina*) sp., N. (*Coelastarte*) sp., *Inoceramus* (*Inoceramus*) sp., *Eocallista* (*Hemicorbula*) sp.; *Helechos*: *Piazopteris branneri* (= *Phlebopteris cubensis*). La formación comprende la mayor parte de un complejo deltaico, con depósitos desde aluviales a turbidíticos (Haczewski, 1976; Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009). En la secuencia de la Sierra de los Órganos, la sedimentación carbonática comenzó, mientras todavía se acumulaban depósitos terrígenos.

Formación El Sábalo

Originalmente descrita por Pszczolkowski y Albear (1983) como “secuencia vulcanógeno-sedimentaria” de Sierra del Rosario y posteriormente denominada Formación El Sábalo por el propio Pszczółkowski (1989 y 1994). Otros autores han hecho aportes en cuanto a la característica de su magmatismo (Cobiella-Reguera, 1992 y 1996). Sus depósitos tienen una buena distribución entre la región de Soroa y la carretera San Cristóbal-Bahía Honda, en Sierra del Rosario. Las diabasas son las rocas más comunes, de color verde oscuro

cuando están frescas, los basaltos se presentan como capas concordantes entre los sedimentos, las calizas son el componente sedimentario más característico, intercalándose frecuentemente entre las diabasas y los basaltos. De las rocas terrígenas, las limolitas y argilitas son vulcanomícticas y las areniscas son cuarzosas.

Su edad se extiende desde el Jurásico Superior Calloviano? hasta el Oxfordiano, con más probabilidad Oxfordiano Medio (Cobiella-Reguera, 1996 y 2000; Pszczółkowski, 1999a y b), el espesor en superficie se ha calculado en unos 150 m y en pozos ha llegado a 426 m (PE-12) (Martínez et al., 1991).

Las rocas sedimentarias se formaron en un ambiente reductor evidente por la abundancia de materia orgánica y piritita singenética. La composición litoclástica evidencia una fuente de aporte con corteza continental. La presencia de deslizamiento de tipo gravitacional conjuntamente con todo lo anterior apunta hacia una acumulación en un margen continental distensional (pasivo), (Cobiella-Reguera, 1996). Los hallazgos en los últimos años de fósiles en los sedimentos, reportan la presencia de: *Globochaete alpina*, *Didemnoidea moreti*, *Didemnoidea* sp., *Didemnum carpaticum*, *D. minutum*, *Colomisphaera* cf. *nagy*, *C. cf. pieninensis*, *Calciodinelloidea* (Pszczolkowski, 1994 a y b). El subyacente de dicha formación se desconoce. Está cubierta concordantemente por el Miembro La Zarza (Formación Artemisa). En ocasiones se observa el contacto tectónico con los depósitos caóticos de la Formación Manacas.

Formación Francisco

Descrita por A. Pszczółkowski en: Pszczółkowski et al., (1975). Con espesor que varía entre 1-25m, edad: Jurásico Superior (Oxfordiano Medio-Superior) (Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009). Presenta argilitas, limolitas, calizas micríticas, esquistos e intercalaciones de areniscas. En ocasiones se observan concreciones calcáreas dentro de los esquistos con restos fósiles. Predominan los esquistos y las calizas, estas últimas están frecuentemente laminadas. Se desarrolla en la parte SW de la Sierra del Rosario, donde los fósiles índices son *Ammonites*: *Cubaochetoceras* sp., *Cubaspidoceras* sp., *Euaspidoceras* sp., *Glochiceras* sp., *Miosphinctes* sp., *Ochetoceras* sp., *Vinalesphinctes* sp., *Bivalvo*: *Liostrea mairei*.

Es correlacionable con el Mbro. Pimienta (Fm. Jagua) de Cuba Occidental. Su parte baja se correlaciona con los miembros Jagua Vieja, Pan de Azúcar y Zacarías de Cuba Occidental y la Fm. Narciso de Cuba Central. Se depositó probablemente en un ambiente de plataforma marina.

Formación Artemisa

Fue nombrada por Lewis (1932) y redescrita por Judoley y Furrázola-Bermúdez (1968); Pszczolkowski et al. (1978, 1987), Martínez et al. (1991), Blanco Bustamante et al. (2002), Linares (2003), Cobiella-Reguera (2009). Los autores Blanco Bustamante et al. (2002) y Linares (2003), redujeron la extensión de la unidad en edad y composición litológica elevando el miembro superior, Sumidero, a la categoría de formación; quedando entonces constituida la Formación Artemisa por el Miembro La Zarza y El Mirador paquete de facies más someras. De edad Jurásico Superior (Oxfordiano Medio o Kimmeridgiano) - Cretácico Inferior (Berriasiano) (Cobiella y Olóriz, 2009); esta unidad comprende calizas micríticas bien estratificadas, calcilutitas, calcarenitas y algunas calciruditas. En la base de la formación aparecen, esporádicamente, limolitas y areniscas de grano fino. La parte más baja de la formación, se considera de edad Oxfordiano Superior a Kimmeridgiano; la parte alta corresponde a edad Tithoniano - Berriasiano basal, con calizas pelágicas e intercalaciones de argilitas bituminosas. Numerosas especies de *amonites*, *calpionélidos* y representantes de *incertae sedis* identifican los pisos dentro de la formación. Pszczółkowski (1978) calculó el espesor entre 300 - 800 m, evidentemente exagerado. Las secciones Tithonianas medias no superan los 40 m, por lo que el espesor total no debe superar los 150 m (Linares, 2003). Yace discordantemente sobre las formaciones El Sábalo, Francisco y San Cayetano. Linares (2003) considera que el contacto de la unidad con los depósitos infrayacentes en el área es de tipo tectónico, a veces se ven superficies de despegues. La sobreyace concordantemente la Formación Sumidero y discordantemente las formaciones Cacarajícara, Guanajay y Paso Real. Su parte inferior se depositó probablemente en la zona de transición a la batial, predominando la sedimentación carbonática de aguas neríticas. Su parte superior se depositó en un ambiente más profundo, pelágico (Pérez-Machado, 2009).

Miembro La Zarza fue descrito por Psczolkowski (1976) con edad Jurásico Superior Oxfordiano Medio-Cretácico Inferior Berriasiano Inferior. Más recientemente Cobiella-Reguera y Olóriz (2009), consideran que su base yace posiblemente en el Kimmeridgiano. El espesor total máximo oscila entre 200-300m (Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009), aunque generalmente es mucho menor.

Está compuesto por calizas micríticas organógenas y detríticas. La estratificación es fina a laminar, con intercalaciones de limonitas y argilitas calcáreas, principalmente en la parte inferior. De forma subordinada aparecen areniscas cuarzosas y polimícticas de color claro. En la parte media superior afloran calizas masivas con espesores que oscilan entre 3-5m (Psczolkowski et al., 1976).

Miembro “El Mirador” fue descrito por Chang en: Martínez et al. (1991), Se consideró una unidad de edad desconocida, con un espesor que varía entre 0-80m, esta unidad perteneciente a la Fm. Artemisa está compuesta por calizas masivas y estratificadas de color gris pardo. Presenta esporádicamente lentes y nódulos silíceos en algunas secciones del corte estratigráfico. Las calizas del Miembro El Mirador son generalmente detríticas y recrystalizadas. En la base de esta unidad afloran brechas calcáreas con clastos pequeños a grandes de color gris oscuro a negro. Yace directamente sobre las rocas vulcanógenas sedimentarias de la Formación El Sábalo. El contacto entre ambas unidades parece ser concordante. El límite superior no fue observado por estos autores. Consideraron que las capas del Mb. El Mirador se acumuló en condiciones marinas poco profundas, en un ambiente sedimentario moderadamente agitado, en aguas oxigenadas. (Martínez et al.1991).

Formación Sumidero

Inicialmente descrita por Pszczółkowski et al. (1978) como miembro superior de la Formación Artemisa y elevada de rango estratigráfico por Blanco Bustamante et al. (2002) y Linares (2003) dada la importancia en su calidad de reservorios y por los estudios bioestratigráfico y sedimentológicos de los que ha sido objeto en los últimos años en pos de la exploración petrolera. En el

presente trabajo es asumida en condición de unidad litoestratigráfica independiente.

La formación tiene una edad berriasiana según Cobiella-Reguera y Olóriz (2009), posee un espesor que alcanza un máximo de 250 m, según algunas fuentes, aunque esto parece exagerado (Cobiella-Reguera, comunicación personal, abril de 2011). Distribuida solamente en Sierra del Rosario, su corte representativo se encuentra en el valle del Río Los Palacios, a 200 m de la margen occidental del mismo. Se conoce en numerosas localidades de la Sierra del Rosario. La misma está compuesta por micritas de colores pardo claro, rosáceas, grises claras, grises oscuras hasta negras, con finas intercalaciones de silicitas y calizas moteadas grises-violáceas finamente estratificadas, laminadas, intercaladas con rocas arcillosas y pedernales cubriendo concordantemente a la Formación Artemisa. Se define una abundante y característica asociación fosilífera principalmente de calpionélidos, nannopláncton calcáreo y radiolarios que indican un ambiente nerítico externo-cuenca en el que los principales productores de materia orgánica eran el fitoplancton, que constituye una fuente importante para la generación de petróleo (Fernández-Carmona, 1998). Yace concordante sobre el Miembro la Zarza. Los depósitos de la Formación Sumidero se acumularon en condiciones marinas profundas, influenciado eventualmente por corrientes marinas que provocó la deposición de calcarenitas.

Formación Polier

Descrita por Pszczolkowski en: Pszczółkowski et al. (1978, 1987) se desarrolla en la Sierra del Rosario y su determinación está basada en los extensos afloramientos existentes en Lomas de Polier y en Lomas de Braciliano Roble.

Existen indefiniciones en cuanto a la edad de sus límites inferiores y superiores. Cobiella-Reguera et al. (1997) le atribuye una edad Berriasiano-Barremiano y con duda hasta el Aptiano, mientras que (Fernández-Carmona, 1998, Blanco-Bustamante et al., 2002) datan su edad a partir del Hauteriviano-Aptiano con predominio de los depósitos del Hauteriviano-Barremiano. Recientemente Nuñez-Useche (2008) y Cobiella-Reguera y Olóriz (2009) la asignan al intervalo Berriasiano-Aptiano.

Con un espesor máximo de aproximadamente 300m, está constituida litológicamente por calizas micríticas, calizas margosas, areniscas cuarcíferas, esquistos calcáreos y argilitas calcáreas para un espesor de 300 m. Las capas más jóvenes, esencialmente terrígenas, fueron separadas como Miembro El Roble.

El contenido de microfósiles de la unidad está formado por *Nannoconus*, radiolarios y *Colomisphaera* spp. La facies de calizas ricas en nannocónidos es bastante extendida con característica de horizonte regional útil para la correlación (Fernández-Carmona, 1998). Los sedimentos clásticos son turbiditas con rasgos más bien distales (Cobiella-Reguera, 1997). Es correlacionable cronológicamente en parte con las formaciones Pons y el Mbro. Tumbitas (Fm. Guasasa) de Cuba Occidental y la Fm. Veloz de Cuba Central. Se depositó en un ambiente hemipelágico con influencia importante de las corrientes de turbidez. Yace concordantemente sobre la Formación Sumidero y cubierta concordantemente por la Formación Santa Teresa.

Formación Santa Teresa

Descrita por Wassall en: Wassall y Pardo (1952) y redescrita por Lolkicev y Goranov en: Kantchev et al. (1978); Pszczółkowski (1988). Se distribuye en Sierra del Rosario en forma de franjas estrechas y alargadas.

La edad más conocida para dicha unidad es de Cretácico Inferior Aptiano Cretácico Superior Cenomaniano (Cobiella-Reguera, 2000; García-Delgado et al., 2003). Sus espesores oscilan entre 40 y 200 m.

Esta formación está compuesta por silicitas cuarzo-calcedónicas, radioláricas en capas finas (1-10 cm) de colores negro, gris verdoso y carmelita que contienen óxidos de hierro y manganeso. En las silicitas se observan intercalaciones de argilitas-limolitas de color pardo y raramente capas finas de calizas micríticas y margas de colores variados, en ocasiones claro hasta negro. En las calizas aparecen abundantes microfósiles. Las limolitas contienen restos abundantes de radiolarios.

Localmente en algunos afloramientos de estos estratos, se observan capas finas de tufitas. Es bastante frecuente encontrar areniscas cuarzosas silicificadas de granos gruesos en la parte baja del corte (García-Delgado et al., 2003).

Está cubierta concordantemente por las formaciones Carmita y Pinalilla y discordantemente por la formación Cacarajícara. Se depositó en una cuenca de aguas marinas profundas.

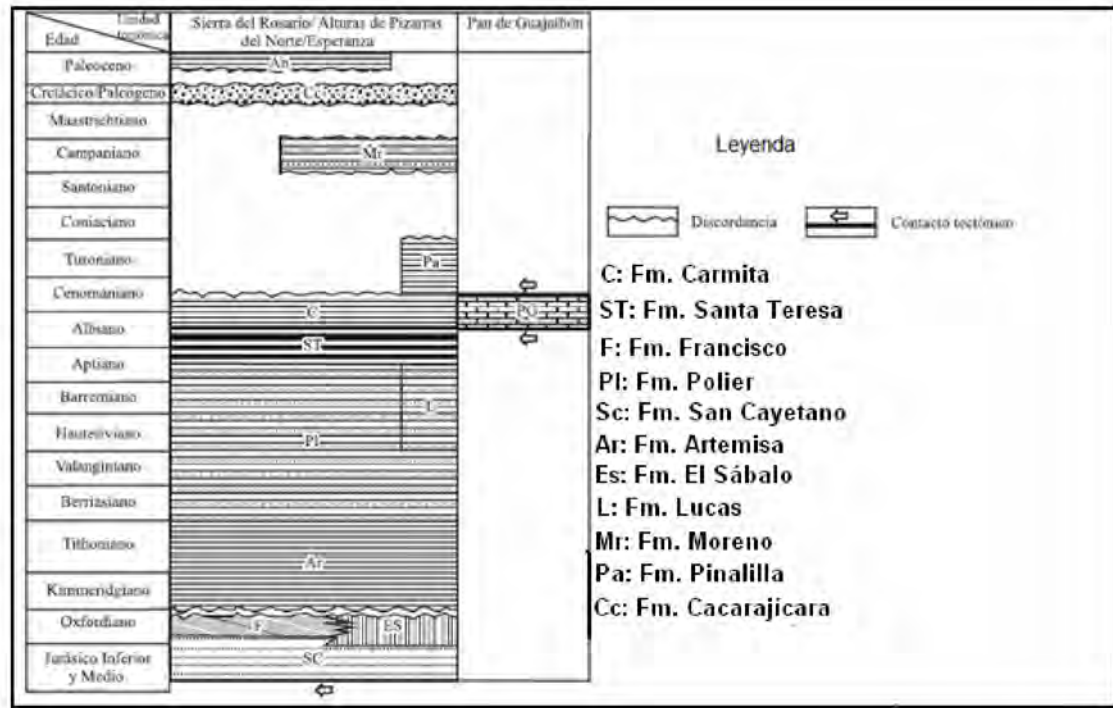


Fig. II.2 Columna estratigráfica de la Sierra del Rosario, propuesta por Cobiella-Reguera (2008).

II.3 Tectónica

La estructura de la Sierra del Rosario es un tema complejo. La región fue subdividida por Pszczolkowski (Pszczolkowski et al., 1975; Pszczolkowski, 1976) en dos diferentes secuencias: secuencia de Rosario Norte y secuencia de Rosario Sur, división que ha sido aceptada por muchos hasta el momento actual. Cada una de ellas está dislocada en varios mantos o unidades tectónicas para una característica estructura nappe-escamada. Tal como se dijo, éste autor también señaló que las unidades de la secuencia de Rosario del Sur cabalgaron sobre el cinturón de mogotes de los de la Sierra de los Órganos; en la parte más oriental formando un manto tectónico subhorizontal. Astajov et al. (1981) destacaron que las unidades de la Sierra del Rosario meridional del Sur se extienden por todo el territorio de Alturas de Pizarras del Norte, más al oeste del límite establecido entre las unidades de la Sierra de los Órganos y Sierra del Rosario por Pszczółkowski et al. (1975), señalando

además que sus diferentes escamas tectónicas tenían una vergencia sur, sobrecorriendo desde el norte al cinturón de mogotes a través de la denominada Falla Frontal. La vergencia sur de las estructuras en diferentes unidades de la Sierra del Rosario fue también destacada en Martínez et al. (1988,1991). Estos autores plantearon que las unidades de Alturas de Pizarras del Norte son totalmente independientes de Alturas de Pizarras del Sur, encontrándose el cinturón de mogotes sobrecorrido desde el sur por el manto tectónico que compone la segunda y, desde el norte, por unidades tectónicas de la secuencia de la Sierra del Rosario meridional (Rosario Sur en su terminología), extendidas a lo largo de Pizarras del Norte. En Martínez et al. (1988), Martínez y Vázquez (1987) y Pszczolkowski (1994 y 1999) se considera que las unidades de la secuencia de Rosario del Sur ocupan las Alturas de Pizarras del Norte hasta el mismo límite occidental cubierto del Terreno Guaniguanico. De acuerdo con esto, la Subzona Los Órganos se compondría solamente por dos unidades de orden principal (Alturas de Pizarras del Sur y el Cinturón de Mogotes), pues Alturas de Pizarras del Norte se trataría de la prolongación occidental de unidades de la Sierra del Rosario.

De acuerdo a Cobiella-Reguera et al. (2000), la Sierra del Rosario posee una compleja tectónica, cuyo rasgo más notable, pero no único, son los nappes. De acuerdo a dichos autores, los nappes de la Sierra pueden agruparse de acuerdo a su corte estratigráfico. Dichos autores proponen varios horizontes principales de despegue tectónico. Dichos horizontes son (de arriba hacia abajo):

1. Fm. Manacas (Paleoceno Superior-Eoceno Inferior);
2. Fm. Moreno (Campaniano);
3. Base de la Fm. Guajaibón (Albiano-Cenomaniano);
4. Fm. Santa Teresa y el Mb. Roble de la Fm. Polier (Aptiano-Albiano);
5. Horizontes basales de la Fm. Lucas (Hauteriviano?);
6. Base de la Fm. El Sábalo (Oxfordiano o Calloviano);
7. Horizontes de la parte alta de la Fm. San Cayetano (Oxfordiano?).

Un elemento muy importante y común en la Sierra del Rosario es la presencia de fallas. La gran variedad de planos de despegues y las características internas de las distintas formaciones, donde cada plano de estratificación puede constituir una superficie de deslizamiento, origina la estructura compleja

que se presenta en toda la Sierra del Rosario. Un punto de transcendental importancia en la tectónica de la Sierra del Rosario son los melanges (Cobiella-Reguera, 1998). Estos que se localizan invariablemente en zonas de importantes deformaciones tectónicas y se vinculan especialmente con la tectónica de mantos alpinos. Según (Cobiella-Reguera et al., 2000), formando parte del apilamiento tectónico en la porción oriental de las montañas de Guaniguanico se encuentran diferentes melanges, distinguiéndose dos grandes variedades genéticas:

- ✚ Melanges formados mayormente a partir de olistostromas depositados frente a mantos en avance y posteriormente triturados por los propios nappes que los originan. Ellos constituyen lo que habitualmente se ha denominado Fm. Manacas (Fm. Pica-Pica en el mapa geológico 1:250 000 de Cuba) y que aquí también denominaremos melanges α .
- ✚ Melanges creados a partir de la trituración tectónica de diversas formaciones mesozoicas durante la génesis del edificio de nappes. Ellos pueden contener lentes más o menos importantes de la Fm. Manacas (melanges β).

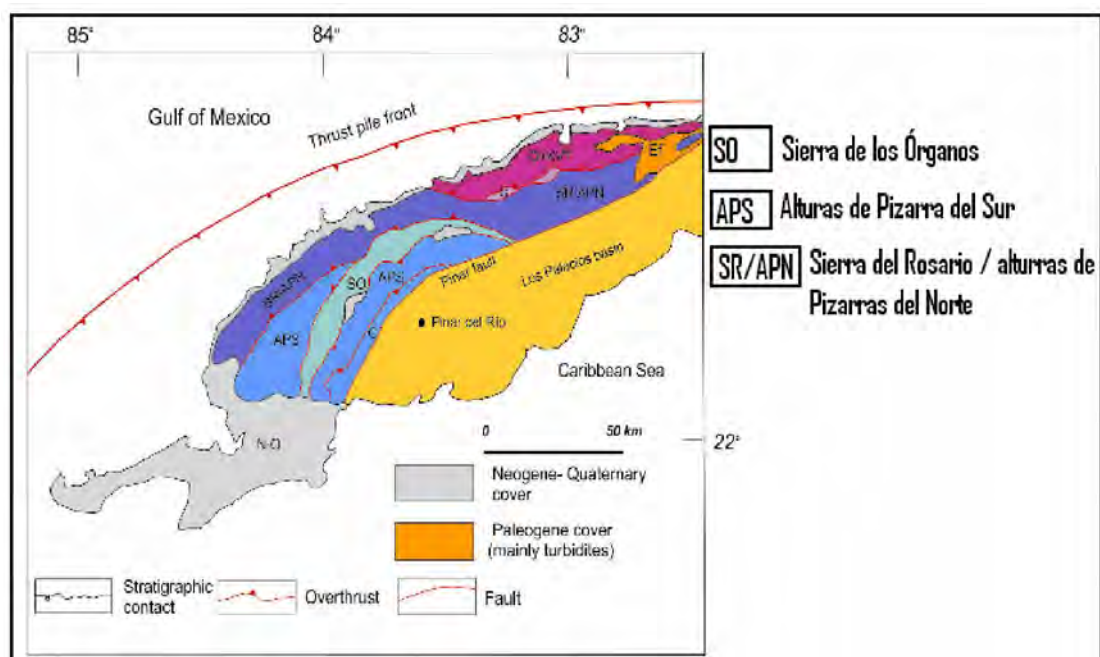


Fig.II.3 Mapa tectónico de la Cordillera de Guaniguanico y áreas adyacentes (Cobiella-Reguera, 2008 modificado).

Según Cobiella-Reguerra (2008), (Fig.II.3) desde el punto de vista de su estilo estructural, en la Sierra de los Órganos se distinguen cabalgaduras con deformaciones internas menos complejas, con relación a la Sierra del Rosario debido a la rigidez del potente banco carbonatado del Jurásico Superior y la ausencia de buenos horizontes lubricantes entre las formaciones San Cayetano y Manacas, lo cual si ocurre en esta última. Según este autor el estudio de los datos litológicos y paleontológicos en descripciones de núcleos de varios pozos en la zona Esperanza, permitió distinguir la presencia de varias unidades típicas del corte de la Sierra del Rosario (Fms. San Cayetano, El Sábalo, Artemisa y Polier), con una similar posición estructural, lo que permite considerar a la zona esperanza como la prolongación occidental de la Sierra del Rosario, (Pszczolkowski, 1999; Cobiella-Reguera, 2000. Por tanto, estructuralmente las capas de la Sierra del Rosario y la zona Esperanza ocupan la misma posición.

II.4 Magmatismo

Teniendo en cuenta el modelo de evolución geológica de Martínez et al. (1991) para explicar el magmatismo del área, se considera que las rocas intrusivas y efusivas presentes en el territorio están representadas por distintas secuencias, que responden a diferentes eventos magmáticos.

-Magmatismo Jurásico Oxfordiano: Con este período están relacionadas las secuencias vulcanógeno-sedimentarias pertenecientes a la Formación El Sábalo que afloran en las unidades septentrionales de la llamada subzona El Rosario (Martínez et al., 1994, en: Cofiño-Arada, 2002).

Conjuntamente con los efusivos basálticos, caracterizan el corte de esta formación numerosos cuerpos subvolcánicos de doleritas, gabrodoleritas y gabros normales, que conforman sills en estrecho vínculo con los depósitos terrígeno-carbonatados. El espesor de los mismos puede variar desde algunos centímetros hasta decenas de metros. En la Sierra del Rosario, Cuba occidental, se encuentra una secuencia Vulcanógena-sedimentaria originada durante el Caloviano-Oxfordiano en el talud de un margen continental divergente (pasivo) Fm. El Sábalo (Cobiella-Reguera, 1996). De igual composición son las mafitas en el Cinturón Cangre y en la zona Esperanza

también en el Occidente de Cuba. Las relaciones geológicas presentadas en el Escambray (Cuba Central), permiten llegar a la conclusión de que durante el Oxfordiano y posiblemente durante el Caloviano existió una penetración en la corteza superior y el derrame sobre el fondo marino de magmas máficos en Cuba Occidental y Central a este evento se vincula los diques de diabasas en los altos de Catoche en el Golfo de México (Cobiella –Reguera, 1996).

Magmatismo Cretácico Inferior - Neocomiano: A este período corresponde la segunda etapa importante del desarrollo del magmatismo en la región occidental, el cual se manifiesta en el área de investigación en forma de pequeños cuerpos subvolcánicos (tipo sill) de diabasas y derrames de lavas basálticas emplazadas concordantemente entre los depósitos carbonatados pertenecientes a la Formación Artemisa de edad Jurásico Superior - Cretácico Inferior Neocomiano (Martínez et al., 1991, en: Cofiño-Arada, 2002). Dichos cuerpos están localizados en la porción centro-oriental de la Sierra del Rosario y posee espesores que no rebasan las decenas de metros.

CAPÍTULO. III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACION

Los sedimentos carbonatados constituyen una herramienta esencial en la reconstrucción de la historia geológica (paleogeográfica) de una cuenca de sedimentación, debido a que sus características reflejan las condiciones existentes en la misma durante su formación. “Los sedimentos carbonatados nacen, no se hacen” (James, 1984, en Mas y Alonso, 1992). Por lo anterior, para la aplicación de la línea de investigación general, en el presente trabajo se definió como objeto de estudio las condiciones paleoambientales de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador, que constituye el miembro inferior de la Formación Artemisa, ubicada en la porción oriental de la Sierra del Rosario, Provincia Artemisa.

Para el estudio petrográfico y sedimentológico de los depósitos del Miembro “El Mirador” del Orquideario Soroa de la Sierra del Rosario, se hizo un levantamiento de los materiales primarios. También se contó con los materiales del tema de investigación “Petrografía y sedimentología de los carbonatos en la Sierra del Rosario”, así como otros documentos facilitados por la Universidad de Pinar del Río y el CEINPET, entre los que se destacan: secciones delgadas, libretas de campo, registros de pozo etc., y de toda la información disponible que permitiera el amarre geográfico y aportara datos complementarios a las muestras estudiadas. Siguiendo el esquema de la (fig.III.1), para la realización de este trabajo de diploma primeramente se hizo búsqueda bibliográfica sobre este tema, posteriormente a este se realizó el trabajo de campo donde se estudió los distintos afloramientos presentes en el área. Las muestras tomadas fueron descritas y analizadas, se tomó fotos de las mismas, y fueron preparadas y enviadas al CEINPET donde se hicieron las secciones delgadas. Estas últimas fueron descritas paleontológicamente por la Lic. Silvia Blanco Bustamante y petrográficamente por el autor del trabajo con la guía de la Dra. Esther María Cruz Gámez del Departamento de Geología de la UPR.

Con la ayuda de las informaciones brindadas por las secciones delgadas, los restos de las muestras cortadas, las fotos de los afloramientos y de las muestras tomadas en el área de investigación se hizo el estudio sedimentológico para caracterizar las condiciones de formación de los sedimentos presentes en el sector.

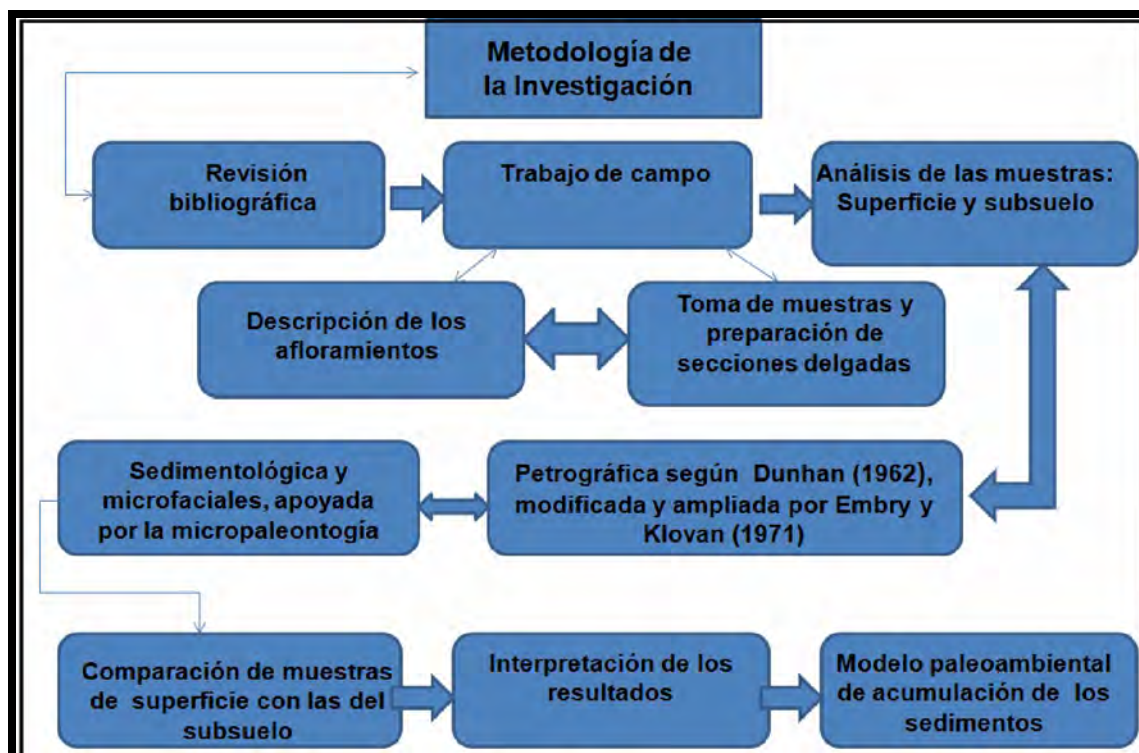


Fig.III.1 Diagrama de flujo de la investigación desarrollada.

III.1 Revisión bibliográfica

Para la realización de este trabajo de diploma se revisó primeramente la bibliografía disponible en la Universidad, sobre la estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental, tales como informes internos y el informe de generalización conocido como Pinar CAME 1991 (Martínez et al., 1991); así como diversas publicaciones, Pszczolkowski (1987,1999); Cobiella-Reguera y Hernández-Escobar (1997); Cobiella-Reguera (1992-1996); Cobiella-Reguera et al. (2000,2008a-b); Saura et al. (2008); Cobiella-Reguera y Óloriz (2009), trabajos de diploma como los de Nuñez-Useche (2008) y Pérez-Machado (2009), entre otros, y algunas bibliografías complementarias del CEINPET. Blanco-Bustamante et al. (2002); Gil-González et al. (2000); Linares, (2003). Desde el punto de vista de temas sobre estratigrafía y sedimentología, se consultaron los siguientes materiales: Estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba Occidental; Contribución a la Geología de Pinar del Río, Cuba Occidental; Microfacies de rocas carbonatas según Wilson (1975); Estratigrafía de paleomargen de América de norte Oxfordiano-Berriasiano, Cuba Occidental;

Clasificación de las calizas, basadas en su textura y estructura deposicional, según Dunham (1962), ampliada y modificada por Embry y Klován (1971).

III.2 Trabajo de Campo en el Orquideario Soroa, Sierra del Rosario

En el trabajo de campo se realizó a partir de un recorrido que se dió en Enero de 2011. Primeramente en la visita al sector de estudio se describieron por vez primera 10 afloramientos, siendo ellos 9 pertenecientes al Miembro El Mirador y uno de la Fm. Sumidero. A partir de este estudio, se obtuvo una primera aproximación a las estructuras presentes en el sector de estudio, se tomaron fotos y muestras para un estudio más detallado. Posteriormente se envió las muestras al CEINPET para la preparación de las secciones delgadas, con la finalidad de realizar análisis, petrográfico, sedimentológico y microfacial.

Ubicación de las muestras estudiadas: La mayoría de las muestras estudiadas fueron tomadas del sector de estudio Orquideario Soroa (fig.III.2), a partir del recorrido realizado en Enero de 2011. Se incluye también en el paquete de muestras, 3 muestras en láminas delgadas que ya se encontraban en el Museo de Geología de trabajos anteriores, tomadas en los alrededores del área de estudio en otra ocasión por Cobiella-Reguera (tabla III.1) y 9 muestras en sección delgada del pozo Cayajabos 3, núcleos 8 y 10, pertenecientes al CEINPET, que fueron nuevamente estudiadas por iniciativa de los especialistas de este centro, a fin de establecer una comparación entre los sedimentos presentes en el Orquideario Soroa y los del subsuelo.

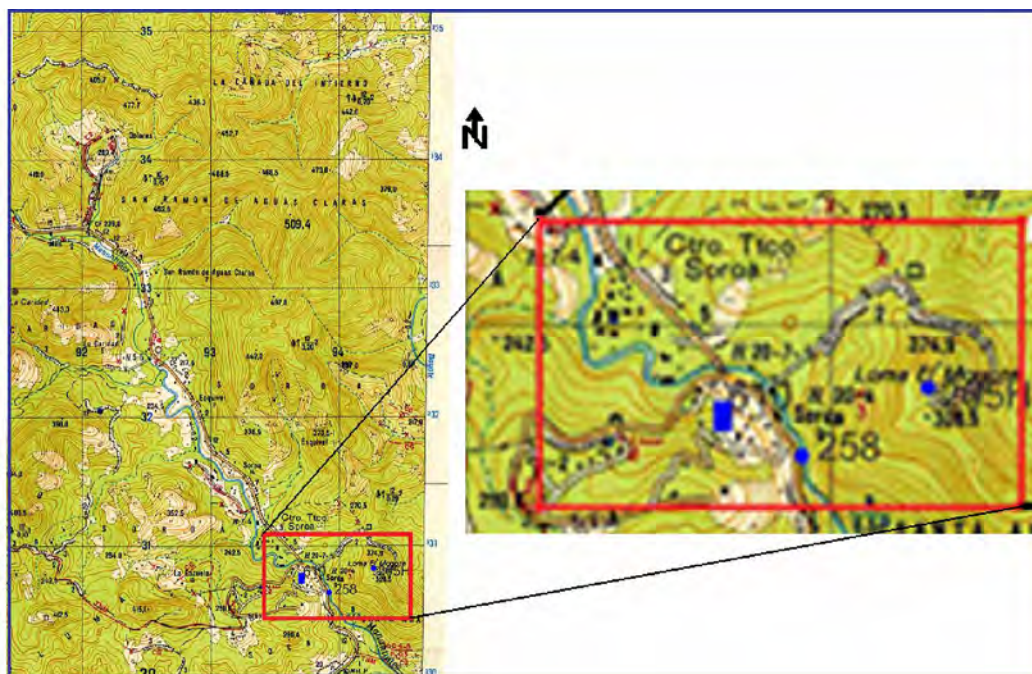


Fig. III.2 Mapa de ubicación del Orquideario de Soroa y las localidades CB-205-H y CB-258 tomado de la hoja cartográfica Soroa del mapa topográfico 1:25000 de la República de Cuba.

Tabla III.1 Muestras de la superficie (Orquideario Soroa)

Localidades	Muestras y Secciones delgadas	Unidad litoestratigráfica	Coordenadas Lambert
Bloque 1	CB-610-1a, 610-1b	Mb.El Mirador	X: 293,650; Y: 330,750
Bloque 2	CB-610-2a, 610-2b	Mb.El Mirador	
Bloque 3	CB-610-3	Mb. El Mirador	
Bloque 4	CB-610-4	Mb. El Mirador	
Bloque 5	CB-610-5a, 610-5b, 610-5c, CB-5d	Mb.El Mirador	
Bloque 7	CB-610-7a	Mb. El Mirador	
Bloque 8	CB-610-8, 610-8a, 610-8c	Mb. El Mirador	
Bloque 9	CB-610-9a, CB-610-9c	Mb. El Mirador	
Bloque 12	CB-610-12a, 610-12b	Mb. El Mirador	
Punto CB-611	CB-611a, 611b	Fm. Sumidero	X: 293,775; Y: 330,850
Punto CB- 258	CB-258-a, 258-2, 258-3	Mb. El Mirador	
Punto CB-205-H	CB-205-H	Mb. El Mirador	X: 294,300; Y: 330,950

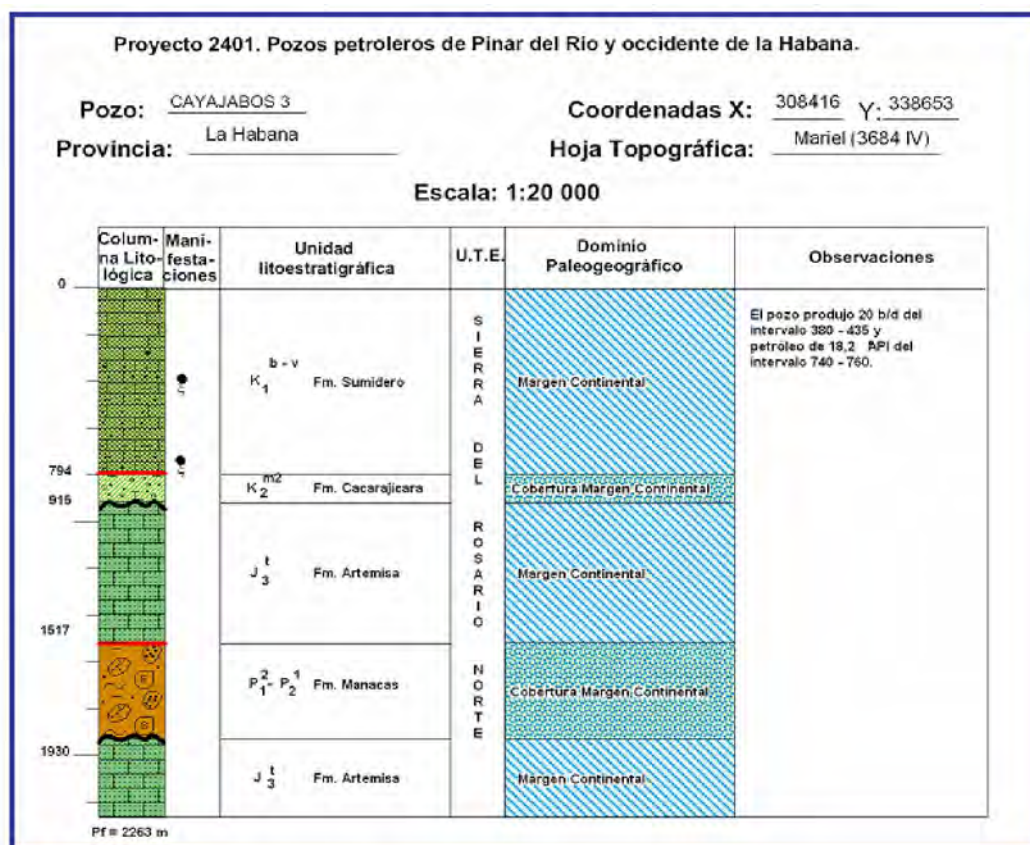


Fig.III.3 Columna litológica del pozo Cayajabos 3, ubicación de las muestras del subsuelo, información tomada de los registros del CEINPET.

En el trabajo se utilizaron también muestras del pozo Cayajabos 3 (Núcleo 8 y 10). Perteneciendo 5 muestras al núcleo 8 con profundidad 1261-1265m, y las otras 4 del núcleo 10, con un intervalo entre 1454-1458m de profundidad (tabla III.2). El pozo está ubicado en las coordenadas X: 308416; Y: 338653 de la hoja topográfica Mariel (3684 IV), como se observa en de la Columna litológica del pozo Cayajabos 3, (fig.III.3).

Tabla III.2 Muestras del Subsuelo (información tomada de los registros del CEINPET.

Núcleo	Muestras	Unidad litoestratigráfica	Coordenadas Lambert	
No. 8	21926A, 21926B 21926C, 21926G 21926J	Fm. Artemisa	X:308416	Y:338653
No.10	21937C, 21937D, 21937F, 21937G	Fm. Artemisa	X:308416	Y:338653

Preparación de las muestras: La preparación de las muestras estuvo basada en la Norma Ramal para la preparación de secciones delgadas de muestras de rocas para su estudio petrográfico y paleontológico, vigente a partir de 1979 hasta la actualidad del departamento de muestrería del CEINPET, donde fueron confeccionadas las secciones delgadas. Se prepararon 21 muestras, siendo 19 pertenecientes al Miembro El Mirador, y 2 de la Formación Sumidero. A estas se añadieron 3 secciones ya existentes del año 1994 por un estudio realizado por Cobiella-Reguera en el sector, y 9 secciones del CEINPET, pertenecientes al pozo Cayajabos 3, núcleos (8 y 10), por iniciativa de los especialistas de este centro.

III.3 Análisis petrográfico, sedimentológico y microfacial de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador.

Para el estudio petrográfico se realizó la descripción de todas las muestras (33), siendo (22) del Miembro El Mirador; (2) de la Formación Sumidero y (9) muestras del subsuelo del pozo Cayajabos 3, proporcionadas para el presente trabajo por el CEINPET (ver anexos 1 y 2), que fueron analizadas por el autor bajo el microscopio.

Las secciones delgadas fueron estudiadas en el microscopio óptico Novel del laboratorio de petrografía de la Universidad de Pinar del Río. Para realizar las descripciones petrográficas de las rocas carbonatadas se tuvo en cuenta la clasificación de Dunham (1962), modificada y ampliada por Embry y Klovan (1971) (fig.III.4).

Allochthonous Limestone Original components not organically bound during deposition						Autochthonous Limestone Original components organically bound during deposition		
Less than 10% >2 mm components				Greater than 10% >2 mm components		By organisms that build a rigid framework	By organisms that encrust and bind	By organisms that act as baffles
Contains lime mud (<0.03 mm)		No lime mud	Matrix-supported	Supported by grain components coarser than 2 mm				
Mud-supported		Grain-supported						
Less than 10% grains (>0.03 mm <2 mm)	Greater than 10% grains							
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Framestone	Bindstone	Bafflestone

Fig.III.4 Clasificación de las calizas, basadas en textura deposicional, según Dunhan (1962); modificada y ampliada por Embry y Klovan (1971).

Como herramienta para el estudio de la sedimentología y microfacies de las muestras del Mirador Soroa, se contó con datos micropaleontológicos de las muestras estudiadas por la Lic. Silvia Blanco Bustamante, del CEINPET, basándose en la clasificación sistemática de Furrazola-Bermúdez y Kreisel (1973) para calpionélidos y Borza (1969) para los cadosínidos, principales grupos empleados en este caso.

El análisis sedimentológico de las muestras estudiadas está basado en las descripciones preliminares de los afloramientos, la interpretación de las fotos tomada de los mismos, la descripción megascópica de las muestras y su análisis bajo el microscopio. La clasificación de las microfacies se ha realizado a partir del modelo de microfacies estándar de Wilson (1975) (fig.III.5). Este modelo define 9 facies en un perfil de plataforma con un margen y pendiente ligera.

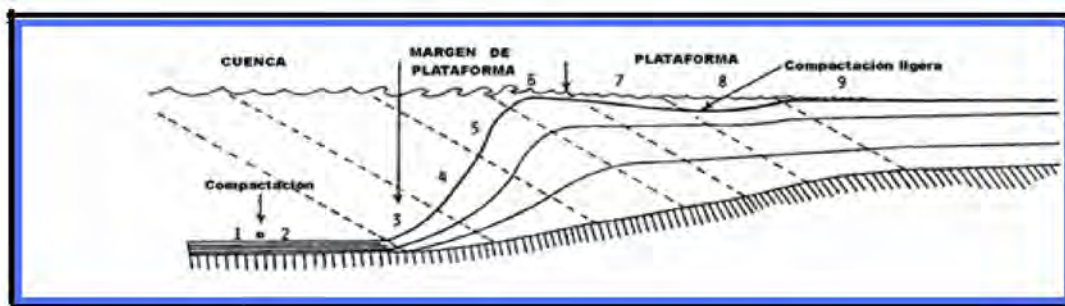


Fig.III.5 Modelo Cinturón facial, propuesto por Wilson (1975), con los 9 cinturones faciales.

Se realizó una comparación de los carbonatos del Miembro El Mirador en muestras de superficie con las muestras del subsuelo, pozo Cayajabos 3. La información de datos de superficie se organizó en forma de tabla con las siguientes características: número de muestra, unidad litoestratigráfica y descripción. En los análisis sedimentológicos microfaciales: descripción megascópica, sedimentológica, y las microfacies correspondientes. La información de subsuelo se procesó de la misma manera, pero sin contar con la descripción megascópica y añadiendo los datos de intervalos de profundidad. A partir de esto, y contando con la información bioestratigráfica, se realizó la comparación de los sedimentos carbonatados de superficie con los de subsuelo.

III.4 Interpretación de los resultados, modelo paleoambiental de acumulación de los sedimentos.

Se interpretaran los datos, a partir de la descripción de los afloramientos, las fotos tomadas tanto de las rocas de mano como las de los afloramientos, los restos fósiles presentes y su edad, la descripción microscópica, sedimentológica-microfacial y la caracterización petrográfica de las rocas para definir las facies y las microfacies estándar presentes en los depósitos del Miembro El Mirador y las muestras del pozo Cayajabos 3.

La interpretación paleoambiental general de las muestras se efectuó en base a la integración de toda la información disponible: descripción de los afloramientos, interpretación de las fotos tomadas, descripción sedimentológica megascópica de las rocas, clasificación petrográfica; microfacies y datos bioestratigráficos. Los resultados están expresados en tablas, gráficos, figuras, fotos, etc.

CAPÍTULO. IV. PETROGRAFÍA, SEDIMENTOLOGÍA Y MICROFACIES DEL MIEMBRO EL MIRADOR

En este capítulo se muestra la información obtenida por el autor y su progresivo procesamiento, desde el trabajo de campo, hasta los estudios microscópicos.

IV.1 Descripción de los afloramientos del Miembro El Mirador en el Orquideario Soroa, Sierra del Rosario.

El trabajo de campo en el Orquideario Soroa, consistió en un estudio y muestreo que se hizo en el mes de enero de 2011, donde se visitaron los afloramientos presentes en el sector. En total se estudiaron 10 afloramientos que fueron descritos y fotografiados. Se hizo la toma de muestras para el estudio petrográfico y sedimentológico de los depósitos de las Formaciones Artemisa y Sumidero. La figura IV.1 es un plano esquemático del Orquideario de Soroa que recoge la ubicación de los puntos estudiados. Se ofrece a continuación una breve información de cada punto visitado.

La figura IV.2 es un mapa geológico esquemático del entorno del Orquideario, realizado previamente por Jorge L. Cobiella Reguera.

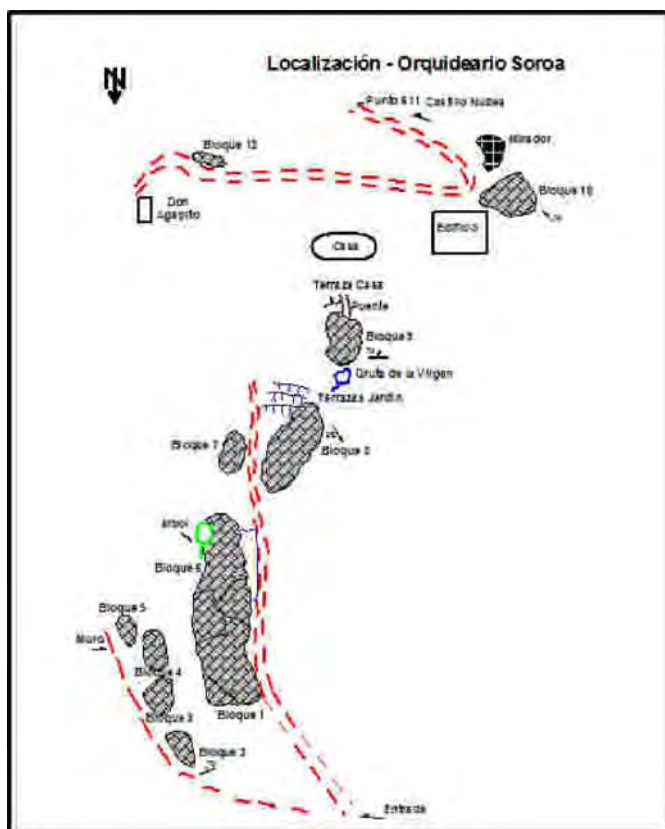


Fig.IV.1 Plano esquemático del Orquideario de Soroa, recoge la ubicación de los puntos estudiados.

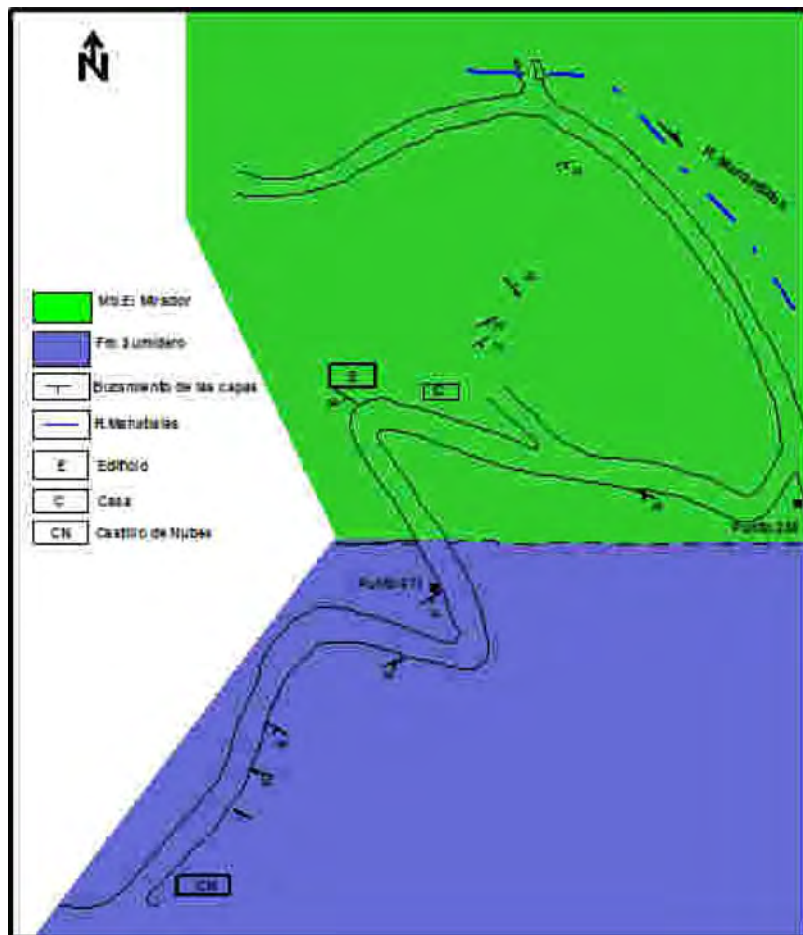


Fig. IV.2 Mapa geológico del Orquideario Soroa y su entorno, Sierra del Rosario.

Bloque 1: Peñasco donde aparecen en su parte inferior rocas generalmente masivas o con estratificación poco visible (definida). En este afloramiento se tomaron dos muestras (CB-610-1a y CB-610-1b); ambas se tratan de una brecha con fragmentos o clastos mayores de 4mm de diámetro aproximadamente, con una matriz arenosa. *Nota.* Como se verá posteriormente, estos depósitos parecen ser más jóvenes que las rocas del Miembro El Mirador y se vinculan con un evento cársico, posiblemente de edad pre-Cuaternario.

Bloque 2: Se trata de un peñasco constituido litológicamente por dos partes. En la porción inferior aparecen rocas masivas con espesor visible de unos 2-3 metros y, sobre ellas, rocas estratificadas en capas de 20-30 cm de espesor con laminación interna (fig.IV.3). Se han tomado dos muestras CB-610-2a y CB-610-2b, siendo una de la parte masiva y la otra de la estratificada y laminada. Para descripción megascópica de las muestras (Ver anexo 3).



Fig.IV.3 Bloque CB-610-2, se observan calizas masivas y estratificadas.



Fig.IV.4 Bloque CB-610-2, parte estratificada.

Bloque 3: Bloque de unos 5 m de diámetro, constituido por rocas masivas, localmente laminadas (fig.IV.5). Se tomó la muestra CB-610-3. Se trata de una roca de color gris carne, de grano fino – medio, recrystalizada, cortada por vetas blancas y algunas cavidades de disolución (Ver anexo 3).



Fig.IV.5 Bloque CB-610-3, se observa rocas masivas, escasos rasgos de laminación.

Bloque 4: Peñasco constituido por rocas masivas y estratificadas de color gris y crema, presentando alguna laminación discontinua con el mismo color en la parte estratificada. Presencia de bitumen en trazas. Este afloramiento tiene una laminación semejante a la registrada en el bloque 2 (fig.IV.6). Se tomó la muestra CB-610-4. Se trata de una roca de color gris-carne, sin evidencia de estratificación en la superficie fresca pero sí en la superficie meteorizada (Ver anexo 3).

Bloque 5: Se observa una alternancia de la litología estratificada y masiva con transición entre ellas, sugiriendo características de una sedimentación cíclica (fig.IV.7). Se tomaron 4 muestras (CB-610-5a, 610-5b, 610-5c, 610-5d) (Ver anexo 3).



Fig.IV.6 Bloque CB-610-4, parte masiva y estratificada. Se observa una laminación fina (rojo).



Fig.IV.7 Bloque CB-610-5, parte laminada (rojo), y parte masiva.

Bloque 7: Peñasco. En la parte baja aparecen rocas generalmente masivas (grainstone) de color gris - violáceo. Se observa una alternancia de zonas estratificadas y otras masivas (fig.IV.8), Se tomó la muestra CB-610-7a, donde se evidencian algunas laminaciones. De acuerdo al esquema del afloramiento, las capas yacen, muy verticales. Se obtiene la impresión de una alternancia cíclica de litologías. Es posible que este peñasco no esté *in situ*, dada su diferencia en yacencia con el entorno. La descripción de la roca se encuentra al final del trabajo (Ver anexo 3).

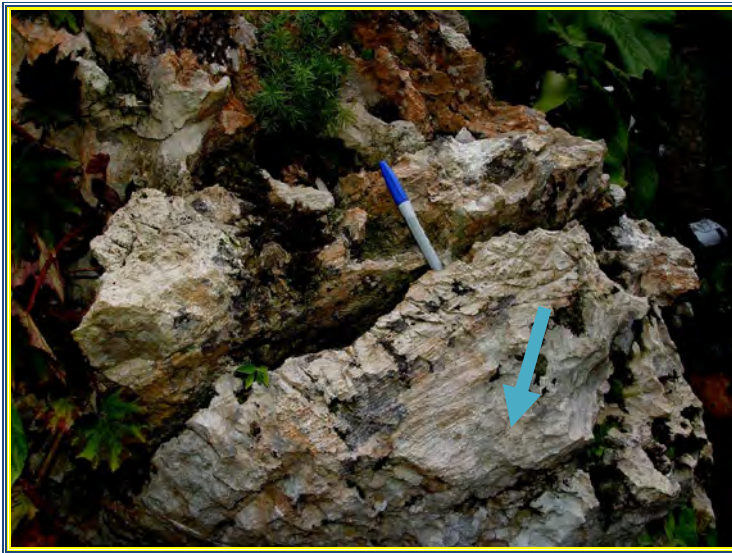


Fig.IV.8 Bloque CB-610-7, calizas masivas y laminadas (azul).

Bloque 8: Se trata de un gran bloque con diferentes características en distintas partes del mismo. En la porción ubicada frente al bloque 7, en la parte baja aparecen rocas generalmente masivas sobreyacidas por un pequeño espesor finamente laminado (fig.IV.9). Se hizo la toma de muestra CB-610-8a. La descripción de la roca correspondiente se encuentra en anexo 3.

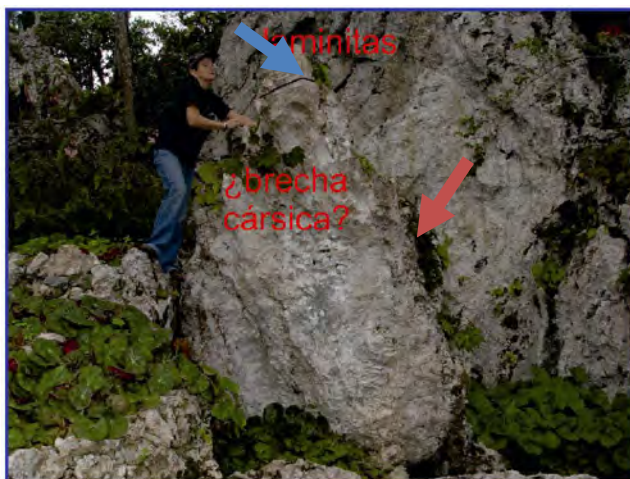


Fig.IV.9 Bloque CB-610-8, parte finamente laminada (azul), y la parte inferior del bloque parte masiva (rojo), posiblemente una brecha cársica del pre-Cuaternario.

Nota: Como se verá posteriormente, la porción masiva de estos depósitos parece ser más joven que las rocas del Miembro El Mirador y se vincula con un evento cársico, posiblemente pre-Cuaternario.

La porción meridional del bloque 8 está compuesta por rocas bien estratificadas (fig.IV.10), donde se hizo la toma de muestra CB-610-8c. En algunas capas se observa una laminación interna con ángulos de 15-20° en las rocas. Las rocas están descritas en la tabla (Ver anexo 3).



Fig.IV.10 Bloque parte Sur del CB-610-8, calizas laminadas, con laminaciones en distintas direcciones con respecto al plano de estratificación. Línea roja plano de estratificación (negro), líneas discontinuas distintas laminaciones presentes.

Bloque 9: Bloque situado en la parte inferior de la terraza. Se evidencian rocas masivas intercaladas o alternadas con secuencias con estratificación inclinada en varias direcciones (fig.IV.11). Se tomaron las muestras CB-610-9a, CB-610-9b y CB-9c. La descripción de estas rocas está en el anexo 3.



Fig.IV.11 Bloque CB-610-9, rocas masivas con distintas estratificaciones con respecto al plano de estratificación (ejemplo de estratificación cruzada). La línea roja es el plano de estratificación, las líneas negras distintas estratificaciones presentes.

Bloque 12: Rocas que parecen estar en la parte superior del Miembro El Mirador. Las capas buzcan abruptamente hacia el sur. Más arriba en el afloramiento se observan calizas brechosas y estratificadas. En la superficie meteorizada se manifiesta la micromorfología de diente de perro (fig.IV.12). Se tomaron 2 muestras, una de la parte brechosa, y la otra de la parte estratificada (CB-610-12a y 610-12b), descritas en la tabla (anexo 3).



Fig.IV.12 Bloque CB-610-12, caliza recrystalizada con distintas cavidades de disolución, en la superficie meteorizada se manifiesta la morfología de diente de perro (rojo).

Adicionalmente a las muestras tomadas en el recorrido de Enero 2011, se utilizaron las muestras de las siguientes localidades:

CB-205-H calizas estratificadas, laminadas (laminación cruzada centimétrica) situadas en el camino a El Mirador, unos 200m antes de la cima (fig.IV.13). Parecen yacer sobre los basaltos, con intercalaciones de calizas de la Formación El Sábalo. La descripción megascópica de estas rocas se encuentra en tabla (anexo 3).

CB-258 Rocas carbonatadas bien estratificadas, laminadas. Localidad situada en la carretera Candelaria-Soróa, inmediatamente al sur del entronque con el camino al Orquideario.



Fig.IV.13 Localidad CB-205-H, calizas laminadas tanto en la superficie meteorizada como en la fresca.

Punto 611: Se trata de un afloramiento perteneciente a la Formación Sumidero, inmediatamente al Sur del Orquideario Soroa. Se observan calizas estratificadas, de color gris con intercalaciones de pedernales, en un pequeño afloramiento a lo largo del camino (fig.IV.14). Se hizo la toma de 2 muestras (610-11a y 610-11b), que están descritas en la tabla (Ver anexo 3).



Fig.IV.14 Localidad CB-611, calizas estratificadas (rojo), con intercalaciones de pedernales

IV.2 Petrografía de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador

Un aspecto fundamental en la caracterización del Miembro El Mirador es el estudio petrográfico de las rocas carbonatadas, pues existe una íntima relación litología/ambiente de sedimentación.

En esta investigación, se realizó una descripción de 24 muestras de superficie (Ver anexo 1) y 9 muestras del subsuelo del pozo Cayajabos 3 (Núcleo 8 y 10) (Ver anexo 2). Se empleó la clasificación de las calizas, basadas en su textura deposicional de Dunham (1962), modificada y ampliada por Embry y Klován

(1971) (fig.III.4). Lo que permitió llegar a enriquecer los resultados de la investigación, describiendo y con mayor detalle el Miembro El Mirador.

Muestras del área Orquideario Soroa.

De acuerdo al orden de abundancia, los tipos de rocas que fueron descritas en los análisis petrográficas son: mudstone (representando un 57% del total de muestras), wackestone (19%), caliza recristalizada (19%), grainstone (5%), como se observa en (fig.IV.15).



Fig. IV.15 Gráfico de abundancia de la litología para muestras de superficie.

Mudstone: Es la variedad más abundante según orden de abundancia. Se presenta por lo general dolomitizado y posteriormente recristalizado. Este tipo de roca contiene la calcita fundamentalmente micrítica (fango calcáreo), y vetillas en diferentes direcciones de (0.2-0.5mm) de diámetro. La dolomitización es de distinta granulometría, pues se observa cristales esparíticos de dolomita de diferentes tamaños constituyendo un 5 - 15 % de las secciones. En partes se observan los rasgos de la roca primaria. Hay una transición de un material micrítico a esparítico provocando un bandeamiento que se acentúa con las texturas estilolíticas horizontales y por la variación de la granulometría. Los estilolitos son muy frecuentes, rellenos de materia orgánica e hidróxido de hierro, igualmente se evidencia también algunas suturas y pequeños agregados rellenos de este mismo material. En algunas secciones (CB-610-9c,

CB-610-12b), la roca primaria ha sufrido una cierta recristalización, enmascarando así algunos rasgos primarios de la roca. Los componentes fósiles son escasos en esta variedad (Ver anexo 1).

Wackestone: Se observa un proceso de dolomitización no equidimensional (CB-610-5b), cristales de dolomita de 0.5-3mm de diámetro con algunas vetillas estrechas y alargadas. En la muestra (CB-205-H) wackestone fosilífero, se transicionan bandas algunas con fósiles y otras no, este comportamiento posiblemente esté vinculado con el fenómeno de bioturbación. Los estilolitos también son característicos, en ocasiones la mayoría se encuentran en igual dirección, mostrando una dirección preferencial, quizás vinculado a planos de estratificación. La mayoría de estos se encuentran rellenos de materia orgánica, lo que también se aprecia en las suturas y en pequeños agregados. Se presentan además algunos sistemas de vetillas paralelas y perpendiculares a los estilolitos con 0.5-1.5mm de espesor (Ver anexo 1).

Caliza recristalizada: Son rocas que han perdido sus rasgos primarios. Están presentes las calizas recristalizada parcialmente dolomitizada (CB-610-2b; CB-610-3), donde se evidencia la presencia de cristales esparíticos, bien definidos tanto de calcita como de dolomita de 0.2-1.5mm de diámetro de diferentes tonalidades y granulometría. Predomina en las secciones un bandeamiento que esta dado por la variación de la granulometría y por la presencia de texturas estilolíticas y pequeñas suturas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro (CB-610-8a; CB-610-8c). Muy esporádicamente se observa algunos cristallitos pequeños de cuarzo de (0.5mm) de diámetro calcita formando bandas entre dolomitas y en vetillas micrítica-esparítica en diferentes direcciones. Hay presencia de vetillas que están paralelas y perpendiculares a las texturas estilolíticas, escasos moldes fosilíferos recristalizados, quizás sean de las algas verdi-azules (Ver anexo 1).

Grainstone-dolomita: Esta es la variedad litológica menos presente en las muestras analizadas representa solo el (4%) de ellas .Por lo general presentan más de un 70% de cristales esparíticos de dolomita (0.2-2mm) de diámetro (CB-610-4), calcita esparítica con escasos moldes recristalizados. Predomina un bandeamiento dado por la diferencia granulométrica de los cristales,

abundante materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas y suturas de la roca, acompañados de numerosas vetillas finas y alargadas de calcita (Ver anexo 1).

Una variedad litológica que se observó en el orquideario Soroa, fue roca tipo Floaststone: Que se supone que sean depósitos cársicos formados mucho después de las rocas del Miembro El Mirador. Constituye la cuarta variedad litológica presente en las rocas (CB-610-1a, 1b y 610-8), con abundantes fragmentos o clastos grandes, tanto de calcita como de dolomita (1-5mm) de diámetro, en la sección (CB-610-1a), abundan los wackestone dolomitizado, y clastos esparíticos. En ocasiones estas muestras tiene aspecto de una brecha, soportada por un material carbonatado esparítico fino, con predominio de una recristalización seleccionada, en partes más finas de color ocre y en otras más gruesas de color gris con cierto grado de brechamiento o sea se delimitan zonas más gruesas de las más finas. Por sus componentes y rasgos textuales se presupone que sean de origen cársico. Estas rocas parecen haber originado en un evento muy posterior a la sedimentación del Miembro El Mirador (Ver V Capítulo de los Resultados).

Muestras del pozo Cayajabos 3

De acuerdo al orden de abundancia, los tipos de rocas según la clasificación de Dunhan (1962) modificada y ampliada por Embry y Klovan (1971), que fueron descritas en los análisis petrográficas son: mudstone (representando un 89% del total de muestras), wackestone (11%), como se muestra en la (fig.IV.16). Estas muestras o secciones del pozo fueron analizadas a sugerencia de los especialistas del CEINPET con el objetivo de hacer una comparación entre los sedimentos presentes en el orquideario Soroa (superficie), con los del subsuelo, buscando rasgos de semejanza entre los mismos.



Fig.IV.16 Gráfico de la abundancia litológica para las muestras del pozo Cayajabos 3

Mudstone: Constituye el 89% de la litología presente en las secciones estudiadas, por lo general aparecen ligeramente recrystalizadas, arcillosas, parcialmente recrystalizado, se aprecia una calcita micrítica-esparítica fina en ocasiones gruesa, con bandeamiento acentuado por la texturas estilolíticas y pequeñas suturas rellenas de hidrocarburo (HC) (21926A; 21926B; 21926G). En otras se distinguen dos zonas, una más clara de una calcita micrítica y otra más oscura esparítica con texturas estilolíticas (21926-J; 21937-F). Algunas secciones se presentan laminadas donde estas laminaciones están marcadas por texturas estilolíticas, con abundancia de estilolitos (21937-D); se aprecian en estas secciones abundantes (HC), en texturas estilolíticas, suturas y en pequeños agregados, con algunas vetillas de calcita en distintas direcciones. Una parte de estas muestras (21937-D; 21937-F; 21937-G); presentan contenido fósiles (*Didemnoidea moreti*), en otras se aprecian escasos moldes muy recrystalizados y algunas porciones sumamente impregnadas de HC (Ver anexo 2).

Wackestone: Constituye el 11% de la litología presente en las secciones estudiadas. Roca finamente recrystalizada un poco arcillosa. Es común transiciones de una zona con una calcita esparítica muy impregnada a una con un 20% de un material litoclástico. La muestra 21937-C posee una coloración debido a las impregnaciones que están presentes en texturas estilolíticas,

pequeñas suturas, se evidencia algunas vetillas de calcita esparítica en varias direcciones. Presencia y restos fósiles en un 30% *Globochaete alpina* (Ver anexo 2).

Lámina 1 de fotos de las secciones delgadas

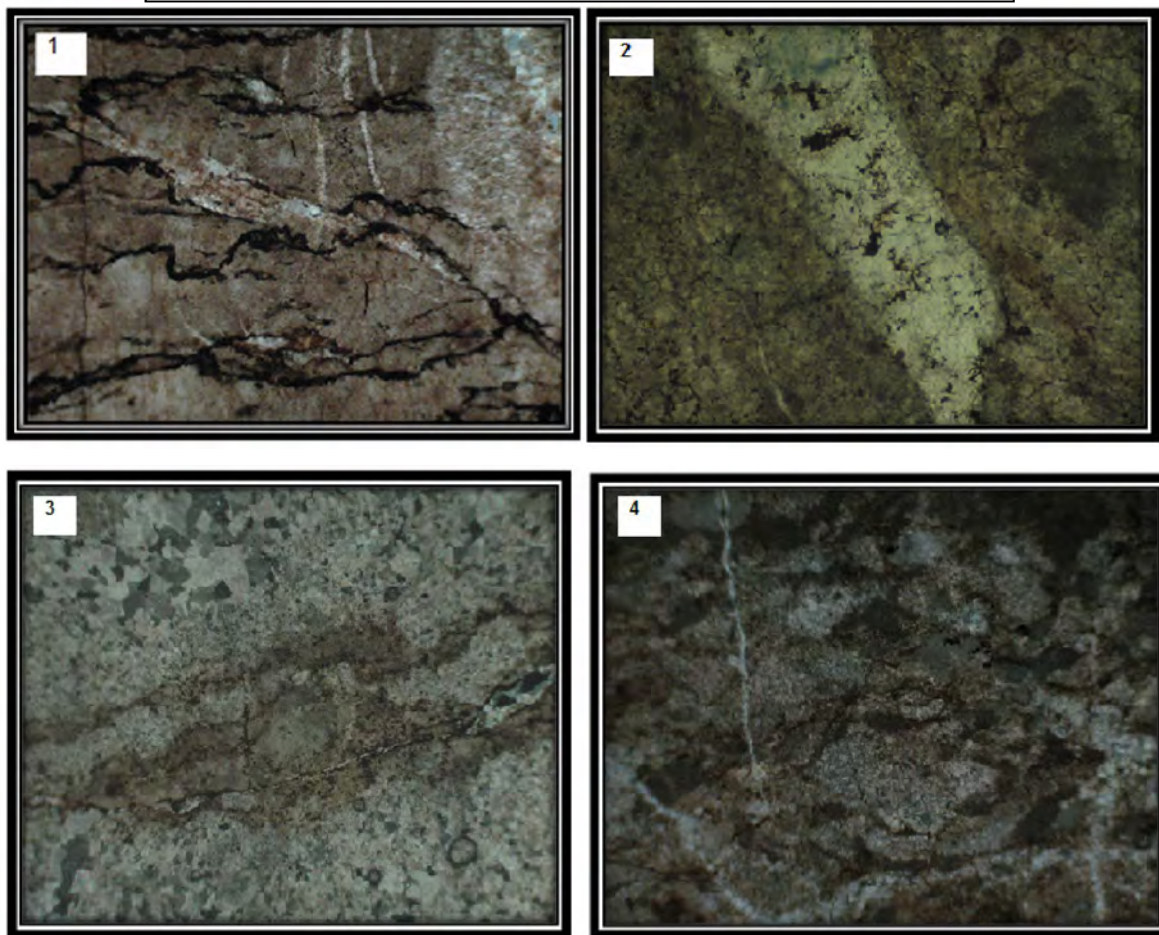


Foto 1. Muestra 21926A: mudstone arcilloso, con bandeamiento dado por estilolitos (laminación), con restos de HC. Objetivo 4X, con polarizador. **Foto 2. Muestra CB-610-5b:** wackestone, roca con amplio desarrollo de la recrystalización. Objetivo 4X sin polarizador. **Foto 3. Muestra CB-610-9a:** mudstone recrystalizado, presencia de restos de algas verdi-azules, estilolitos y recrystalización avanzada. Objetivo 4X con polarizador. **Foto 4. Muestra CB- 610-5c:** wackestone dolomitizado, se observa recrystalización pero por parches en partes micríticas oscuras, con algunas vetillas de calcita. Objetivo 4X, sin polarizador.

Continuación Lámina 1 de fotos de secciones delgadas

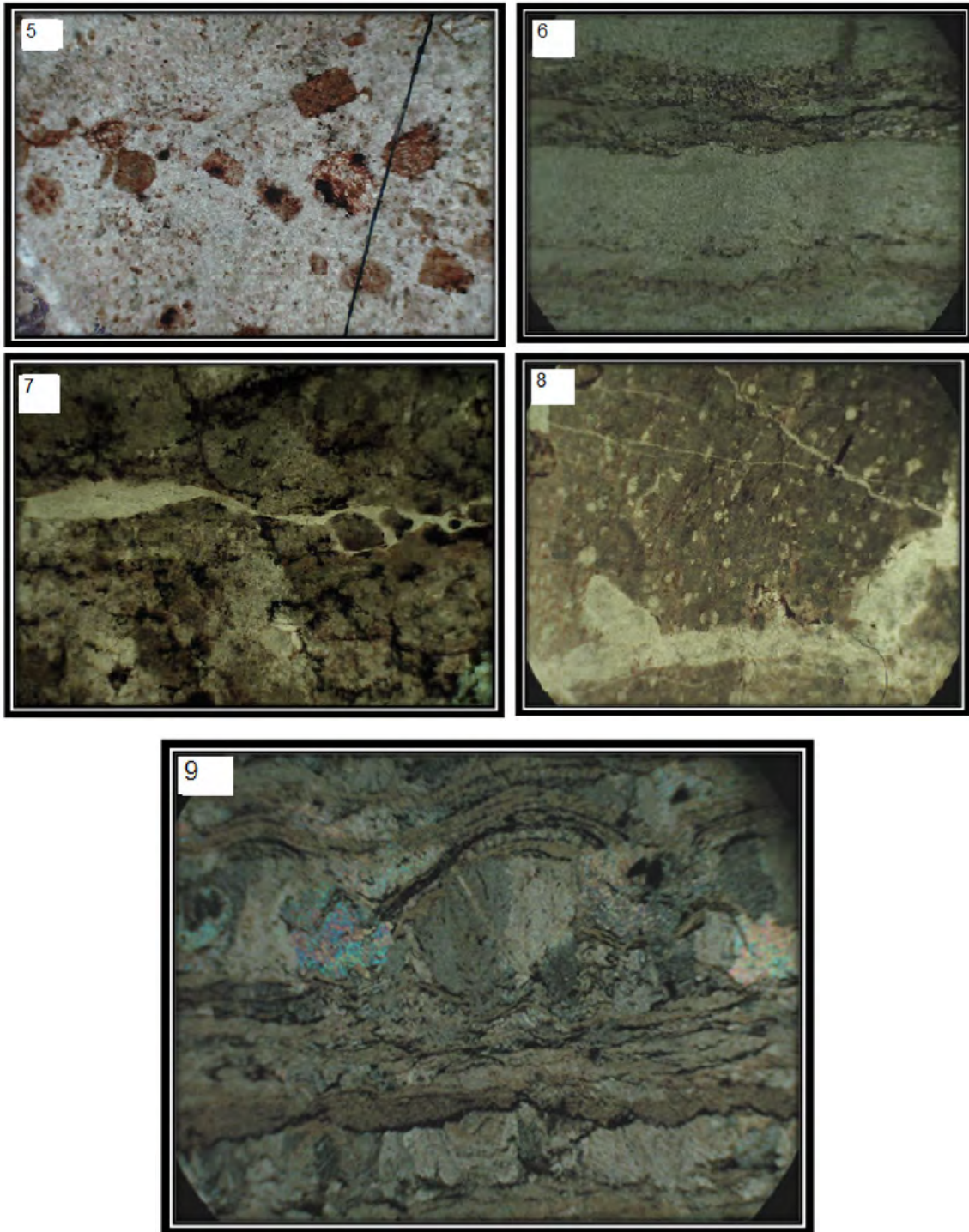


Foto.5 Muestra CB-205-H: wackestone fosilífero, se evidencia abundancia fósil restos de *Favreina salevensis*. Objetivo 4X, con polarizador. **Foto.6** Muestra CB 258-2: mudstone calcáreo, se observa laminación vinculada con los estilolitos, hay restos de algas en las partes micríticas. Objetivo 4X, sin polarizador. **Foto.7** Muestra CB-610-12a: mudstone calcáreo recrystalizado, roca recrystalizada con grietas, cavidades que permiten la circulación del fluido. Objetivo 4X, con polarizador. **Foto.8** Muestra CB-611b: wackestone fosilífero, roca con restos de radiolarios de la Fm. Sumidero. Objetivo 4x, con polarizador. **Foto. Muestra 9-21926-J**: mudstone parcialmente recrystalizado, con bandeamiento de calcita micrita- esparita, estructuras estromatolíticas con restos de algas. Estilolitos rellenos de HC.

- 1- Las notas del campo, y el estudio en detalle de las fotos tomadas en los distintos afloramientos y su interpretación.
- 2- Descripciones en detalle de las muestras tomadas así como sus fotos.
- 3- Estudio de las secciones delgadas bajo el microscópico óptico Novel del laboratorio de Petrología del Departamento de Geología.

La interpretación conjunta de todos estos materiales se empleó para determinar las condiciones de sedimentación y microfacies de las rocas estudiadas. Todos estos datos están recogidos en diversas tablas y fotos tanto de muestras, como de secciones delgadas.

En los estudios paleoambientales tienen una gran importancia la determinación de los ambientes sedimentarios a partir de la información suministrada principalmente por las secciones delgadas. La clasificación microfacial se realizó teniendo en cuenta las facies, litología, color de los sedimentos, tipo de granulometría, textura y estructura sedimentaria, estratificación, material terrígeno-fragmentario (mezclados e intercalados) y la fauna presente en cada roca.

En este campo tienen una gran importancia el esquema de clasificación de microfacies estándar propuesto por Wilson (1975). A continuación se da un bosquejo general de dicho modelo. Según el modelo propuesto, se definen 9 cinturones faciales como se observa en la (fig.III.5). Cada uno de ellos está formado por unidades ambientales menores, las microfacies. De acuerdo al esquema representado es posible apreciar los cinturones faciales estándar de Wilson (1975). A su vez, cada uno de estos cinturones cuenta con microfacies estándar características, sumando un total de 24, como se observa en la tabla IV.1. Las características principales de las microfacies descritas en el anexo 5, y las características de los cinturones faciales de Wilson, están descritas en la tabla anexo 6. A continuación se hará una breve descripción de los resultados obtenidos a partir de los estudios realizados tanto en el campo como en el laboratorio, los cuales están ampliados en las tablas anexos.

Tabla IV.1 Cinturones faciales, sus facies y microfacies correspondientes, según Wilson (1975)

Cinturón facial	Facies correspondiente	Tipos de microfacies estándar
1	Facies de cuenca	1, 2 y 3
2	Facies de plataforma	2, 8, 9 y 10
3	Facies de margen continental	2, 3 y 4
4	Facies de pendiente frontal de la plataforma carbonatada	4, 5 y 6
5	Facies de arrecifes de margen de plataforma (construcción orgánica)	7, 11 y 12
6	Facies de arenas de barrera arenosa de borde de plataforma	11, 12, 13, 14 y 15
7	Facies marina de plataforma abierta	8, 9, 10, 16, 17 y 18
8	Facies de plataforma de circulación restringida	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 24
9	Facies de plataforma evaporítica	20 y 23

IV.3.1 Rasgos sedimentológicos de las muestras del Miembro El Mirador en Soroa.

En el estudio microfacial de los sedimentos presentes en el Orquideario Soroa, han permitido ubicar las rocas, de acuerdo al Modelo de Wilson (1975) (fig.III.5), en el cinturón facial 8.

El cinturón facial 8 de acuerdo al mismo esquema corresponde a facies de plataforma de circulación restringida: Incluye la mayor parte de los sedimentos finos en lagunas muy someras y los sedimentos gruesos en canales de marea y playas locales. Todo el complejo corresponde al ambiente de planicies de mareas. Las condiciones son extremadamente variables y constituye un ambiente muy difícil para los organismos. Llegan a presentar aguas dulces, salinas e hipersalinas, con exposiciones subaéreas frecuentes y con condiciones reductoras y oxidantes; existe abundante vegetación tanto marina

como de pantano. Los terrígenos de origen eólico pueden llegar a representar una porción importante en los depósitos.

En el estudio las secciones delgadas de superficie, se aprecia, en los casos en que se pudo identificar la microfacies, aquellas son las microfacies 19, 20 y 21, con mudstone recristalizado, parcialmente dolomitizado y wackestone fosilífero, con una matriz micrítica-esparítica fina a gruesa, restos de algas verdi-azules, pellets, *Favreina salevensis*, *Globochaete alpina*, *Cadosina fusca*.

La microfacies 19 (muestras CB-610-5d, CB-610-8c, CB-610-9c, CB-205-H), está compuesta por mudstone recristalizado parcialmente dolomitizado, con bandeamientos dados por la variación de la granulometría y por las texturas estilolíticas presentes, rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro. Algunos escasos moldes muy recristalizados, algas verdi-azules (Ver lámina 3, foto 11), también se evidencia wackestone fosilífero (CB-205-H), con bandas de transición de material fósil y otras no. Abundante presencia de *Favreina salevilensis*, *Cadosina fusca*, algunas formas peléticas en una matriz micrítica de color claro, con láminas separadas por texturas estilolíticas con materia orgánica (Ver anexo 3).

La microfacies 20 se registra en las muestras (CB-610-2a, 610-5c, 610-8a, 610-9a), caracterizadas por rocas finamente laminadas, con bandas alternas esparíticas intercaladas con rocas micríticas muy finas, con restos de algas verdi-azules, texturas estilolíticas rellenas de HC, paralelas a las vetillas estrechas y alargadas rellenas de calcita (Ver lámina 3, foto 12 y anexo 3).

La microfacies 21(258-3) está compuesta por mudstone recristalizado parcialmente dolomitizado, la roca conserva aún algunos restos de algas que le dan un aparente aspecto brechoso. Posee cristales de calcita micrítica y esparítica y de dolomitas bien desarrolladas, abundante materia orgánica en suturas y pequeños agregados (Ver lámina 3, foto 13 y anexo 3).

Lámina 2. Fotos de las muestras aserradas

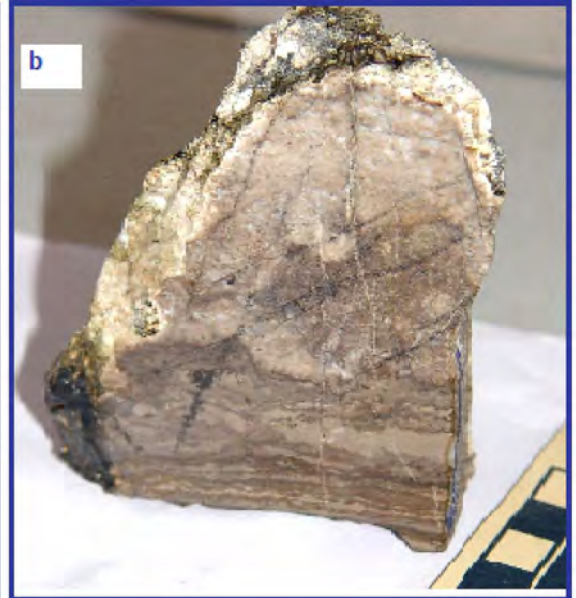


Foto a. Muestra CB-610-2b: Roca carbonatada con intervalos de laminación relativamente conservados. En la parte central bioturbación. **Foto b. Muestra CB-610-2a pequeña:** Roca constituida por laminaciones micrítica-esparítica en la parte inferior, la parte central-superior masiva con un material esparítico fino. **Foto c. Muestra CB-610-2a grande:** Roca formada finamente por láminas y capas blancas y oscuras, algunas con pequeñas ondulaciones. **Foto d. Muestra CB-610-3:** Roca cortada por vetas, y algunas cavidades de disolución, con restos de algas en las áreas micríticas.

Continuación Lámina 2. Fotos de muestras aserradas



Foto e. Muestra CB-610-4: Roca muy recristalizada, sin evidencia de estratificación, con ciertas laminaciones oscuras en algunas áreas. **Foto f. Muestra CB-610-5a:** Roca muy recristalizada con numerosas grietas, algunas de ellas con trazos de HC. **Foto g. Muestra CB-610-5b:** Roca con avanzado proceso de recristalización, con laminación ondulada y posible manifestación de bioturbación en las áreas no laminada. **Foto h. Muestra CB-610-7a:** Roca recristalizada compuesta por cristales esparíticos finos con impregnaciones de hidrocarburo.

Continuación Lámina 2. Fotos de muestras aserradas

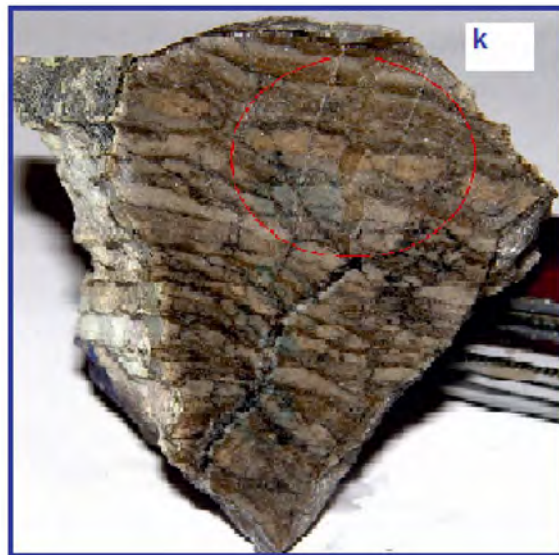


Foto i. Muestra CB-610-8a: Roca laminada milimétricamente. Parte de la misma destruida por la bioturbación. Foto j. Muestra CB-610-5d: Roca compuesta por un material oscuro donde parece abundar los pellets, aspecto brechoso. En la superficie de corte presenta algunos fragmentos de hasta 1cm, algunos de estos blancos de forma irregular. Foto k. Muestra CB-610-9c: Roca laminada con capillas blancas alternándose con otras oscuras arenosas. Se observa una pequeña grieta rellena de sedimentos arenosos del mismo material de las partes oscuras, algunas laminaciones micrítica – esparíticas y estilolitos. Foto L. Muestra CB-610-12b: Roca recrystalizada con pequeñas cavidades de disolución y restos de HC, presenta una distribución micrítica-esparítica que en ocasiones le da un aspecto brechoso.

IV.3.2 Rasgos sedimentológicos de las muestras del Miembro El Mirador en núcleos del pozo Cayajabos 3.

En el caso de las muestras del pozo Cayajabos, los estudios realizados han permitido ubicar distintas muestras en los Cinturones faciales 7 y 8.

Facies marina de plataforma abierta: Este ambiente se localiza en estrechos, lagunas y bahías abiertas detrás del borde de plataforma externa. La profundidad del agua es generalmente somera, a veces solo algunos metros de profundidad. La salinidad es normal, a veces variable y con circulación moderada.

El cinturón facial 8 de acuerdo al mismo esquema corresponde a facies de plataforma de circulación restringida: Incluye la mayor parte de los sedimentos finos en lagunas muy someras y los sedimentos gruesos en canales de marea y playas locales. Todo el complejo corresponde al ambiente de planicies de mareas. Las condiciones son extremadamente variables y constituye un ambiente muy difícil para los organismos. Llegan a presentar aguas dulces, salinas e hipersalinas, con exposiciones subaéreas frecuentes y con condiciones reductoras y oxidantes; existe abundante vegetación tanto marina como de pantano. Los terrígenos de origen eólico pueden llegar a representar una porción importante en los depósitos.

En el estudio de las secciones delgadas del subsuelo, se aprecia que, las microfacies presentes son 16, 19, 20 y 21, con mudstone ligeramente o parcialmente recrystalizado más o menos arcilloso y wackestone litoclástico, con una matriz micrítica-esparítica fina a gruesa, con restos fósiles (*Didemnoidea moreti* y *Globochaete alpina*) y algunos rasgos de las algas verde-azules.

Microfacies 16 está representada por mudstone ligeramente recrystalizado más o menos arcilloso y bandeado (21926C), marcado por materia orgánica y minerales arcillosos, que marcan una laminación, unas de una micrita muy fina separadas por estructuras estilolíticas en ocasiones bien definidas, marcan las otras láminas lentes esparíticas finas de forma irregular, se observa vetillas que cortan los estilolitos. No se aprecian restos fósiles (Ver lámina 3, foto 10 y anexo 4).

Microfacies 19 al igual que la anterior está representada por mudstone ligeramente recrystalizado, más o menos arcilloso, formado por bandas marcadas por materia orgánica y minerales arcillosos (21926-B) de una calcita micrítica- esparítica fina con presencia de texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica. Se observa además algunos sistemas de vetillas que cortan paralela y perpendicularmente a los estilolitos. En la sección delgada 21937G abundan mucho más las vetillas pero de una esparita gruesa con escasos restos fósiles. También se observa wackestone litoclástico (21937C), roca finamente recrystalizada más o menos arcillosa, con vetillas de calcita secundaria. La roca transiciona de una zona con calcita esparítica muy impregnada a una con 20% de un material litoclástico. Se evidencia texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica; y algunas vetillas de calcita esparítica en varias direcciones. Predominan algunos restos fósiles (Ver anexo 4).

Microfacies 20 está representada por mudstone parcialmente recrystalizado (21926J). La muestra está dividida en dos partes, una donde la predomina la micrita parcialmente recrystalizada, con bandeamiento dado por la alternancia de un material más claro con otro más oscuro (arcilloso) con texturas estilolíticas, fracturas y pequeños agregados con materia orgánica. La otra parte de la roca se observan bandas milimétricas donde se alternan calcita esparítica gruesa con una micrita algo arcillosa (Ver anexo 4).

Microfacies 21, representada por mudstone arcilloso, bandeado, este bandeamiento esta dado por los estilolitos presentes. La roca presenta una zona clara de calcita esparítica con algunas impregnaciones de materia orgánica en agregados (21926A, 21926G, 21937D, 21937F), con algunas vetillas variables en distintas direcciones. Presencia de escasos moldes fósiles (21937D) (Ver anexo 4).

Lámina 3. Microfacies presentes en el Miembro El Mirador

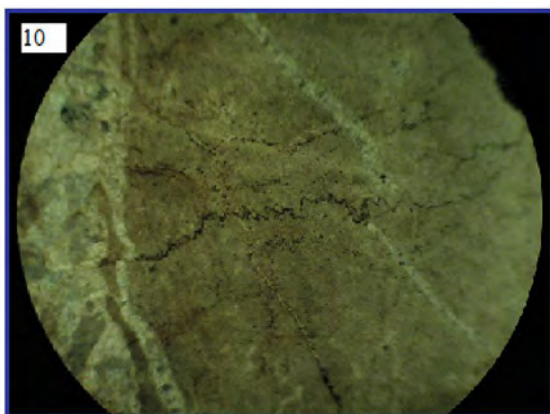


Foto.10: Muestra 21926C: mudstone ligeramente recrystalizado, algo arcilloso y bandeado por estilolitos rellenos de materia orgánica, cortados por vetillas. Objetivo 4x, con polarizador. Ejemplo de la microfacies 16 de Wilson (1975).

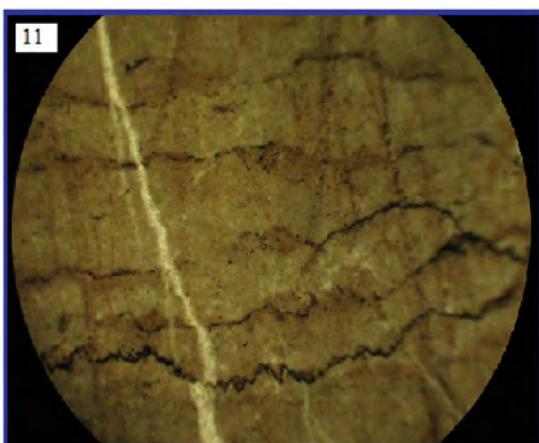


Foto.11: Muestra CB-610-5d: mudstone recrystalizado parcialmente dolomitizado, con bandeamiento dado por los estilolitos y la variación de la granulometría. Objetivo 4x, con polarizador. Ejemplo de la microfacies 19 de Wilson (1975).

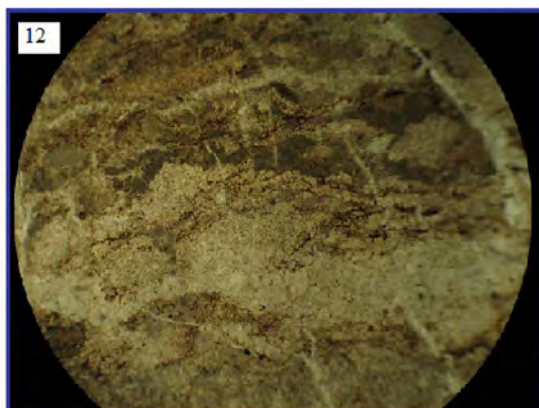


Foto.12: Muestra CB-610-5c: mudstone parcialmente recrystalizado, intercalación de micrita- esparita fina, con restos de algas verdi- azules. Objetivo 4x, con polarizador. Ejemplo de la microfacies 20 de Wilson (1975).

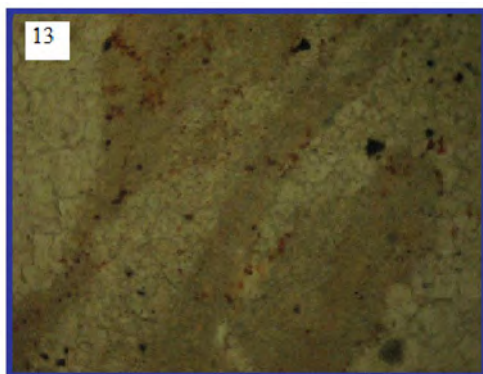


Foto. 13: Muestra CB-258-3, mudstone recrystalizado parcialmente dolomitizado, con restos de algas verdi-azules. Objetivo 4x, con polarizador. Objetivo 4x, con polarizador. Ejemplo de la microfacies 21 de Wilson (1975).

IV-4 Comparación de los carbonatos del Miembro El Mirador en muestras de superficie con las muestras del subsuelo, pozo Cayajabos 3.

Formó parte de la investigación comparar los datos de obtenidos en la superficie con la investigación de los pozos realizados en la década del 80 en la Sierra del Rosario y áreas cercanas. A propuesta de los especialistas del CEINPET se realizó es estudio de 2 núcleos del pozo Cayajabos 3, localizado en las cercanías del poblado del mismo nombre.

La boca del pozo se sitúa en las coordenadas X: 308416; Y: 338653. Se emplearon dos núcleos ubicados a distintas profundidades; núcleo 8 (1261-1265m) y en el caso del núcleo 10 (1454-1458m), como se observa en la fig.III.3. Las tablas petrográficas y sedimentológicas recogen los resultados de los estudios de ambos núcleos (Ver anexos 2 y 4).

En general, los rasgos de las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador son muy semejantes a la de los núcleos estudiados en profundidad. No existen significativas diferencias respecto a las rocas de superficie. A continuación se señalan algunos aspectos que resultan de comparar la información de superficie y profundidad:

- Ø Procesos secundarios y condiciones inherentes a su acumulación, han provocado mayor grado de recristalización y agrietamiento de la matriz en las rocas de la superficie, lo que mejora las propiedades de reservorio de las mismas.
- Ø Microscópicamente, las intercalaciones finas de material arcilloso no están bien registradas en las rocas de superficie, mientras que en las rocas de profundidad son abundantes. El contenido arcilloso en la matriz es más elevado para las rocas en profundidad.
- Ø Tanto en la superficie como en la profundidad, se observa en la roca un bandeamiento dado por la variación de la granulometría y por texturas estilolíticas rellenas de hidrocarburo.
- Ø Presencia de estructuras estromatolíticas, tanto en las muestras de la superficie como las del pozo, dada por la presencia de las algas verdi-azules.

- Ø Haciendo una comparación de microfacies, se puede observar que para las muestras de superficie abundan mucho más las microfacies 19 y 20, mientras que las del subsuelo están las 19 y 21 (Ver lámina de microfacies presentes)

Un aspecto fundamental de la investigación es establecer las edades de las rocas estudiadas, tanto en superficie, en el entorno de Soroa, como en el pozo Cayajabos 3. La tabla IV.2 muestra el contenido paleontológico de las secciones delgadas.

La misma constituye una herramienta muy importante en la discusión de este epígrafe, aunque, ninguno de los fósiles registrados es un excelente indicador estratigráfico. El conjunto de fósiles, tanto para las muestras del Miembro El Mirador en Soroa, como para los núcleos del pozo Cayajabos 3, apuntan a una edad Jurásico Superior, posiblemente entre Kimmeridgiano y Titoniano (Ver lámina 4, fotos 14, 15, 16, 17, 18 y 19).

A partir de esto tentativamente se puede afirmar que las rocas de los núcleos 8 y 10 del pozo Cayajabos 3 pertenecen al Miembro El Mirador de la Formación Artemisa.

Tabla IV.2 Determinaciones micropaleontológicas en las muestras estudiadas.

Taxa	Localidades y Núcleos													Distribución estratigráfica
	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 7	B 8	B 9	B 12	Punto 205-H	Punto 611 Fm. Sumidero	N 8	N 10	
Algas Verdi-azules?					X			X						Indet
<i>Favreina salevensis</i>										X				Jurásico Superior Km-Titotiano
<i>Globochaete alpina</i>										X			X	Jurásico Superior-Km-Titoniano
<i>Cadosina fusca ciescynica</i>										X				Jurásico Superior-Km-Titoniano
<i>Saccocoma sp</i>											X			Titoniano Superior-Berriasiano
<i>Calpionella sp</i>											X			Titoniano Superior-Berriasiano
Moldes de radiolarios											X			Titoniano Superior-Berriasiano
Calpionélidos calcáreos											X			Titoniano Superior-Berriasiano
Fragmentos de bivalvos?									X					Indet
Ostrácodo?		X												Indet
<i>Didemnoidea moreti</i>													X	Jurásico Superior

Nota: B- Bloque y N- Núcleo

Lámina 4. Microfósiles presentes en las muestras

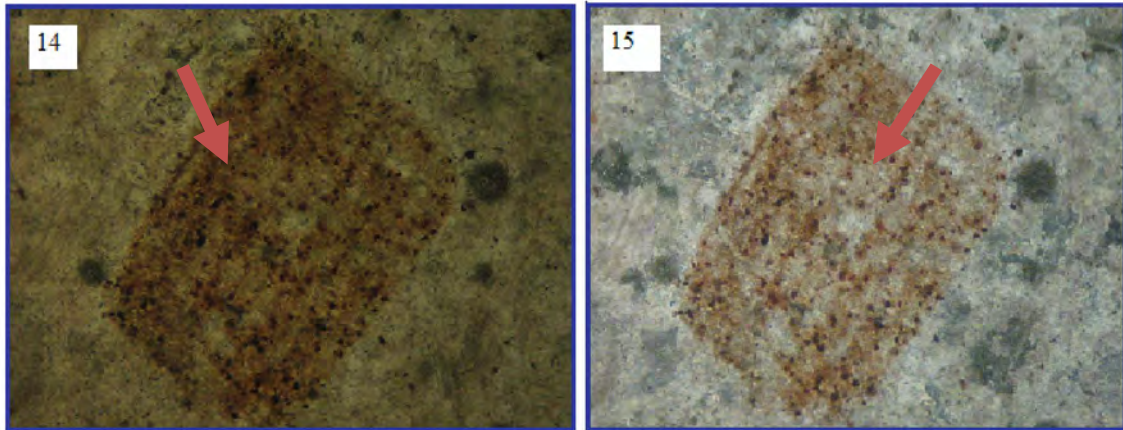


Foto 14 y 15 Muestra 205-H: *Favreina salevensis*. Objetivo 10x, sin y con polarizador.

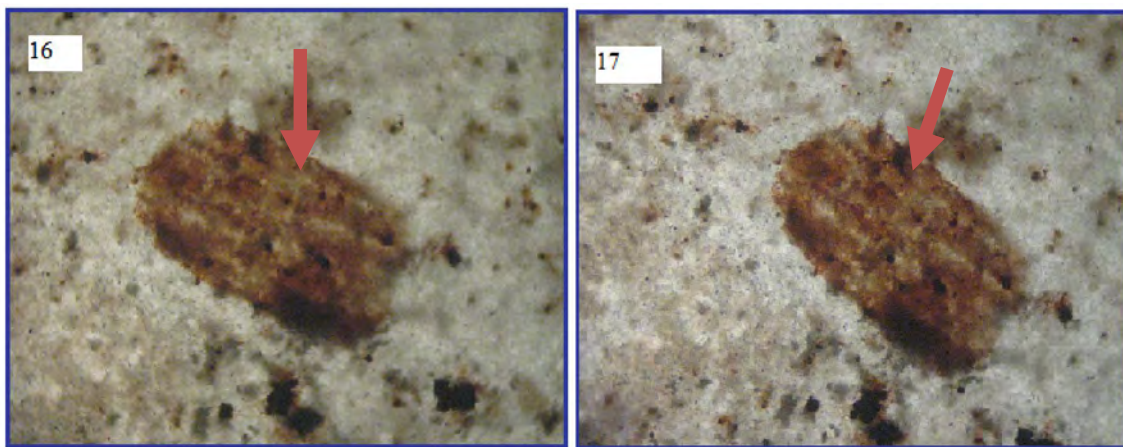


Foto 16 y 17 Muestra 205-H: *Globochaete alpina*. Objetivo 10x, con polarizador. **OJO**

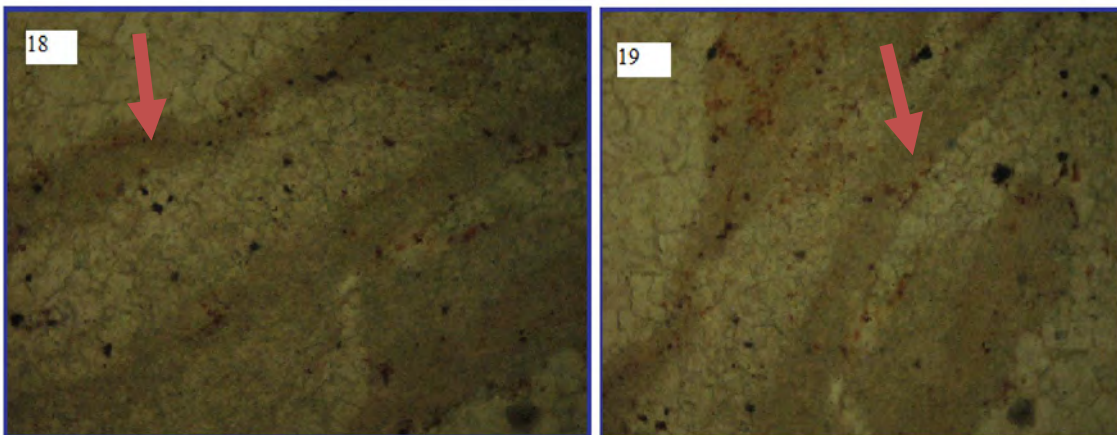


Foto 18 y 19 muestra 258-3: bandeamiento de las algas verdi-azules. Objetivo 4x, sin y con polarizador.

CAPÍTULO .V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

V-I Modelo paleoambiental

La reconstrucción de las condiciones paleoambientales en que se acumularon las rocas del Miembro El Mirador de la Formación Artemisa en los afloramientos del Orquideario de Soroa constituye uno de los objetivos del presente trabajo. Este tipo de ejercicio requiere de la integración de la mayor cantidad de indicadores paleoambientales disponibles: litologías, estructuras sedimentarias y fósiles, entre otros. En el caso del Orquideario, el estudio se dificulta con el relieve cársico presente, determina que los afloramientos formen peñascos de paredes abruptas, de difícil acceso en muchos lugares. En el caso de los núcleos no fue posible su estudio megascópico.

La integración de los datos a nivel de afloramiento, muestra y sección delgada, permitió, en buena parte de los casos, la determinación con un buen grado de confiabilidad, de diferentes microfacies del modelo de Wilson (1975). Debe reconocerse también que en varias muestras los fenómenos diagenéticos y la recristalización provocada por los movimientos tectónicos del Paleógeno temprano (orogénesis cubana) impidieron precisar las condiciones de sedimentación originales.

Los datos disponibles apuntan hacia la acumulación de los sedimentos originales del Miembro El Mirador en condiciones costeras.

Los argumentos son los siguientes:

- 1- Presencia de estromatolitos. Estos fueron definidos en los puntos: CB-610-2, CB-610-5, CB-610-7, CB-610-8, CB-610-9 y CB-258. Ellos son debidos a la acumulación de sedimentos detríticos finos, atrapados por las alfombras de algas (algal mats de la literatura inglesa) verdi-azules en las áreas costeras, especialmente en las zonas de supra e intramarea de los llanos de marea (Prothero y Schwab, 1996). Las figuras (V.1 y V.2) y las imágenes del capítulo IV recogen algunos ejemplos a diferentes escalas.



Fig.V.1 Estructura estromatolítica en el bloque CB-610-7, Orquideario Soroa, Sierra del Rosario.



Fig.V.2 Se observa estratificación cruzada a pequeña escala (óndulas) en la localidad CB-205-H.

- 2- Estratificación cruzada a escala decimétrica (fig.IV.11), que pudiera estar vinculada a dunas costeras o canales de mareas. La presencia de superficies erosionales refuerza esta interpretación.
- 3- En algunos puntos se registran grietas rellenas con sedimentos (Lámina 3.Foto K: CB-610-9c). Estas pudieran ser grietas de desecación, características de las zonas de intra y supramarea.
- 4- Los fósiles son poco variados (tabla IV.2). Esto generalmente indica condiciones poco favorables para el desarrollo de la biota. Mayormente son restos mal preservados de algas verdi-azules. Estas se desarrollan en aguas de poca profundidad, incluso en la zona de supramareas de los llanos de mareas, que solo esporádicamente es cubierta por las aguas marinas (Prothero y Schawb, 1996). No se registran fósiles pelágicos.

- 5- Las rocas del Miembro El Mirador se encuentran parcial o totalmente dolomitizadas. La dolomitización es un rasgo característico de los sedimentos carbonatados de los llanos de marea, debido a la concentración del ión magnesio en las aguas por la intensa precipitación del carbonato de calcio. Estas aguas magnesianas se infiltran en los sedimentos, provocando su dolomitización temprana.
- 6- Los estudios realizados han permitido ubicar las muestras de superficie del Miembro El Mirador y los núcleos del pozo Cayajabos 3 en los cinturones faciales 7 y 8 del esquema de Wilson (1975) (ver anexos 5 y 6). En conjunto, estos cinturones faciales son característicos de los llanos de marea.
- 7- En las muestras se detectaron las microfacies, 19, 20 y 21 del modelo de Wilson (1975) para las de superficie, y 16 19, 20 y 21 para el subsuelo.
- 8- La relativa escasez de bioturbación en las rocas del Miembro El Mirador, ratifica que los sedimentos se acumularon en condiciones poco propicias para la vida, características de los llanos de marea. Aunque las condiciones de comunicación con el mar pueden ser muy restringidas (Wilson, 1975), la ausencia de minerales y capas evaporíticas (microfacies 23) permiten suponer que estas condiciones extremas, que pueden presentarse en el cinturón 9, no se desarrollaron, de ahí la exclusión de dicho cinturón del modelo paleoambiental presentado. Los terrígenos de origen eólico (dunas costeras) pueden estar presentes (CB 610-9?).
- 9- Fueron encontrados en el Orquideario floatstones (CB-610-1a, CB-610-1b y CB-610-8) con características de depósitos desplome de caverna. Se trata de depósitos más jóvenes que El Mirador, porque no están afectadas por grietas y vetas, a la vez que están bien cementados, como se puede evidenciar en la fig. V.3 y V.4. Por esto se presupone que sean depósitos posiblemente pre-cuaternarios, no vinculados a las condiciones de sedimentación del Miembro El Mirador.
- 10- De acuerdo a los trabajos realizados por los especialistas del CEINPET y otros geólogos, se puede admitir que los depósitos someros del Jurásico Superior presentan una amplia distribución, pues están presentes, tanto en la superficie como en profundidad, en la Sierra del Rosario, (Miembro El Mirador, pozo Cayajabos 3), y también en la Sierra de los Órganos, Miembro San Vicente Fm. Guasasa. Esto es de gran importancia en prospección de hidrocarburos.

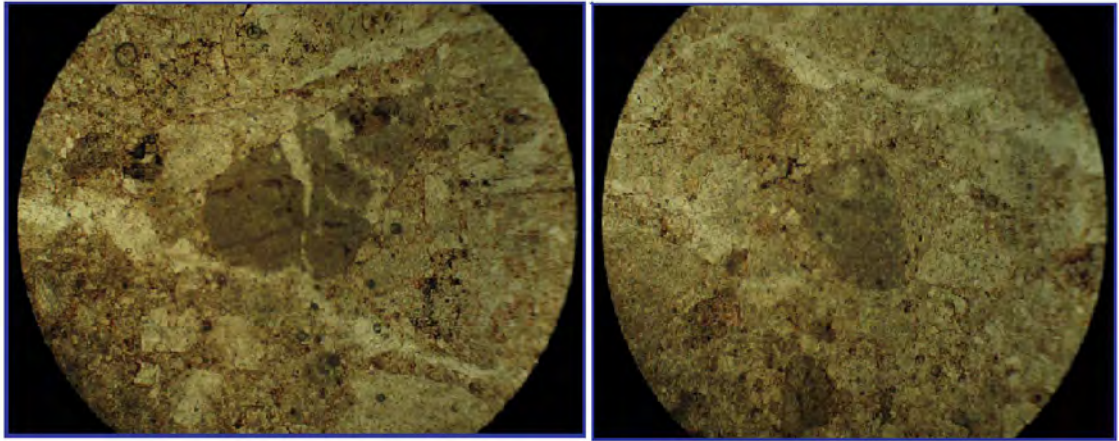


Fig. V.3 Sección delgada CB-610-1b, roca de aspecto brechoso (floatstone).
Observase el fragmento del centro (foto de la izquierda) con una vetilla que no tiene continuidad en la matriz. En la parte derecha los fragmentos tienen mala selección.

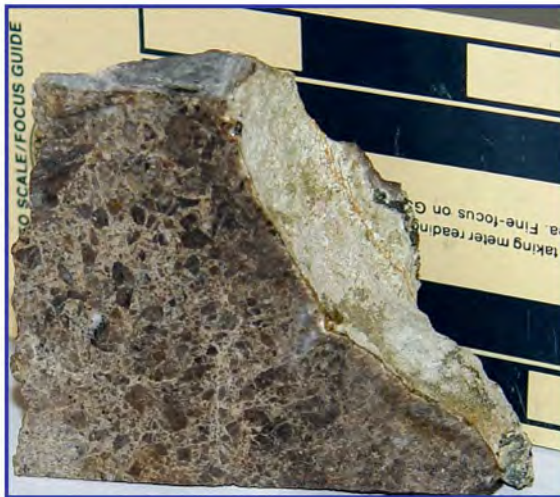


Fig.V.4 Corresponde a la muestra CB-610-1a, donde se evidencia el aspecto brechoso de la roca y la ausencia de vetas y fracturas en la misma. Con clastos de distintos tamaños, en una matriz arenosa.

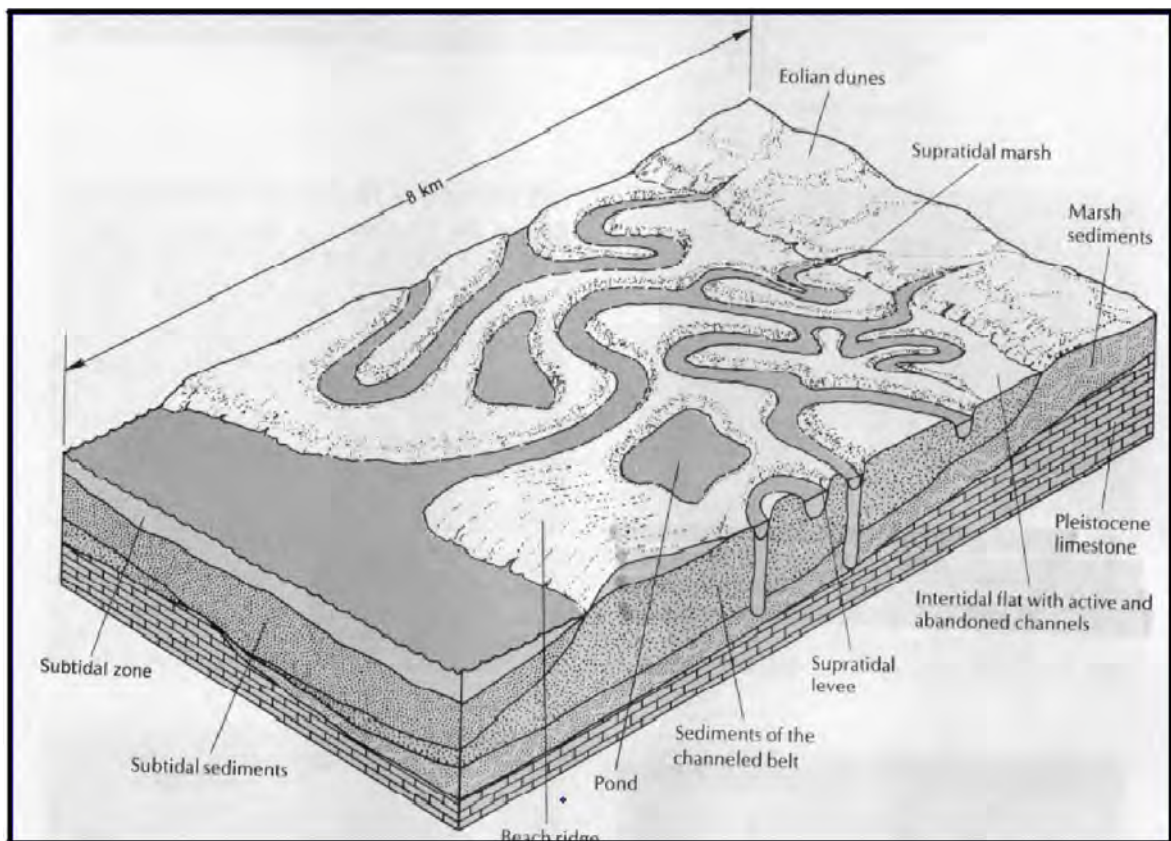


Fig.V.5 Esquema representativo de los ambientes de llanos de marea actual en las Islas Bahamas, Prothero y Schwab (1996).

CONCLUSIONES

1. Las rocas carbonatadas del Miembro El Mirador se agrupan en dos variedades principales: calizas estratificadas (laminadas) y calizas masivas. Corresponden en su mayoría a mudstone y wackestone parcialmente totalmente recristalizado, con abundantes manifestaciones de materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas, suturas y en pequeños agregados, en las del subsuelo la recristalización está dada en menor grado pero abundan los rasgos de laminación, estilolitos y manifestaciones de HC.
2. Según la descripción petrográfica de las muestras tomadas en el Orquideario Soroa, pertenecientes al Miembro El Mirador, abundan litologías como: mudstone (57%), wackestone (19%), caliza recristalizada (19%), grainstone (5%). En las muestras del pozo Cayajabos 3, los mudstones representan un 89% del total de muestras y las wackestones el 11% restante.
3. Se observó en las muestras descritas en el área de estudio, a partir de la caracterización petrográfica y sedimentológica, la existencia de algunas brechas cársicas (CB-610-1a, 1b y CB-610-8) del tipo floatstone, las cuales no constituyen rocas del Miembro El Mirador y son posiblemente del pré-Cuaternario.
4. Del estudio de microfacies, se pudo determinar que, tanto los depósitos de superficie del Miembro El Mirador como los del subsuelo, presentan microfacies 16, 19, 20 y 21 que corresponden a los cinturones faciales 7 y 8, del modelo de Wilson (1975).
5. El Miembro El Mirador de la Formación Artemisa está constituido por depósitos de llanos de marea (aguas muy someras parcialmente en condiciones subáreas durante parte del día, figura V.5). Sus rocas se encuentran parcialmente o totalmente dolomitizadas. Esta dolomitización es un rasgo característico de los sedimentos carbonatados de los llanos de marea.
6. A juzgar por los contenidos fósiles determinados (Ver lámina 4, fotos 14, 15, 16, 17, 18 y 19), se puede asumir preliminarmente para esta unidad

litoestratigráfica una edad de Jurásico Superior, Kimmeridgiano – Titoniano.

7. Debido a la amplia manifestación de HC en los afloramientos y núcleos, relleno de estilolitos, suturas y pequeños agregados, estos depósitos son interesantes desde el punto de vista de la exploración de hidrocarburos ya que pueden estas rocas servir de reservorios, por el carácter poroso y el agrietamiento con que se presentan.

RECOMENDACIONES

1. Al culminar esta investigación, debido a amplia manifestación de hidrocarburo en el área de estudio, desde el punto de vista económico se recomienda hacer un estudio más detallado sobre las potencialidades petroleras de las rocas del Miembro El Mirador.
2. Trabajar en el reconocimiento y localización, mediante la literatura existente, de otras posibles manifestaciones de las rocas del Miembro El Mirador, dado su interés científico y económico.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Astajov, K., V. Solianik, V. Vasiliev, D. Martínez, R. Fernández de Lara, R. Orbiña, J. Dimidov y S. Santa María (1981). "Informe sobre los trabajos de levantamiento Geológico escala 1:50000 en la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río (hoja 3484-III, 3483-III y 3483-IIIa)", Empresa de Geología de Pinar del Río, O.N.R.M., MINBAS, La Habana.
- Blanco-Bustamante, S. y J. Fernández-Carmona (1985). "Bioestratigrafía de los depósitos del Jurásico Superior (Titoniano)-Cretácico Inferior en el área de Varadero-Varadero Sur", Serie Geológica, Cuba, 4, 23-36.
- Blanco-Bustamante, S., J. Sánchez-Arango, R. Segura Soto, D. Brey del Rey y B. Villavicencio (2002). "Reservorios de la Provincia de Pinar del Río, UTE Sierra del Rosario". Informe anexo al proyecto 2228: Asimilación de la zona exclusiva e Cuba en el Golfo de México y su potencial de petróleo Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), La Habana: 126. (Inédito).
- Burov, V., D. Martínez, Y. Yusanov; R. Fernández, V. Debernev y A. Uspensky (1986). "Informe de los Trabajos de Levantamiento Geológico escala 1:50 000 realizados en la Parte Occidental de la Provincia de Pinar del Río". Inv. 3563 O.N.R.M. – MINBAS, La Habana (Inédito).
- Cobiella-Reguera J.L. y A. Hernández (1990). "Estudio geológico de la Sierra del Rosario entre Soroa y Cayajabos, Provincias de Pinar del Río y La Habana". Archivo del CEINPET, La Habana (Inédito).
- Cobiella-Reguera, J.L. (1992). "Pliegues de deslizamiento submarino en sedimentos y lavas de la Fm. El Sábalo, Sierra del Rosario". Pinar del Río. Revista Tecnológica 22, No.1, 3-10.
- Cobiella-Reguera, J.L. (1995). "Jurassic sediments and events in Guaniguanico mountains, western Cuba". The First SEPM Congress on Sedimentary Geology, Abstracts and Program, St. Petersburg, Florida, vol. 1, 39-40.
- Cobiella-Reguera, J.L. (1996a). "El Magmatismo Jurásico (Calloviano (?) – Oxfordiano) de Cuba Occidental: Ambiente de Formación e Implicaciones Regionales". Revista de la Asociación Geológica Argentina 51, No.1, 15-28.

- Cobiella-Reguera, J.L. (1996b). "Estratigrafía y Eventos Jurásicos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental". *Revista Minería y Geología*, vol.3, No.13, 11-25.
- Cobiella-Reguera, J.L., A. Hernández, N. Díaz y P. Pérez (1997). "Estudio de algunas areniscas de las Fm. San Cayetano y Polier, Sierra del Rosario, Cuba Occidental". *Revista Minería y Geología*, Vol. XIV, No.3, 59-68.
- Cobiella-Reguera, J.L. (1998a). "Melanges de la Sierra del Rosario, Cuba occidental. Tipos e implicaciones regionales", *Minería y Geología*, Vol. XV, No.2, 3-10.
- Cobiella-Reguera, J.L. (1998b). "Una panorámica de los Sistemas Jurásico y Cretácico de Cuba", *Memorias I, Geología y Minería 98*, La Habana Centro Nacional de Inf. Geológica, 274-276.
- Cobiella-Reguera, J.L. (2000). "Jurassic and Cretaceous history of Cuba" in *International Geology Review*, No.42, 594-616.
- Cobiella- Reguera, J.L., S. Gil-González, A. Hernández-Escobar y N. Díaz (2000). "Estratigrafía y Tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba Occidental", *Minería y Geología* Vol. XVII, No.1, 5-15.
- Cobiella-Reguera, J.L. (2003). "El Paleomargen Pasivo Mesozoico de América del Norte en Cuba" en *Revista de Minería y Geología* vol.19 No.1-2, 5-17.
- Cobiella-Reguera, J.L. (2008). "Reconstrucción palinspástica del Paleomargen Mesozoico de América del Norte en Cuba occidental y el sudeste del Golfo de México. Implicaciones para la evolución del sudeste del Golfo de México", *Revista de Minería y Geología* Vol.25, No. 3, 382-401.
- Cobiella-Reguera, J.L. (2008). "Cálculo de los desplazamientos en los mantos tectónicos de la cordillera de Guaniguanico y reconstrucción palinspástica del Paleomargen Mesozoico de la América del norte en Cuba occidental y el sudeste del Golfo de México", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*.
- Cobiella-Reguera, J.L., and F. Olóriz (2009). "Oxfordian-Berriasian stratigraphy of the North American paleomargin in western Cuba: Construction for the geological history of the proto-Caribbean and the early Gulf of Mexico" in *C.*

Bartolini and J.R. Román Ramos , eds, Petroleum systems in the southern of Gulf of Mexico, AAPG Memoir 90, 421-451.

Cofiño Arada, C. (2002). "Características microestructurales de las secuencias del Jurásico-Cretácico y su relación con la potencialidad de hidrocarburos en la parte oriental de Sierra del Rosario". Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río.

Donald, R., F. Schwab (1996). "An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy, Sedimentary Geology, W.H. Freeman and company, New York, 255-262.

Dunham, R.J. (1962). "Classification of Carbonate rocks according to depositional texture". In: W.E. Ham (ed.), Classification of Carbonate Rocks, Mem. Ass. Petrol. Geol. 1, Tulsa, Oklahoma, 108-121.

Embry, A.F, y J.E. Klován (1971). "A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island Northwest Territories", Bulletin Canadian Petroleum Geologists, v. 19, 730-781.

Furrazola-Bermúdez, G., G. Judoley, C.M. Mijailovskaya, M.S. Mirolubov, Y.S. Novojatsky, I.P. Nuñez Jiménez, B.J. Solsona, (1964). "Geología de Cuba" Editorial Universitaria, La Habana.

Furrazola-Bermúdez, G. (1965). "Tres Nuevas especies de Tintínidos del Jurásico Superior de Cuba". Min. Ind. Inst. Cubano Rec. Min. Publ. Esp. No.2, 39. 6 Figs, 5 Láms.

Franco Álvarez, G., et al. (1994). "Léxico estratigráfico de Cuba", Instituto de Geología y Paleontología, La Habana,

Fernández-Carmona, J. (1998). "Bioestratigrafía del Jurásico Superior – Cretácico Inferior Neocomiano de Cuba Occidental y su aplicación en la exploración petrolera". Tesis Doctoral, Archivo del CEINPET, La Habana.

García-Delgado, D., S. Gil-González, R. Delgado, G. Millán, L. Peñalver, M. Cabrera, R. Denis, J. Chang, M. Fuentes, C. Díaz, V. Suárez, A. Llanes, R. Pérez, M. Torres, C. Pérez Pérez y L. Díaz de Villalvilla (2003).

“Generalización geológica de la provincia de Pinar del Río a escala 1: 100 000”. Archivo técnico Instituto de Geología y Paleontología, MINBAS.

Haczewski, G. (1976). “Sedimentological reconnaissance of the San Cayetano Formation: an accumulative continental margin in the Jurassic of western” Cuba. *Acta Geologica Polonica* Vol. XXVI, No.2, 331-353

Hatten, C.W. (1957). “Geologic report on Sierra de los Órganos” Ministerio de Industrias. Reporte Técnico (inédito), Fondo Geológico de Cuba, La Habana.

Herrera, N. M. (1961). “Contribución a la Estratigrafía de la provincia de Pinar del Río”. *Revista Soc. Cubana Ing.*, Vol.61, No.1-2, 2-24.

Iturralde-Vinent, M. (1994). “Cuban Geology: A new plate tectonics synthesis”. *Journal of Petroleum Geology*, Vol.XVII, No.1, 39-70.

Judoley, C.M, y G. Furassola-Bermúdez (1968). “Estratigrafía y Fauna del Jurásico de Cuba”. I.C.R.M, La Habana, 123.

Kantchev, I.L., Y. Boyanov, N. Popov, R. Cabrera, A. Goranov, N. Iolkieev, M. Kanazirski y M. Stancheva (1978). “Geología de la Provincia de Las Villas”. Resultado de las Investigaciones Geológicas y Levantamiento Geológico a escala 1:250 000 (1969-1975). Brigada Cubano – Búlgara: O.N.R.M. – MINBAS, La Habana (Inédito).

Lewis, J.W. (1932). “Geology of Cuba Amer”. *Assoc. Petrol. Geol. Bull*, Tulsa, Vol.XVI, No.6, 533-555.

Linares Cala, E. (2003). “Comparación entre las secuencias mesozoicas de aguas profundas y someras de Cuba Central y Occidental. Significado para la exploración petrolera”. Tesis Doctoral, CEINPET, La Habana: 133 .

Martínez, D., R. Fernández, R. Peláez, M. Vázquez, E. Barrios, A. Valido, R. Reinoso, J. C. Chang, O. Fernández; R. Denis, L. Gómez; D. García, S. Gil; D. Pérez, R. Reyes, M. Valdivia, R. Núñez, R. Pérez y J. Langs, (1991). “Informe sobre los Resultados del Levantamiento Geológico y Prospección Preliminar a escala 1:50 000 Pinar – Habana” O.N.R.M. – MINBAS. La Habana (Inédito).

- Mormill, S., A. Norman, A. Varvarov, V. Skosiriev, E. Linares y F. Vergara (1980). "Geología y Metalogenia de la Provincia de Pinar del Río". Inst. Geol. Paleont., MINBAS (Inédito).
- Núñez-Useche, F. (2008). "Reconstrucción Paleogeográfica de la región oriental de Sierra del Rosario durante el Cretácico Temprano, a partir del estudio de las rocas carbonatadas de la Formación Polier". Tesis pregrado. Pinar del Río, Cuba, 125.
- Pérez-Machado, M.O. (2009). "Estudio litológico y bioestratigráfico de los depósitos del Jurásico Superior–Cretácico Inferior Valanginiano de la región Sierra del Rosario, Provincia de Pinar del Río, Cuba Occidental". Tesis Pregrado, Pinar del Río, 145.
- Pszczółkowski, A., K. Piotrowska, R. Myczynski, J. Piotrowski, A. Skupinski, J. Grodzicki, D. Danilenwski y 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. La Habana.
- Pszczolkowski, A. (1977a). "Stratigraphic – facies sequences of the Sierra del Rosario, Cuba". Bull. Acad. Polon. Sci. Sér. Sci. Terre, 24 (3-4), 193-203 Varsovie.
- Pszczolkowski, A. (1977b). "Nappe structure of Sierra del Rosario, Cuba". Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. Sci. Terre, 24 (3-4), 205-215. Varsovie.
- Pszczółkowski A. (1978). "Geosynclinal sequences of the Cordillera de Guaniguanico in western Cuba; Their lithostratigraphy, facies development, and paleogeography". Acta Geológica Polónica 28, Vol.1, 1-96.
- Pszczolkowski, A. (1981). "El banco carbonatado jurásico de la sierra de los Organos, Provincia de Pinar del Río; su desarrollo y situación paleotectónica". Ciencias de la Tierra y del Espacio 3, 37-50.
- Pszczółkowski, A. y 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, Vol.5, 3-61.

- Pszczolkowski, A. y J. F. de Albear (1983). "La secuencia vulcanógeno – sedimentaria de la Sierra del Rosario, provincia de Pinar del Río". Ciencias de la Tierra y del Espacio, Vol. VI, 41-52.
- Pszczolkowski, A. (1987). Contribución a la Geología de la Provincia de Pinar del Río. A.C.C. La Habana. Edit. Científico Técnica, 253.
- Pszczolkowski, A., (1989). "La edad y posición de la secuencia vulcanógeno – sedimentaria (Fm. El Sábalo) en la estructura geológica de la Sierra del Rosario". Resúmenes Primer Congreso Cubano de Geología, La Habana.
- Pszczolkowski, A. (1994a). "Litostratigraphy of Mesozoic and Paleogene rocks of Sierra del Rosario. Western Cuba". Studia Geológica Polonica. 105, 39-66.
- Pszczolkowski, A. (1994b). "Interrelationship of the Terranes in Western and central, Cuba": Comment: Tectonophysics, Vol. 234, 339-344.
- Pszczolkowski A. (1999a). "New Data on the Lower Cretaceous microfossil and nannoconid stratigraphy in the Guaniguanico Terrane of Western Cuba". Studia Geologica Polonica, Kraków, Vol. 114, 7-33.
- Pszczolkowski, A. (1999b). "The Exposed Passive Margin of North America in Western Cuba. Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World", 4 edited by P. Mann (Series Editor: K. J. Hsü), 93-121.
- Pszczolkowski, A. y R. Myczynski (1999c). "Nannoconid assemblages in Upper Hauterivian – Lower Aptian limestones of Cuba: their correlation with ammonites and some planktonic foraminifers: Studia Geologica Polonica Vol. 114, 35-75.
- Soto, S.R, O. García Sánchez, M. Amador, M. Viera y J. López (2002). "Reservorios de la Provincia de Pinar del Río, UTE Sierra de los Órganos". Informe anexo al proyecto 2228: Asimilación de la zona exclusiva e Cuba en el Golfo de México y su potencial de petróleo Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), La Habana: 126 (Inédito).
- Saura, E., J. Vergés, D. Brown, L. Lukito, S. Soniano, S. Torrescusa, R. García, J. Sánchez Arango, C. Sosa y R. Tenreyro (2008). "Structural and Tectonic evolution of western Cuba fold and thrustbelt". Tectonics 27, TC4002. Doi: 10, 1029/2007 TC002237.

- Truitt, P. y P. Bronnimann (1956). "Geology of Pinar del Río and Isla de Pinos". Cuba, O.N.R.M., La Habana (Inédito).
- Vera, J.A (1992). "Sedimentación Pelágica" en Arche, A., *Sedimentología*, Colección Nuevas Tendencias, Madrid, vol.1 ,179-251.
- Wilson, J.L. (1975). "Las Facies Carbonatadas en la Historia Geológica" (en ruso), Editorial Niedra, Moscú, 50-54, 77-85.

Anexos

ANEXOS

Anexo 1. Descripción petrográfica de las muestras de superficie estudiadas del Orquideario Soroa, Sierra del Rosario

Número de muestras	Unidad litoestratigráfica	Descripción petrográfica
CB-610-1a	Depósitos cársicos, precuaternarios	Floatstone con fragmentos grandes (2-5mm de diámetro) donde predominan los de wackestone dolomitizado y clastos esparíticos. Es el equivalente a una brecha, soportada en un material carbonatado esparítico fino. Posee estilolitos y suturas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro. Los cristales de dolomita que se observan son de aproximadamente 1mm de diámetro. Existen escasos moldes fosilíferos muy recrystalizados. Se presupone por sus componentes y rasgos texturales que sea de origen cársico.
CB-610-1b	Depósitos cársicos, precuaternarios	Floatstone con fragmentos de tamaño (1-3mm de diámetro), con calcita de tamaños diferenciados micrita-esparítica gruesa con vetillas de calcita esparítica de espesor variable entre 0.2-1mm de diámetro. Hay presencia de materia orgánica e hidróxido de hierro en estilolitos, suturas y en pequeños agregados. Se delimitan zonas más gruesas de las más finas. Se observa un material clástico anguloso, mal seleccionado de fragmentos esparíticos y mudstone, algunos con escasos moldes y otros dolomitizados. Se presupone por sus componentes y rasgos texturales que sea de origen cársico.
CB-610-2a	Miembro El Mirador	Mudstone dolomitizado y recrystalizado de calcita micrita-esparita fina. Los cristales de dolomita son de distinta granulometría. La roca se ve muy tectonizada con vetillas en varias direcciones de espesor entre 0.2.-0.5 mm de diámetro. Materia orgánica e hidróxido de hierro en las suturas, pequeños agregados y en texturas estilolíticas.
CB-610-2b	Miembro El Mirador	Caliza recrystalizada, parcialmente dolomitizada, presentándose cristales bien definidos esparíticos de dolomita de tamaños variables entre 0.5-1mm de diámetro. Calcita formando bandas entre dolomitas y en vetillas micrita-esparita gruesa en diferentes direcciones. Se observa la presencia de materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas, pequeños agregados y en suturas. Moldes de fósiles recrystalizados no identificados.
CB-610-3	Miembro El Mirador	Caliza recrystalizada parcialmente dolomitizada, con la presencia de cristales bien definidos esparíticos de dolomita y calcita, de tamaños variables entre (0.2-1.5mm de diámetro). Con vetillas de calcita micrita-esparítica fina en diferentes direcciones. Se observa materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas, pequeños agregados y en suturas. Hay escasos moldes muy recrystalizados, posiblemente de

		algas.
CB-610-4	Miembro El Mirador	Graistone-dolomita, predominan cristales de dolomita (0.2-2mm de diámetro), calcita esparítica con escasos moldes recrystalizados. Abundante materia orgánica e hidróxido de hierro en texturas estilolíticas y suturas de la roca, Predomina en la muestra un bandeamiento dado por la diferencia granulométrica de los carbonatos. Se observa la presencia de numerosas vetillas finas y alargadas de calcita.
CB-610-5a	Miembro El Mirador	Mudstone dolomitizado, posteriormente recrystalizado. Parece presentar fenómeno de bioturbación, y rasgos de la roca primaria. Predominando la calcita micrítica, con algunos cristales esparíticos de dolomita, se observa la materia orgánica e hidróxido de hierro, en suturas y en agregados. Escasos moldes muy recrystalizados.
CB-610-5b	Miembro El Mirador	Wackestone, donde el proceso de dolomitización es no equidimensional. Cristales de dolomita de (0.5-3mm de diámetro), y calcita micrítica, con vetillas estrechas y alargadas en ocasiones de grosores considerables 3-4mm, orientadas paralelamente a las texturas estilolíticas y suturas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro. Escasos material clástico carbonatado. En las áreas menos dolomitizadas se observan algunos moldes recrystalizados.(ver lámina 1, foto 2)
CB-610-5c	Miembro El Mirador	Wackestone dolomitizado, donde desarrolla algunos, el fenómeno de bioturbación. La presencia de las algas Verdi- azules, provoca un límite entre una zona más micrítica sin presencia de bioturbación y otras donde la actividad orgánica perduró. Se observan texturas estilolíticas paralelas a las vetillas de calcita, rellenos de materia orgánica e hidróxido de hierro, que también se alojan en las suturas y en pequeños agregados.(ver lámina 1, foto 4)
CB-610-5d	Miembro El Mirador	Mudstone dolomitizado, posteriormente recrystalizado. Muestra muy similar a la CB-610-5a muy recrystalizada a tras luz con un aspecto brechoso. Parece presentar fenómeno de bioturbación, esta muestra sugiere varias etapas de recrystalización como una forma de transito de un material micrítico a uno esparítico, característico de los estromatolitos Se evidencia una distribución irregular de zonas donde las más oscura son mudstone y las más claras de esparita dolomitizada. En el límite de estas dos zonas se observa unos clastos de la zona más oscura. Presencia de materia orgánica e hidróxido de hierro en los estilolitos, en suturas y en pequeños agregados. Se manifiestan formas difusas de pellets. Con vetillas en diferentes direcciones que atraviesan toda la roca incluyendo la parte dolomitizada.
CB-610-7a	Miembro El Mirador	Mudstone recrystalizado, con presencia de texturas estilolíticas paralelas a las vetillas de calcita estrechas y alargadas; cristales de dolomita que varían de 0.5-4mm de diámetro, donde se observa una transición en la granulometría. La materia orgánica e hidróxido de hierro están en los estilolitos, suturas y en pequeños agregados. Se observan escasos moldes fosilíferos muy recrystalizados.
CB-610-8	Depósitos cársicos, precuaternarios	Floatstone tectónico, se observa una recrystalización seleccionada. Las partes más finas, de color ocre, con predominio de cristales de dolomita y en otras más gruesas, de color gris, con un cierto grado de

		brechamiento. La roca tiene una matriz fina esparítica de color clara, con vetas irregulares originadas por las fracturas de la roca. Presencia de formas estilolíticas y agregados con materia orgánica e hidróxido de hierro.
CB-610-8a	Miembro El Mirador	Caliza recristalizada parcialmente dolomitizada. Predomina en la roca intervalos de granulometría diferentes, en ocasiones mayores y en otras menores, tanto cristales de dolomita como de calcita micrítica-esparítica con diferentes tonalidades. Se distingue una zona que es un Mudstone parcialmente recristalizado. Hay vetillas (0.5-1mm de diámetro), que se encuentran en varias direcciones, materia orgánica e hidróxido de hierro asociada a las zonas de suturas, y a las texturas estilolíticas. Posiblemente presencia de las algas verdi-azules? por el bandeamiento que se presenta.
CB-610-8c	Miembro El Mirador	Caliza recristalizada, parcialmente dolomitizada, la muestra a tras luz se ve un bandeamiento dado por el tamaño de los cristales, los estilolitos y suturas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro. Se observan algunos carbonatos de forma rómbica (dolomita), en ocasiones en una masa carbonatada constituida por calcita. Algunos granitos de cuarzo aparecen esporádicamente de espesor aproximado 0.5mm de diámetro; hay presencia de vetillas que están paralelas y perpendiculares a las texturas estilolíticas.
CB-610-9a	Miembro El Mirador	Mudstone recristalizado, se observa un bandeamiento donde las zonas más oscuras la calcita es micrítica, y las más claras es esparítica. Las bandas oscuras son bandas primarias, y las más claras recristalización diagenética. Las láminas micríticas y esparíticas están parcialmente dolomitizadas. Existen escasos moldes muy recristalizados vinculados con la supuesta presencia de las algas Verdi-azules? Presencia de texturas estilolíticas con materia orgánica e hidróxido de hierro paralelas a las vetillas estrechas y alargadas rellenas de calcita.(ver lámina 1, foto 3)
CB-610-9c	Miembro El Mirador	Mudstone dolomitizado y recristalizado. Se observa bandas de diferente granulometría de los cristales de dolomita y de calcita, de grano fino a grueso; predominan los cristales de dolomita (0.2-3mm de diámetro). La muestra conserva todavía algunos rasgos de la roca primaria, enfatizando el bandeamiento en la diferencia de granulometría y las texturas estilolíticas. Sistema de vetillas paralelas y perpendiculares a las texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro, que también se observa en las suturas de la roca. Presencia de escasos moldes muy recristalizados.
CB-611-a	Fm. Sumidero	Mudstone calcáreo con algunas formas fósiles, predomina en la muestra algunas fracturas producto de su confección, se ve también vetillas de espesores variables, entre (0.5-3mm de diámetro), rellenas de material carbonatado. Presencia de texturas estilolíticas con abundante materia orgánica e hidróxido de hierro.
CB-611-b	Fm. Sumidero	Wackestone fosilífero, roca muy fracturada con vestigios de la roca primaria, con moldes muy recristalizados de testas de radiolarios rellenas de calcita, con predominio de spumelarios. Posee una buena evidencia de la presencia de materia orgánica e hidróxido de hierro (en estilolitos, suturas y pequeños agregados); se observa un límite entre zonas estilolíticas y otras con un material esparítico fino. Hay vetillas de calcita de

		aproximadamente (1.5mm de diámetro).(ver lámina 1, foto 8)
CB-610-12a	Miembro El Mirador	Mudstone calcáreo recrystalizado, con una calcita micrítica-esparítica gruesa, con presencia de texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica e hidróxido y óxido de hierro. La roca está mayormente recrystalizada y conserva algunas zonas de calcita micrítica. Hay algunas vetillas paralelas a las formas estilolíticas. (ver lámina 1, foto 7)
CB-610-12b	Miembro El Mirador	Mudstone calcáreo recrystalizado, roca constituida por una calcita micrita – esparítica grisáceo. Predomina una zona con material fragmentado posiblemente debido a la recrystalización. Presencia de formas estilolíticas, pequeños agregados y suturas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro. Hay algunas vetillas paralelas a las texturas estilolíticas.
CB-258a	Miembro El Mirador	Mudstone recrystalizado, roca muy fracturada posiblemente debido a su confección. Presenta calcita micrítica, algunos cristales esparíticos de calcita y dolomita coincidiendo con la parte más oscura de la roca. En una sección de la misma se observa un ligero bandeamiento marcado por la textura estilolítica.
CB-258-2	Miembro El Mirador	Mudstone calcáreo con bandeamiento, donde se observa la transición de una calcita micrítica a esparítica fina; el bandeamiento posiblemente esté vinculado con las texturas estilolíticas en forma horizontal y por una variación en la granulometría. Se observa materia orgánica e hidróxido de hierro en los estilolitos, pequeñas suturas y en pequeños agregados. Sistema de vetillas de calcita paralelas a las bandas y a veces subparalelas a estas. (ver lámina1, foto 6)
CB-258-3	Miembro El Mirador	Mudstone recrystalizado parcialmente dolomitizado. La roca conserva aún posibles restos de algas que le dan un aparente aspecto brechoso. Posee cristales de calcita micrítica y esparítica y de dolomitas bien desarrollados; materia orgánica e hidróxido de hierro en suturas y pequeños agregados,
CB-205-H	Miembro El Mirador	Wackestone fosilífero. Se observan bandas que transicionan algunas con material fósil y otros no, este comportamiento posiblemente se deba a la permanencia de material orgánico en algunas partes de la roca quizás vinculado al fenómeno de bioturbación. Presencia fósiles de color rojizo, formas peléticas. Todos estos materiales se encuentran en una matriz micrítica de color claro, con láminas separadas por texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica e hidróxido de hierro, que también ocupan. Se observan sistema de vetillas de calcita esparítica paralelas a los estilolitos. (ver lámina 1, foto 5)

Anexo 2. Descripción petrográfica de las muestras del subsuelo, pozo Cayajabos 3, Mariel

Número de muestra	Profundidad	Unidad litoestratigráfica	Descripción petrográfica
21926-A Cayajabos 3	Núcleo 10 1261-1265	Fm. Artemisa	Mudstone arcilloso, bandeado, este bandeamiento está marcado por las texturas estilolíticas y cierta fracturación paralela a estas, así como capillas muy finas sumamente impregnadas. La roca presenta una zona clara donde se ve una calcita esparítica con algunas impregnaciones de materia orgánica en agregados, esto pudiera corresponder a una microzona de acumulación cársica. (ver lámina 1, foto 1)
21926-B Cayajabos 3	Núcleo 8 1261-1265	Fm. Artemisa	Mudstone ligeramente recrystalizado, más o menos arcilloso, formado por bandas marcadas por materia orgánica y minerales arcillosos, que dan los posibles planos de la estratificación. La roca se ve fracturada y ligeramente agrietada, la calcita es micrítica-esparítica fina, con presencia de texturas estilolíticas rellenas de materia orgánica, Sistema de vetillas que cortan paralela y subparalelamente a los estilolitos. En las partes donde la calcita es esparítica fina se ve como en lentes asociados a las zonas estilolíticas. La roca parece estar dividida en laminillas con espesores (mm). En una sección de la muestra no se desarrolla el sistema de fracturas y de estilolitos.
21926-C Cayajabos 3	Núcleo 8 1261-1265	Fm. Artemisa	Mudstone ligeramente recrystalizado más o menos arcilloso, bandeadas por materia orgánica y minerales arcillosos, que marcan la estratificación, con desarrollo de láminas de una micrita muy fina separadas por estructuras estilolíticas en ocasiones bien definidos con materia orgánica. Parece que en algunos casos se desarrollan lentes esparíticas finas de forma irregular; presencia de vetillas que cortan los estilolitos. No se aprecian restos fósiles.
21926-G Cayajabos 3	Núcleo 8 1261-1265	Fm. Artemisa	Mudstone calcáreo, donde se evidencia una transición de la misma roca, con bandas intensamente impregnada y asociada a la materia orgánica, otras son de calcita micrítica menos impregnadas, finamente laminada. El bandeamiento se acentúa por la presencia de texturas estilolíticas y suturas rellenas materia orgánica y en suturas. Hay vetillas de calcita de diferentes tamaños.
21926-J Cayajabos 3	Núcleo 8 1261-1265	Fm. Artemisa	Mudstone parcialmente recrystalizado, la muestra tiene dos partes, una donde predomina la micrita parcialmente recrystalizada. En esta parte hay fracturación y bandeamiento, esto último dado por la alternancia de un material más claro con uno más oscuro (más arcilloso), y posee texturas estilolíticas. La otra parte de la muestra tiene bandas (mm) donde se alternan calcita esparítica gruesa con micrita algo arcillosa similar a la descrita anteriormente. Estas bandas esparíticas pudieran estar relacionadas con un agrietamiento paralelo a la estratificación. Las texturas estilolíticas, fracturas y pequeños agregados tienen materia orgánica. (ver lámina

			1, foto 9)
21937-C Cayajabos 3	Núcleo 10 1454-1458	Fm. Artemisa	Wackestone litoclástico, roca finamente recrystalizada más o menos arcillosa, con impregnación por capillas sinuosas y dislocadas de irregular distribución. Con vetillas de calcita secundaria; la roca se transiciona de una zona con calcita esparítica muy impregnada a una con 20% de un material litoclástico de 0.5-1mm de diámetro que transiciona a su vez a partes muy fracturadas. En dichas fracturas y en las suturas estilolíticas presentes se impregna la materia orgánica dando una coloración a la roca. Algunas vetillas de calcita esparítica en varias direcciones. Presencia restos fósiles.
21937-D Cayajabos 3	Núcleo 10 1454-1458	Fm. Artemisa	Mudstone ligeramente recrystalizado, parecido a la muestra 21937-C, pero las laminillas aquí son más finas marcadas por los estilolitos, y los estilolitos son más abundantes en algunas partes de la sección. Presencia escasos restos fósiles.
21937-F Cayajabos 3	Núcleo 10 1454-1458	Fm. Artemisa	Mudstone ligeramente recrystalizado parecido a la muestra 21937-C pero de grano un poco más grueso. La muestra se observa parcialmente recrystalizada en las zonas de mayores impregnaciones. Presencia de texturas estilolíticas suturas y pequeños agregados rellenos de materia orgánica de color oscuro. Presencia escasos fósiles. Se observa un límite micrita-esparita de grano fino y de color claro; con algunas vetillas variables en distintas direcciones que se presupone que tengan un origen posterior. Pues en algunos casos contiene porciones de la roca original.
21937-G Cayajabos 3	Núcleo 10 1454-1458	Fm. Artemisa	Mudstone ligeramente recrystalizado, parecido a las muestras 21936-B; 21936-C, pero con la presencia de muchas más vetillas esparíticas gruesas. Se observan escasos restos fósiles. Esta roca se ve muy fracturada rellena de materia orgánica, en una de sus porciones está sumamente impregnada.

Anexo 3. Descripción Sedimentológica (micro y megascópica) y microfacies de las muestras del Orquideario Soroa

No. de muestras	Descripción sedimentológica megascópica	Descripción sedimentológica microscópica	Microfacies correspondiente según el Modelo de Wilson 1980
CB 610-2a pequeña	Roca de color gris cremoso, en la parte inferior finamente laminada, en capillas (mm). Laminación estromatolítica. Hacia la parte superior de la muestra se pierde la laminación, presentándose un material de color claro irregular con algunos lentes y capas blancas formadas por un material recrystalizado posiblemente calcita. La diferencia que se observa en la parte central –superior de la muestra en relación a la parte inferior laminada puede estar relacionada con el fenómeno de la bioturbación con alguna recrystalización superpuesta. Se puede observar que el contacto entre la parte laminada y la no laminada de la muestra es brusco (ver lámina 2, foto b).	La sección se nota una porción groseramente laminada compuesta por un material esparítico y a continuación se observa un material micrítico parcialmente recrystalizado que a su vez contacta con esparitas sin una estructura definida. En la sección delgada se distinguen dos partes. En una se observa láminas de una roca recrystalizada, esparítica con estilolitos coincidiendo con los planos de laminación. La otra parte de la sección tiene un aspecto más masivo y está formada por un material esparítico fino frecuentemente recrystalizado en algunas áreas, lo cual le da un aspecto brechoso o pseudo-brechoso a la roca.	Microfacies 20
CB 610-2a grande	Roca de color gris cremoso, finamente laminada. Finas capas blancas formadas por un mineral recrystalizado, posiblemente calcita. Las láminas en la parte inferior de la muestra presentan una ondulación y el contorno de algunas láminas se hace difuso; hacia la parte más superior de la muestra la laminación se hace horizontal, pero siguen presentándose láminas de diferentes tonos con contornos difusos. Posibles estromatolitos (ver lámina 2, foto c).	No determinada	Microfacies 20

CB 610 -2b	<p>Roca carbonatada de color gris carne laminada, intervalos con laminación relativamente conservados, en tanto la zona central de la muestra no presenta laminación sino un material arenoso fino donde predomina clastos irregulares angulosos de color oscuro. El intervalo en la parte media, carente de laminación, puede estar originado por la bioturbación.</p> <p>La roca presenta textura psamítica y la laminación presente parece ser provocada por corrientes. Incluso en el intervalo superior esta laminación es algo inclinada (parte de una óndula?) (ver lámina 2, foto a)</p>	Roca recrystalizada se observa en los bordes de los cristales la acumulación de una sustancia negra a pardo oscuro (posiblemente HC) que deben corresponder a las áreas manchadas en negro sobre todo en la porción central de la muestra. La sección delgada parece corresponder a la parte central de la muestra.	Indeterminada
CB 610- 3	Roca de color gris carne, grano fino a medio, textura psamítica medianamente seleccionada; posiblemente recrystalizada, cortada por vetas blancas y algunas cavidades de disolución (ver lámina 2, foto d).	Roca muy recrystalizada. Nota: Se observan posibles restos de algas que han sobrevivido el proceso de recrystalización que abarca la mayor parte de la roca. Las algas están representadas por áreas micríticas.	Indeterminada
CB 610- 4	Roca de color gris carne, sin evidencia de estratificación, aunque con cierta laminación oscura en algunas áreas. Textura psamítica, granos de hasta 1-2mm. En la superficie meteorizada se observa una laminación fina poco marcada (ver lámina 2, foto e).	La sección está constituida por un material totalmente recrystalizado aunque la recrystalización no se observa uniforme (menos o más en algunos lugares), pero la recrystalización es total. No se detectan ningún tipo de estructuras sedimentaria	Indeterminada
CB 610- 5a	En superficie fresca se aprecian una roca de textura cristalina fina, más menos recrystalizada de color gris claro. En superficie de corte por la sierra es una roca de color gris claro donde se observan numerosas grietas, algunas de ellas con trazos de HC. En la superficie del corte se aprecia una posible textura detrítica en parte de la muestra (ver lámina 2, foto f).	Roca muy recrystalizada. La sección tiene un aspecto brechoso o muy bioturbado. Nota: Algunas pequeñas partes de la sección están menos recrystalizadas (esparita fina) conservando trazas de laminación con restos de algas? No se detectan estructuras sedimentarias.	Indeterminada

CB 610- 5b	Roca de color gris carne claro en superficie del corte. Parte de la muestra presenta laminación ondulada (posiblemente estromatolítica), en tanto el resto tiene evidencias que pudiera presentar bioturbación reflejada en la distribución irregular de los sedimentos y la falta de laminación interna. Los sedimentos bioturbados tienen un contacto brusco con la parte laminada (ver lámina 2, foto g).	Roca casi totalmente recrystalizada con pequeñas áreas donde se preservan restos micríticos los cuales, según los especialistas del CEINPET, presentan escasos moldes recrystalizados. Nota: En la sección delgada no se observa la porción o la estructura laminada que está presente en parte de la muestra. No se registran estructuras sedimentarias.	Indeterminada
CB 610- 5c	Roca laminada, alternándose capas claras (posiblemente ricas en algas?), muy finamente laminados, con intervalos arenosos de color gris crema. Se observa una pequeña grieta de forma aproximadamente triangular rellena con materiales similares a los sedimentos sobreyacente atravesando la parte central con láminas blancas de la muestra (¿grieta rellena?).	La sección presenta una estructura groseramente laminada. Una parte de estas láminas están compuestas por material esparítico-micritico fino, con numerosos fragmentos micríticos gris verdoso oscuro, de grano muy fino, posiblemente restos de algas que contienen también otros fragmentos carbonatados. Estas capas ricas en restos de algas? Se alternan con algunos lentes esparíticos.	Microfacies 20
CB 610 – 5d	En superficie de corte la roca tiene un aspecto brechoso, con fragmentos mayores de color gris de hasta aproximadamente 1cm, en una matriz más clara de color crema parduzco con pequeños clastos blancos de forma irregular (algas), parte de la muestra presenta una recrystalización de contorno irregular (ver lámina 2, foto j)	En la roca se observa áreas compuestas por un material micrítico oscuro donde parecen abundar las peletas (Pellets) muchas de ellas posiblemente de origen orgánico. Conjuntamente aparecen áreas fuertemente recrystalizadas que pueden pasar de áreas micríticas a esparíticas. Las áreas esparíticas contienen dolomitas y material calcáreo- dolomítico. Ellas aparecen cortadas por vetas de calcita micro-esparítica a esparítica. También se ve algunas vetas rellenas de calcita. Mudstone con peletas. Fragmentos de peletas sub- angulosos.	Microfacies 19
CB 610- 7a	Roca carbonatada (caliza) parcialmente recrystalizada con nidos y vetas de calcita blanca – gris, la mayor parte de la roca parece ser un agregado cristalino fino color gris crema (ver lámina 2, foto h)	Roca compuesta por cristales esparíticos finos. En algunas áreas se preservan manchas de una sustancia pardo a negra quizás material carbonoso orgánico original del sedimento, no obstante la recrystalización en algunos puntos se preservan vagamente los contornos de algunos posibles granos originales, que parecen estar delimitados por halos ricos en materia orgánica. Nota: Foto	Indeterminada

		de restos carbonosos. En parte de la sección se forman nidos con cristales gruesos.	
CB 610- 8a	Roca laminada milimétricamente. Parte de la laminación aparentemente destruida por la bioturbación. En superficie meteorizada la roca es blanca con laminación pobremente representada (ver lámina 2, foto i)	Roca compuesta esencialmente por un agregado esparítico, algunos restos de una sustancia oscura, probablemente carbón orgánico? En la sección a tras luz se observa una porción de aspecto brechoso y otra donde pudiera existir algún tipo de bioturbación.	Microfacies 20
CB 610 - 8c	En superficie menos meteorizada la roca es de color gris oscuro, estratificación fina con una laminación (mm)=1cm. En la parte central se observa una lámina grande con bioturbación manifiesta.	La sección delgada está constituida por una roca recrystalizada esparítica, formada por láminas más o menos lenticulares con numerosos microestilolitos rellenos con una sustancia oscura parda rojiza. El tamaño de los cristales se mantiene constante en toda la sección, no hay vestigios de estructuras ni de granos minerales primarios.	Posiblemente a la Microfacies 19
CB 610 - 9a	En la muestra se distinguen dos partes, la mayor no se presenta estratificada y los materiales que contiene dan la impresión de haber sufrido una mezcla, aunque se distinguen láminas, aparentemente con pequeños "pliegues", probablemente toda esta lámina presenta evidencias de bioturbación. La otra parte de muestra presenta láminas de hasta varios mm de espesor, algunas de ellas lenticulares. Entre las láminas se disponen un sedimento más oscuro, arenosos.	En la sección a tras luz se observa laminas de color crema claro de varios mm de espesor. Las láminas oscuras deben su color a estar teñida por una sustancia de color pardo oscuro. En ellas se presentan zonas irregulares de material micrítico más oscuro. Los contactos entre las láminas claras y oscuras en ocasiones parecen ser estilolíticos, pero en otras no hay estilolitos y el contacto se hace más difuso. Además las láminas están finamente onduladas con escasas formas fósiles. La sección presenta las características de un estromatolito, siendo las bandas oscuras micríticas posiblemente rica en restos de algas.	Microfacies 20

CB 610 - 9c	Roca laminada con capillas blancas alternándose con otras oscuras, arenosas, de color gris cremoso. Se observa una pequeña grieta rellena por sedimentos arenosos similares a lo de las capillas de areniscas intercaladas entre los carbonatos. La grieta corta casi perpendicularmente la estratificación. Este fenómeno es observado también en otras partes de la muestra, pero en menor escala. La parte superior se ve rica en material bituminoso (ver lámina 2, foto k)	Se trata de roca compuesta por cristales de calcita o dolomitas sin preservarse restos de la roca original. No se observan restos fósiles. La sección está compuesta por finas láminas de 3-4mm de espesor. Esta laminación se logra distinguir también sin nicoles cruzados. Las láminas se deben a la alternancia de rocas con una textura esparítica fina y roca de grano más fino, aparentemente con una textura original detrítica. Otras veces las láminas las forman cristales de diferentes tamaños. Los límites entre láminas son suturas estilolíticas en muchos casos.	La microfacies se asemeja bastante a las laminillas de la Microfacies 19
CB 610 - 11a Fm. Sumidero	Calizas relativamente frescas, de grano fino, con laminación horizontal débilmente expresada, color crema-gris cremoso (meteorizada)	Mudstone de calcita micrítica donde se observan restos fósiles (Calpionélidos calcáreos, crinoideos y pelecípodos pelágicos). Algunos granos diminutos con óxido de hierro, Sutures estilolíticas. Se observó un aislado fragmento de valvas de pelecípodo pelágico. Abundan en ella unos surcos finos, que parecen que se originaron durante la confección de la sección delgada.	Microfacies 3
CB 610 - 11b Fm. Sumidero	Roca de color gris carne de grano fino. En superficie meteorizada se observan estilolitos que parecen corresponder a planos de estratificación (laminación). Este fenómeno no se expresa claramente en superficie. Nidos y vetas irregulares de calcita blanca con algunas cavidades sin cerrar	Se trata de un Wackestone, con alrededor de un 30% de granos mayores que se encuentra en una matriz micrítica. Estas partículas sedimentarias son de contorno redondeado, están compuestas de calcita y son en su mayoría testas de radiolarios. Roca cortada por vetas de calcita esparítica y estilolitos. Abundante HC con materia orgánica e hidróxido de hierro.	Microfacies 3
CB 610 - 12a	Roca de color gris carne con numerosas cavidades de disolución (mm), recristalizadas	Roca muy recristalizada, parecida 610-7a, pero con más avanzada recristalización. No se puede observar vestigios de la roca original.	Indeterminada

CB 610 - 12b	Parecida a la muestra 610-12a pero menos recrystalizada y con menos cavidades de disolución. Hay evidencia de restos de HC. (ver lámina 2, foto L)	Roca constituida por un material micrítico a micro esparítico, grisáceo con amplias zonas recrystalizadas. En algunas áreas, la distribución micríticas y esparitas dan a la roca un aspecto brechoso. Escasos moldes muy recrystalizados. Fragmentos de bivalvos?	Indeterminada
CB 205-H	Roca de color gris claro con laminación vinculada con estilolitos, granos (roca con textura detrítica) de hasta aproximadamente 1mm, algunos de tonos oscuros. Las son láminas horizontales de hasta varios milímetros de espesor.	Roca compuesta por partículas carbonatadas distinguiéndose entre ellos partículas identificadas como <i>Favreina</i> , <i>Cadosinidos</i> y <i>globochaetidos</i> . Estos materiales se encuentran en una matriz micrítica de color algo más claro. Las laminas están separadas por estructuras estilolíticas que contienen un material pardo rojizo, a veces negro (posiblemente hidróxido de hierro).	Posiblemente pertenezca a la Microfacies 19
CB -258a	No hay descripción megascópica	Roca muy recrystalizada	Indeterminada
CB- 258-2	No hay descripción megascópica	Roca finamente laminada constituida por una alternancia de finas capillas con diferentes grado (tamaño) de los cristales de calcita, algunas laminas tienen un carácter de micro brechas con una matriz de color negro. Estas micro brechas tienen siempre un contacto abrupto e irregular con la capa sobreyacente que parece ser erosional. Algunas láminas están formadas por un material micrítico y en otras por un material micro-esparítico. Se observan conjuntos de laminillas con diferentes espesores, que se cortan bajo ángulos muy bajos, Están presentes también deformaciones sinsedimentarias a pequeña escala.	Microfacies 19
CB – 258-3	No hay descripción megascópica	Roca recrystalizada. La sección tiene un aspecto brechoso o muy bioturbado. Se conservan posibles restos de algas que han sobrevivido el proceso de recrystalización que abarca la mayor parte de la roca. Estas partes con algas son lo que le dan un aparente aspecto brechoso.	Microfacies 21

Anexo 4. Descripción sedimentológica y microfacies de las muestras del subsuelo, pozo Cayajabos 3

No. de muestras	Descripción sedimentológica microscópica	Microfacies correspondiente según el Modelo de Wilson 1980
21926-A	Roca micrítica (mudstone), muy parecida a las secciones 21937C y 21937D. Abundantes estilolitos con impregnaciones de HC. La estructura de la roca está cortada por un gran nido de dolomita esparítica, con distinto grado de recristalización.	Microfacies 21
21926-B	Se trata de una mudstone con gran cantidad de estilolitos que cortan las vetas, con presencia de lenticillos igual que la muestra 21937-F. La roca parece dividida en laminillas con espesores de varios milímetros.	Microfacies 19
21926-C	La sección está compuesta por láminas de una micrita muy fina, separadas por estilolitos, a veces bien definidos, con una sustancia negra de relleno; otras menos definidos. En algunos casos se desarrollan nidos esparíticos finos, de forma muy irregulares. Los estilolitos cortan y truncan las vetas. En la sección en algunas áreas parecen estar presente peloides mal definidos, de formas aproximadamente elipsoidales	Posible microfacies 16
21926-G	Rocas muy finamente laminadas, formadas por un material esparítico fino, que se observa en dos intervalos de la sección. Están separados por una capa muy oscura, debido a la abundancia de una sustancia bituminosa. Esta capa intermedia está formada por una esparita de grano relativamente grueso donde abundan los lenticillos formados por esparitas finas. Hay un tránsito gradual entre el intervalo laminar y el intervalo central no laminado.	Microfacies 21
21926-J	La sección delgada está formada por intercalaciones de láminas micrítica-esparítica finas con esparíticas gruesa; estas últimas forman lentes. Las laminas en la parte micrítica o esparítica fina contornean los lentes esparíticos. Hacia la parte media de la sección las intercalaciones esparíticas aparecen como láminas de espesores variables que se pueden seguir a lo largo de toda la sección delgada. Estas terminan en una lámina con cristales bien desarrollados y a continuación sigue un mudstone con pequeños lentes de esparitas finas. Nota: posiblemente, por el tipo de laminación, estamos en presencia de un estromatolito.	Microfacies 20

21937-C	La roca está constituida por granos de calcita micrítica. Estos granos o peletas están íntimamente unidos, dejando poco espacio para la matriz. Esto sugiere que fueron transportados en estado semi consolidado. Esta capa se encuentra en contacto con otra similar pero de esparitas de con grano más fino. El contacto viene dado por estilolitos. Algunos espacios entre granos están ocupados por un material micrítico. En la sección se manifiesta laminación horizontal a escala milimétrica. Se observa una gradación normal en los granos. No se reconocen evidencias de bioturbación.	Microfacies 19
21937-D	La roca es bastante similar a la descrita en 21937-C, pero las laminitas son más finas, y los estilolitos más abundantes en algunas partes de la sección. Las láminas forman lentecillos alargados, dispuestos paralelamente. Si se compara esta roca con la sección 21937-C parece como si estas últimas se hubieran originado a partir de la erosión de rocas del tipo de 21937-C.	Microfacies 21
21937-F	Se trata de esparitas finas con laminación provocada por numerosos estilolitos que se disponen casi paralelamente dividiendo la roca en lentecillos. Roca muy parecida a 21937-C, pero de grano un poco más grueso. La mayor parte de la sección está ocupada por vetas. Límites bien definidos entre las láminas micritas y esparitas con abundante HC en las láminas micríticas.	Posiblemente microfacies 21
21937-G	Parecida o similar a la muestra anterior, la diferencia es que están cortadas por una gran cantidad de vetillas esparíticas gruesas. En algunas partes de la sección los estilolitos de la dirección principal son cortados perpendicularmente por otros, que coinciden parcialmente con vetillas micro-esparíticas.	Microfacies 19?

Anexo 5. Distribución de las 9 facies principales en una plataforma carbonatada, sus características y las microfacies estándar correspondiente, según Wilson (1975).

Facies	Características	Tipos de microfacies Estándar.
1	Facies de cuenca: El agua es muy profunda para la producción y depósito de carbonatos, dependiendo de la cantidad del influjo de sedimentos finos argiláceos y material silíceo. Pueden darse condiciones euxínicas e hipersalinas, por lo que es difícil la desintegración de plancton.	1, 2 y 3
2	Facies de plataforma: El agua con una profundidad de decenas o aún cientos de metros generalmente es oxigenada y con salinidad marina normal. Las corrientes tienen buena circulación y son lo suficientemente profundas para encontrarse bajo el nivel de oleaje normal, pero con tormentas intermitentes que afectan los sedimentos del fondo.	2, 8, 9 y 10
3	Facies de margen de cuenca: Se encuentra en el límite o al pie de la plataforma carbonatada de material conchífero derivado de la misma. Las condiciones de profundidad y base del oleaje, así como el nivel de oxígeno son muy similares a las de la facies 2.	2, 3 y 4
4	Facies de pendiente frontal de la plataforma carbonatada: Generalmente la pendiente se localiza arriba del límite más bajo de agua oxigenada, encima de la base del oleaje. Los detritos carbonatados se depositan comúnmente con una inclinación de casi 30 grados, es inestable y de tamaño variado. La estratificación presenta derrumbes, montículos, frentes en forma de cuña y bloques grandes.	4, 5 y 6
5	Facies de arrecifes de margen de plataforma (construcción orgánica): El carácter ecológico depende de la energía del agua, inclinación de la pendiente, productividad orgánica, cantidad de la construcción del armazón, uniones, entrapamientos, frecuencia de exposiciones subaéreas y cementación.	7, 11 y 12
6	Facies de arenas de barrera arenosa de borde de plataforma: Éstas toman las formas de bancos, playas, barras de marea de mar abierto en abanicos, cinturones o islas de dunas. La profundidad de tales arenas marginales varía de 5 a 10 metros. El ambiente es oxigenado pero no adecuado para la vida marina debido al cambio constante de sustrato.	11, 12, 13, 14 y 15
7	Facies marina de plataforma abierta: Este ambiente se localiza en estrechos, lagunas y bahías abiertas detrás del borde de plataforma externa. La profundidad del agua es generalmente somera, a veces solo algunos metros de profundidad. La salinidad es normal, a veces variable y con circulación moderada.	8, 9, 10, 16, 17 y 18
8	Facies de plataforma de circulación restringida: Incluye la mayor parte de los sedimentos finos en lagunas muy someras y los sedimentos gruesos en canales de marea y playas locales. Todo el complejo corresponde al ambiente de planicies de mareas. Las condiciones son extremadamente variables y constituye un ambiente muy difícil para los organismos. Llegan a presentar aguas dulces, salinas e hipersalinas, con exposiciones subaéreas frecuentes y con condiciones reductoras y oxidantes; existe abundante vegetación tanto marina como de pantano. Los terrígenos de origen eólico pueden llegar a representar una porción importante en los depósitos.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 24
9	Facies de plataforma evaporítica: Ambiente de supramarea y de lagos en la plataforma marina. El clima se caracteriza por ser árido y con un intenso calor (áreas de sabkas y planicies de sal), por lo que las inundaciones marinas son muy esporádicas. El yeso y la anhidrita son muy comunes dentro de estos depósitos.	20 y 23

Anexo 6. Principales características de las microfacies estándar, según el modelo de Wilson (1975).

Tipos de microfacies estándar	Características
1	Espiculitas. Mudstone o wackestone arcilloso oscuros, enriquecidos en sustancias orgánicas o calcisiltitas de espículas silíceas. Espículas usualmente orientadas, generalmente monoaxonas (un solo palillo) comúnmente remplasadas por calcita.
2	Calcisiltitas microbioclásticas. Pequeños bioclásticos y peloides, granos muy finos de grainstone y packestone, mm estratificación cruzada rizada muy común.
3	Mudstone y wackestone pelágicos. Matriz micrítica con microfósiles pelágicos dispersos (radiolarios o globigerínidos) o megafósiles (graptolitos o fragmentos de conchas finas y pelecypodos)
4	Microbrechas o packestone bioclásticos, granos gastados frecuentemente, graduados, originalmente polimíctica o monomíctica. También pedernal, cuarzo y detritos carbonatados.
5	Grainstone-Packestone-Floastone con bioclastos derivados de construcciones arrecifales. Rellenos geopetales y efectos de sombrilla producidos por sedimentos finos infiltrados.
6	Rudstone arrecifal con grandes bioclastos o colonias rotas de constructores de esqueletos, no matriz.
7	Boundstone. Organismos sesiles (in situ). Subtipo de esqueletos, bindstone o balflestone.
8	Wackestone con organismos completos incluidos en micritas. Solo algunos bioclastos. Fauna e infauna bien preservada.
9	Wackestone bioclástico o micrita bioclástica. Fragmento de diversos organismos los cuales están textualmente homogenizados a través de la bioturbación. Los bioclastos pueden ser micritizados.
10	Packestone-Wackestone con bioclastos gastados y revestidos.
11	Grainstone con bioclastos revestidos en cemento espático.
12	Coquina, packestone bioclástico, grainstone o radstone con concentración de organismos, donde ciertos tipos de organismos dominan (dasycladaseos, conchas o crinoideos).
13	Grainstone, biosparita de oncoides.

14	Rezago (lag) de partículas envueltas y desgastadas a veces mezclados con ooides y peloides teñidos de hierro con fosfatos, otras veces con litoclastos aloctonos (extraclastos) usualmente con estratificación fina.
15	Oolitas bien formadas y seleccionadas con microestructuras tangencial, generalmente de diámetro 0.5-1.5 mm. Usualmente empaquetada, siempre estratificación cruzada.
16	Grainstone con peletas. Probablemente peletas fecales en lugares mezclados con ostrácodos concentrados, testas o foraminíferos.
17	Grainstone con pelesparita o Grainstone con granos agregados (grapestone y terrones) de peloides aislados y aglutinados, algunas partículas cubiertas de carbonatos.
18	Grainstone de foraminíferos y dasycladareas con concentraciones de sus granos esqueléticos.
19	Mudstone-wackestone laminado (loferita) ocasionalmente graduado dentro de pelsparita con fábricas fenestrales, a menudo con peloides, foraminíferos, gasterópodos y algas esporádicas.
20	Mudstone algal estromatolítico.
21	Mudstone espongiostromático constituido por fábrica de agrupaciones de algas en micritas.
22	Wackestone-Floastone, con grandes oncoides en micrita.
23	Micrita pura organógena, no fosilífera, laminada, a veces con cristales de evaporita diseminada.
24	Rudstone-Floatstone con litoclastos y bioclastos gruesos. Los clastos usualmente son de micritas o calcisiltitas no fosilíferas, estratificación cruzada, matriz escasa, textura imbricada.