

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DE ALGAS ROJAS EN EL
INTERVALO OLIGO-MIOCENO, POZOS PERLA Y CORAL,
GOLFO DE VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Morillo G., Yonkar y

Vera A., Stepher

Para optar al título de

Ingeniero Geólogo

Caracas, Junio de 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DE ALGAS ROJAS EN EL
INTERVALO OLIGO-MIOCENO, POZOS PERLA Y CORAL,
GOLFO DE VENEZUELA**

Tutor Académico: Dr. Mauricio Bermúdez

Tutor Industrial: MSc. Gilberto Soto

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:
Morillo G., Yonkar y

Vera A., Stepher

Para optar al título de
Ingeniero Geólogo

Caracas, Junio de 2015

Caracas, Junio de 2015

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Stepher A. Vera A., y Yonkar J. Morillo G., titulado:

“ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DE ALGAS ROJAS EN EL INTERVALO OLIGO-MIOCENO, POZOS PERLA Y CORAL, GOLFO DE VENEZUELA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Prof. José Méndez

Jurado

Profa. Patricia González

Jurado

Prof. Mauricio Bermúdez

Tutor Académico

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente:

... A mis padres Ilba y Arevalo, son mi mayor inspiración en la vida gracias por su apoyo incondicional en los momentos difíciles, este logro es de ustedes.

...A mi hermana Martha y mis abuelos Pedro y Cruz, por formar parte de este logro, y a mis familiares que de una u otra forma me apoyaron siempre.

... A Hernán, hijo has sido mi inspiración, y motor para este logro profesional.

... A Roselía Palomo gracias por todo el apoyo recibido a lo largo de mi carrera.

... A Sixta María sé que estuvieras orgullosa de mí si no nos hubieses dejado físicamente sé que desde el cielo celebras este logro obtenido.

Yonkar Morillo

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso y a la Santísima Virgen del Valle siempre por darme las fuerzas necesarias para culminar mi carrera con éxito a pesar de todos los tropiezos vividos en el camino.

A la Universidad Central de Venezuela, y en especial a la escuela de Geología, Minas y Geofísica, por formarme como Ingeniero Geólogo y por todas las vivencias que tuve allí, la cual considero como mi segunda casa.

A mi tutor Prof. Mauricio Bermúdez por la confianza puesta en nosotros para el desarrollo de este trabajo. A mi tutor industrial Ing. Gilberto Soto por todo el apoyo suministrado en INTEVEP y a toda la gerencia que la conforma.

A los ingenieros José Martínez y Marlene Flores, por toda la colaboración prestada para la elaboración de este trabajo mil gracias amigos.

A la Lic. Morella Mikaty, la cual considero mi segunda madre gracias por todo los consejos que me diste y por toda la ayuda prestada como pasante de la biblioteca mil gracias mi more siempre voy a estar agradecido de ti.

A mi compañero de tesis Stepher Vera por soportar todas mis rabietas y por su gran colaboración para el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos Ronny Carrero, Freddy Cisnero, William Martínez y Ender Nieto, por darnos siempre ánimos y fuerzas para el logro de esta meta.

A mis compañeros de campo largo y en especial a Claudia Sánchez, Víctor Barrile, Doralí García y Karla Trompetero gracias muchachos fue el mejor campo de mi carrera.

A mis grandes amigos y compañeros, María T Artigas, Marcos Martus, Alejandro Zabala, Kely Pérez (my negra), Melisa Sánchez, Matilde Landaeta, Karellys Leal, Luis Scremin, Reinaldo Pérez, Adonái Álvarez, Jesús (Yisus), Edison Cadena, Zully Albertini (la pipota), María Teresa Espinoza, Ana María Rodríguez, Marianyelis Rodríguez, José Luna (el bombi), Carlos Castillo, Jhon Sney, María Ferrer, Gustavo Valencia, Rafael Falcón, Lenín González, Gregorio López, Edith García, Efraín Caraballo, y a todos los que no nombre por cierto son muchos y solo dispongo de una hoja para los agradecimientos MIL GRACIAS siempre los recordaré.

DEDICATORIA

...A Dios todopoderoso por la salud y bendiciones a lo largo de esta hermosa carrera; a mis padres y hermanas (Staphanie y Yenimar), quienes fueron mi base sólida para salir adelante y culminar mi carrera de una manera satisfactoria, siempre guiándome y recalcando los valores impartidos en nuestro núcleo familiar, y al resto de la familia por su apoyo incondicional aún en los peores momentos. Esto no termina aquí, apenas es el inicio de muchos éxitos que vendrán de ahora en adelante.

...A mi abuela Angelina “Nanina” por ser esa persona tan especial en mi vida, más que mi abuela es otra madre a la que amo y quiero a mi lado durante muchos años más.

Stepher Vera

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central donde me formé como profesional, viví los mejores momentos de mi vida y disfruté de esta hermosa y apasionante carrera, buenas amistades y excelentes profesores. A la gran empresa PDVSA- Intevep por permitir desarrollar mi trabajo especial de grado.

Al Dr. Mauricio Bermúdez (tutor académico) y MSc. Gilberto Soto (tutor industrial) por brindarme ese apoyo, conocimiento y contribución en todo momento cuando se requirió de su ayuda. A mi amigo y compañero de tesis Yonkar Morillo por su amistad y apoyo incondicional.

A mi amigo y hermano Jesús Grillet, quien demostró que hay nexos tan grandes aun cuando no hay lazos de consanguinidad, demostrando que la vida te permite conocer grandes personas, siempre presente en las buenas y en las malas, tanto en la parte profesional como personal, impartiendo un consejo o ayuda sin algún bienestar personal.

A mis amigos Freddy Goyo, José Luis Hernández, Raúl Rodríguez y Omar Zabaleta† por haber compartido durante la carrera y formar esa gran amistad que tenemos hoy en día, siempre dispuestos a ayudar en todo momento. A los Ing. José Martínez (PDVSA-Intevep) y Marlene Flores por su gran colaboración para el desarrollo de este trabajo especial de grado.

A la familia Carrillo Prieto por haber mostrado ese apoyo y cariño no solo en mi vida personal sino a lo largo de mi formación como profesional, demostrando que aunque no exista lazos de consanguinidad me han hecho sentir parte de su familia. Muchas gracias y eternamente agradecido con ustedes.

A la familia Jader (Marian, Rogelio, Isroberth, José, Josman) por su gran apoyo incondicional y en especial a la Sra. Marianela Martínez por ser más que una amiga, una madre, esa persona que siempre me brindó su ayuda, apoyo y un consejo para seguir adelante, aun en los peores momentos siempre estuvo ahí.

A mis amigas Yashira Cardona, Jennifer Azócar y Keith Contreras por su infinidad de muestras de apoyo y cariño, ofreciendo siempre una mano ayuda o un consejo. LAS QUIERO.

A Efraín Caraballo por su apoyo, amistad y colaboración en la carrera. Y a todas aquellas amistades que de una u otra forma aportaron para mi formación como Ingeniero Geólogo.

Morillo G. Yonkar, J.

Vera, A. Stepher, A.

**“ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO DE ALGAS ROJAS EN EL
INTERVALO OLIGO-MIOCENO, POZOS PERLA Y CORAL,
GOLFO DE VENEZUELA”**

Tutor Académico: Dr. Mauricio Bermúdez. Tutor Industrial: Msc. Gilberto Soto. Tesis, Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, 2015, 132 páginas.

Palabras Clave: Golfo de Venezuela, algas rojas, algas verdes, rocas carbonáticas, Perla y Coral - pozo Petrolífero, Oligoceno, Mioceno.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó un estudio a detalle de 145 secciones delgadas de rocas, correspondiente a cuatro pozos de las áreas Perla y Coral, en la sucesión carbonática de intervalo Oligoceno-Mioceno temprano, Golfo de Venezuela. El mismo tiene como objetivo identificar los diferentes tipos de algas rojas y verdes predominantes bajo las condiciones paleoambientales que imperaron en la zona de estudio durante los períodos antes mencionados.

Los principales resultados de este trabajo sugieren la presencia de tres familias: Corallinaceae, Sporolithaceae, y Halimedaceae. Dentro de la primera familia se identifican tres subfamilias con sus respectivos géneros: Melobesoideae (*Lithothamnium*, *Mesophyllum*), Mastophoroideae (*Lithophyllum*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon*, *Hidrolithon* y *Spongites*) y Corallinoideae (*Corallina*). Para la Familia Sporolithaceae sólo se identificó el género *Sporolithon* y para la Halimedaceae se discriminó el género *Halimeda*. La presencia de estos géneros de algas rojas permite inferir un paleoambiente de depositación en una rampa media; sin embargo la presencia de algas verdes sugiere posibles eventos de somerización.

También se determinó que las algas no geniculadas generalmente se encuentran de forma fragmentadas formando rodolitos en algunos de los casos, con presencia de macrohoradaciones y microhoradaciones causada por diferentes organismos.

Se establecieron cartas de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes para cada pozo estudiado, cartas bioestratigráficas y una tabla de correlación entre los pozos Perla, estando el pozo Coral excluido de dicha correlación debido a que su rango es corto. A través de las cartas se pudo establecer una distribución de los

distintos géneros de algas rojas y verdes, con la finalidad de obtener posibles ambientes, quedando limitados generalmente a ambiente de rampa media con esporádicas apariciones de algas rojas en la rampa interna – externa y algas verdes en la rampa interna.

Uno de los principales aportes de esta investigación lo constituye un catálogo de imágenes donde se describen diez géneros entre algas rojas y verdes, lo cual constituye el primer repositorio de datos existente en la Industria Petrolera Nacional, las mismas podrían ser utilizados en futuras investigaciones como cartas guías para el reconocimiento de estos géneros.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVO GENERAL	4
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.6. ALCANCE	4
1.7. ANTECEDENTES	5
1.9 METODOLOGÍA	8
Etapa I: Recopilación Bibliográfica	9
Etapa II: Laboratorio	9
Etapa III: Oficina	11
2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	13
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL	13
2.2. EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL	14
2.3 EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LA CUENCA	21
2.4 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	24
2.4.1. Formación El Paraíso (Oligoceno temprano a medio)	25
2.4.2. Formación Pecaya (Oligoceno medio a Mioceno temprano)	25
2.4.3. Formación Churuguara (Oligoceno temprano - Mioceno temprano)	26
2.4.4. Formación San Luis (Oligoceno – Mioceno temprano)	26
2.4.5. Formación Guarabal (Mioceno temprano)	27
2.4.6. Formación Pedregoso (Mioceno temprano)	27
2.4.7. Miembro Cauderalito (Formación Agua Clara) (Mioceno temprano)	28
2.4.8. Formación Agua Clara (Mioceno temprano)	28
2.5. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
2.5.1. Tectónica Local	29
2.5.2. Estratigrafía Local	30
3. MARCO TEÓRICO	33
3.1. LAS ALGAS	33
Generalidades	33
3.2. ALGAS CALCÁREAS	34
3.2.1. Aspectos generales sobre su biología:	34
3.2.2. Tipos de hábitos en algas calcáreas (Figura 3.1)	35
3.2.3. Características principales de las algas bentónicas fósiles según De La Cruz (1993)	37
3.3. ALGAS VERDES (CHLOROPHYTA)	37
3.4. ALGAS ROJAS (RHODOPHYTA)	40
3.4.1. Características de las algas rojas:	41
3.4.2. División de familias de algas rojas más importantes:	42
3.4.3. División de subfamilias de la Familia Corallinaceae:	47
3.5. CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA CORALLINAS NO GENICULADAS	51
3.5.1. Talo de las algas corallinas geniculadas	53
3.6. CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA CORALLINAS GENICULADAS	57
3.7. RODOLITOS	58

3.8. BIOHORADACIONES	60
3.9. MODELO DE FACIES DE RAMPAS CARBONÁTICA	67
4. RESULTADOS	70
4.1. DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ALGAS ROJAS Y VERDES	70
4.2. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LAS ALGAS ROJAS EN LAS ÁREAS PERLA - CORAL.....	82
4.2.2. Distribución de los géneros de algas rojas presentes en los pozos Perla - Coral ..	84
4.3. DISTRIBUCIÓN DE ALGAS VERDES EN EL ÁREA PERLA - CORAL	86
4.4. DISTRIBUCIÓN DE RODOLITOS PRESENTES EN LOS POZOS A, B, C Y D	86
4.4.1. Distribución de biohoradaciones en los pozos A, B, C y D	87
4.5. CORRELACIÓN DE POZOS PERLA EN EL INTERVALO OLIGOMIOCENO, GOLFO DE VENEZUELA.....	89
4.6. DISTRIBUCCÓN PALEOAMBIENTAL DE LOS POZOS PERLA Y CORAL	89
Asociación Nerítico Medio	92
Asociación Nerítico Interno	93
Asociación Nerítico Externo	93
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Ubicación geográfica de los pozos A, B, C y D, Golfo de Venezuela.	2
Figura 1. 2. Diagrama de flujo de la metodología empleada.	8
Figura 1. 3. (a) Ejemplo de sección delgada analizada. (b) Microscopio Petrográfico (modelo Zeiss AX105KOP 40)	10
Figura 2. 1. Provincias geológicas en la región noroccidental del Golfo de Venezuela. Provincia Suroccidental (verde) y Provincia Nororiental (amarillo)	14
Figura 2. 2. Modelo conceptual de la cuenca de Falcón. (Tomado y modificado de Boessi y Goddard, 1991)	15
Figura 2. 3. Modelo conceptual para la cuenca de Falcón. (Tomado y modificado de Boessi y Goddard, 1991)	15
Figura 2. 4. Evolución de las cuencas "pull-apart" Falcón y Bonaire. (Tomado y modificado de Muessig, 1984).....	17
Figura 2. 6. Modelo de orógeno de flotación para la cuenca de Falcón Bonaire. (a) Configuración tectónica para el Paleoceno- Eoceno medio. (B) Configuración tectónica para el Eoceno tardío. (SB) Surco de Barquisimeto, (CP) Cuenca de retroarco de Paracotos, (VDC) Arco de islas de Villa de Cura, (CDC) Terrenos de la Cordillera de la Costa, (AAH) Alto de las Antillas Holandesas, (PP) Alto de Paraguaná, (CFB) Sedimentación marina en el centro de la cuenca y continental a somera en los márgenes. (Tomado y Modificado de Porras, 2000).....	20
Figura 2. 7. Mapa de distribución de facies del Oligoceno para la cuenca de Falcón. (Tomado y modificado de Macellari, 1995 por González, 2013).....	22
Figura 2. 8. Mapa de distribución de facies del Mioceno temprano para la cuenca de Falcón. (Tomado y modificado de Macellari, 1995 por González, 2013)	22
Figura 2. 9. Mapa de distribución de facies del Mioceno medio – tardío para la cuenca de Falcón. (Tomado y modificado de Macellari, 1995 por González, 2013)	23
Figura 2. 10. Cuadro de correlación general de la cuenca de Falcón. (Tomado y Modificado de Díaz de Gamero, 1997 por Ortega <i>et al.</i> , 2014)	25
Figura 2. 11. Mapa de Fallas Cuaternarias Activas en la Región de Falcón (simplificado de Audemard <i>et al.</i> , 1992). Cinco tipos de fallas son identificadas como activas bajo un margen de esfuerzos transpresivo caracterizado por un máximo esfuerzo horizontal NNO-SSE y un mínimo esfuerzo horizontal ENE-OSO. (Tomado de Audemard y Singer, 1996).....	30
Figura 2. 12. Sección sísmica perteneciente al banco carbonático de "Perla". (Tomado y Modificado de Pinto <i>et al.</i> , 2011 por Palacios 2013).....	31
Figura 3. 1. Tipos de hábitos en algas calcáreas. (Tomado y modificado de Canudo, 2002). 35	35
Figura 3. 2. Ecología de algas calcáreas en ambientes depositacionales situados en una plataforma de carbonatos (Wilson, 1975).....	37
Figura 3. 3. Distribución de algunos géneros de clorofita. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)	39
Figura 3. 4. Estructura vegetativa y reproductora de una carofita actual. A) b. Bulbos amílicos; r. Rizoides; n. Nudos; t. Talos; w. Verticilos. B) a. Anteriodióforo; br. Brácteas; o. Oogonios; co. Corónula; ic. Célula intermodal; ct. Células corticantes. (Tomado y modificado de Canudo, 2002).....	40

Figura 3. 5. Hábito y estructura interna en Corallinaceae. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)	42
Figura 3. 6. a) En las corallinas geniculadas la ramificación tiene lugar a través del genículo y el genículo une dos intergenículas b) En las corallinas no geniculadas la ramificación tiene lugar sin genículo y la genícula totalmente ausente. (Tomado y modificado de Bassi <i>et al.</i> , 2000)	51
Figura 3. 7. Organización del talo. a) La organización del talo es monomérico que tiene región de núcleo coaxial y la región periférica. b) La organización del talo es monomérico que tiene región de núcleo no coaxial y la región periférica. c) La organización dimerica del talo tiene filamentos primarios y secundarios. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)	54
Figura 3. 8. Diferentes conexiones de paredes celulares de las algas. a) Conexiones de hoyos secundarios, b) Fusiones celulares y c) Conexiones de hoyos primarios y fusiones celulares. En estas figuras los números se refieren a: 1) Pared celular mineralizada. 2) hoyos secundarios. 3) Tejidos vivos. 4) Fusiones celulares. 5) Célula epitalial. 6) Subepitalial inicial (célula meristemática). 7) Fusión celular interfilamental. 8) Conexión de hoyo primario. a y b (Tomado y modificado de Kundal, 2011)	55
Figura 3. 9. Filamentos periféricos. a) Fusiones celulares, subepitalial inicial, células epitiales y tricócitos. b) Células epitiales acampanadas. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)	56
Figura 3. 10. Órganos reproductivos. a) Tetra/órganos reproductivos bisporangial en conceptáculo multiporado. b) Tetra / conceptáculos monoporados bisporangial dispuestos en soros con células talo y paráfisis. c) Tetra / órganos reproductivos bisporangial en conceptáculo multiporados con columella. d) Los órganos sexuales pueden tenerse en conceptáculos uniporados con iniciales espermatangiales simples o ramificadas. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)	57
Figura 3. 11. Relación de energía y forma de los rodolitos. (Tomado y modificado de	60
Figura 3. 12. Tipos de microhoradaciones. a, b) Microhoradación (Icnotipo A) con incrustación de briozoos. (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010).	62
Figura 3. 13. Microhoradación de Icnotipo B, posiblemente relacionada con la acción de hongos, algas y/o esponjas. (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010)	63
Figura 3. 14. Microhoradación de Icnotipo C, atribuidas a las horadaciones producidas por esponjas o algas. (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010).	64
Figura 3. 15. Macrohoradación de tipo Gastrochaenolites (Gas), atribuidas a las horadaciones de bivalvos. (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010)	65
Figura 3. 16. Macrohoradación de tipo Entobia (Ent). (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010).	65
Figura 3. 17. Macrohoradación de tipo Trypanites (Try), desarrolladas de forma perpendicular a la superficie del alga. (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010).	66
Figura 3. 18. Macrohoradación de tipo Meandropolydora y Caulostrepsis (Mea). (Tomado y modificado de Bassi, <i>et al.</i> , 2010)	67
Figura 3. 19. Los diferentes tipos de perfiles y de distribuciones facies de cinturones deposicionales que caracterizan plataformas. (Tomado y modificado de Pomar <i>et al.</i> , 2002)	68
Figura 3. 20. Modelo deposicional para el Tortoniense temprano distalmente un empinamiento en la rampa de Menorca. (Tomado y modificado de Pomar, 2001a)	69
Figura 4. 1. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo A.	71
Figura 4. 2. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo A.	71
Figura 4. 3. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo A.	72

Figura 4. 4. Fotomicrografías de rodolitos compuestos encontrados en el pozo A.	72
Figura 4. 5. Fotomicrografías de géneros de algas rojas encontradas en el pozo A. A) Se señala el órgano reproductor (soros) del <i>Sporolithon</i> . B) <i>Corallina</i>	73
Figura 4. 6. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo B.	74
Figura 4. 7. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo B.	74
Figura 4. 8. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo B.	75
Figura 4. 9. Fotomicrografías de rodolitos encontrados en el pozo B.	75
Figura 4. 10. Fotomicrografías de géneros de algas rojas y verdes encontrados en el pozo B. A) Se señala el órgano reproductor (conceptáculo) del <i>Lithothamnion</i> . B) <i>Halimeda</i>	76
Figura 4. 11. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo C.	77
Figura 4. 12. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo C.	77
Figura 4. 13. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo C.	78
Figura 4. 14. Fotomicrografía de rodolitos encontrado en el pozo C.....	78
Figura 4. 15. Fotomicrografías de géneros de algas rojas encontrados en el pozo C.....	79
Figura 4. 16. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo D.....	80
Figura 4. 17. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo D.	80
Figura 4. 18. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo D.	81
Figura 4. 19. Fotomicrografía de rodolitos complejos encontrados en el pozo D.	81
Figura 4. 20. Fotomicrografías de géneros de algas rojas y verdes encontrados en el pozo D. A) Se señala el órgano reproductor (conceptáculo) del <i>Hidrolithon</i> . B) <i>Halimeda</i>	82
Figura 4. 21. Variación porcentual de las algas rojas en los pozos A, B, C y D.....	83
Figura 4. 22. Distribución de las subfamilias de algas rojas en los pozos Perla - Coral.....	83
Figura 4. 23. Variación porcentual de los géneros de algas rojas en los pozos Perla – Coral.	85
Figura 4. 24. Variación porcentual de las algas verdes en los pozos Perla y Coral.	86
Figura 4. 25. Conteo promedio de rodolitos en los pozos A, B, C y D.....	87
Figura 4. 26. Conteo promedio de microhoradaciones en los pozos Perla y Coral.	88
Figura 4. 27. Conteo promedio de macrohoradaciones en los pozos Perla y Coral.....	88
Figura 4. 28. Modelo depositacional sugerido para los pozos Perla y Coral.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Selección de muestra INTEVEP PDVSA/ ENI 9

Tabla 2. 1. Dimensiones del eje horizontal de las imágenes capturadas a través del microscopio de luz transmitida. 11

Tabla 3. 2. Resumen de los principales caracteres de trazas fósiles e icnogéneros relacionados. (Tomado y modificado de Bassi *et al.*, 2010)..... 61

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Numerosos grupos de algas tienen la particularidad de acumular carbonato de calcio alrededor de sus filamentos o en sus tejidos, paredes, o estructuras reproductivas; tales formas, aunque pertenecen a diferentes divisiones botánicas, pueden mencionarse en conjunto como “algas calcáreas”. Estas algas pueden llegar a formar una proporción considerable de sedimentos recientes o antiguos, y en algunos casos pueden proporcionar fósiles característicos de edad. En algunas carofitas los restos son auténticos microfósiles por su tamaño; en otros, pueden presentarse fragmentos, en las muestras lavadas para su estudio general, o los fósiles pueden hallarse en calizas que deben ser estudiadas al microscopio en secciones finas (De Rivero y Bermúdez, 1963).

Algas calcáreas es un término que agrupa a distintos grupos de (protistas) afines a las plantas y que tienen facilidad para calcificarse total o parcialmente; se describen en dos grupos: algas rojas, caracterizadas por sus pigmentos clorofila a, clorofila d y ficoeritrina; y algas verdes que poseen un hábito ramoso bien desarrollado tendiendo a desarticularse fácilmente. Su interés es debido a que son bioconstructores de arrecifes y uno de los componentes bioclásticos más abundantes en las rocas carbonáticas, ayudando al estudio del paleoambiente y análisis paleoecológico (Canudo, 2002).

La investigación de las algas calcáreas como complemento de los estudios geológicos ha sido poco desarrollada en el ámbito académico y en la industria petrolera nacional. A raíz de las recientes perforaciones realizadas en el Golfo de Venezuela y del descubrimiento de yacimientos de gas en rocas carbónicas ricas en algas rojas.

El análisis de muestras de núcleos de los pozos Perla y Coral busca realizar una caracterización de estos carbonatos basados en el contenido de las algas calcáreas, elaborando la carta bioestratigráfica respectiva, con el propósito de definir los paleoambientes y su evolución a través del Oligoceno-Mioceno. Además se tiene interés determinar su utilidad en correlaciones, basándose en la abundancia de algas rojas y verdes, y generar un catálogo que

permita incentivar su aplicaciones en otras áreas de la cuenca de Falcón en donde se encuentren carbonatos con algas rojas.

1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio está localizada en la zona noroeste de Venezuela (Figura 1.1), integrado por los pozos costa afuera, limitando al este por la Península de Paraguaná, y al oeste con la Península de la Guajira, al sur por la costa occidental del Estado Falcón y al norte abierto en el Mar Caribe.

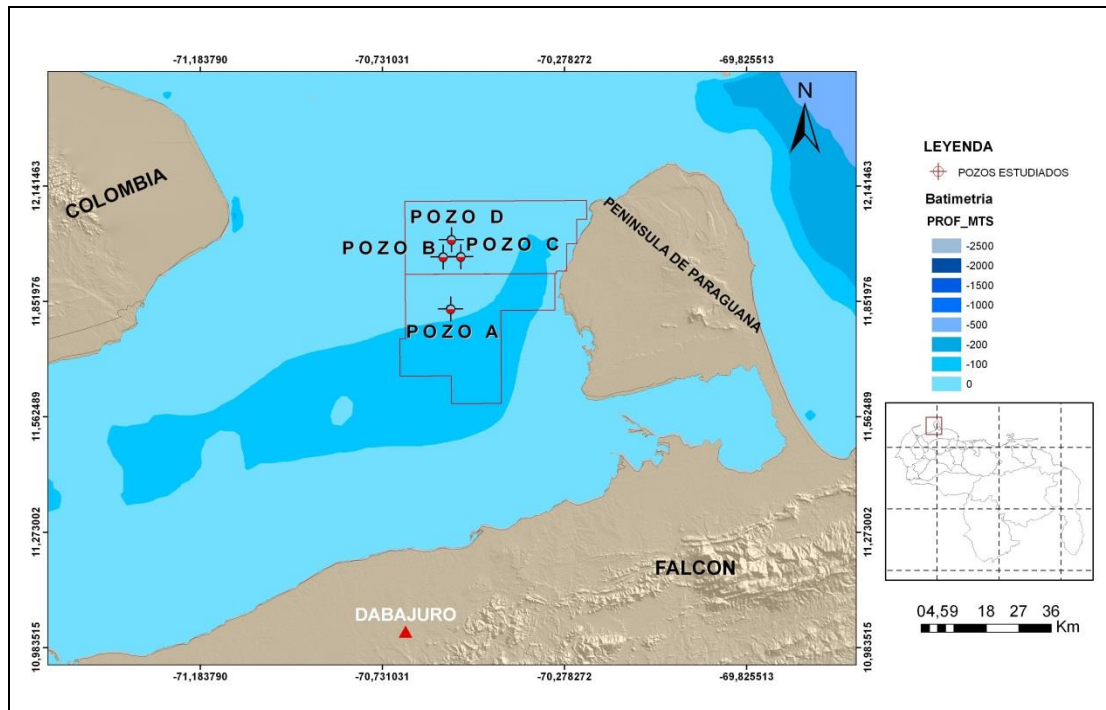


Figura 1. 1. Ubicación geográfica de los pozos A, B, C y D, Golfo de Venezuela.

En el área de estudio se encuentran contenidos los pozos Perla y Coral, ubicados en los Bloques Cardón IV y Urumaco I, pertenecientes al Golfo de Venezuela, denotados en este trabajo como pozos A, B, C Y D.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hasta la fecha, en el ámbito académico y en la industria petrolera nacional, la investigación de las algas calcáreas como complemento de los estudios geológicos ha sido poco desarrollada; su estudio surge gracias al descubrimiento de un yacimiento de gas en aguas del Golfo de Venezuela, el cual corresponde a una sucesión de capas de calizas de edad Oligoceno-Mioceno. Estos depósitos no han sido formalmente definidos dentro de la litoestratigrafía de esta cuenca, por consiguiente le fue llamado de manera informal caliza “Perla” y constituye el yacimiento de gas y condensado más importante descubierto recientemente en Venezuela. Estos depósitos carbonáticos están ubicados en el Bloque Cardón IV, al noroeste de la Península de Paraguaná, en el Golfo de Venezuela.

La sucesión de calizas encontradas en el área de estudio, comprendidas por los pozos Perla y Coral, tienen como constituyentes principales fragmentos de algas rojas, foraminíferos y en menor contenido fragmentos de equinodermos, balánidos, corales, briozoos, algas verdes y moluscos. Estos fósiles son considerados actualmente como los principales productores de carbonatos, representando valiosos indicadores de facies. Aun cuando las algas representan uno de los principales componentes, es muy poco lo que se conoce sobre ellas en la cuenca de Falcón, así como la importancia bioestratigráfica que podrían aportar.

Igualmente, a nivel de la cuenca de Falcón no se han realizado estudios significativos que profundicen en el tema de las algas rojas de forma taxonómica o descriptiva. Por lo tanto, existe una necesidad de comprender la utilidad de éstas, así como las implicaciones paleoambientales y si estos conocimientos se pueden extender a otras áreas en Venezuela.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de profundizar en el conocimiento de las algas rojas en la cuenca de Falcón, surge la necesidad de realizar una investigación que permita ayudar en el reconocimiento de las algas, comprender sus implicaciones en la historia geológica de la cuenca de Falcón y Venezuela, entender los procesos que afectaron la depositación de la cuenca y tratar de discriminar la información que ellas podrían arrojar en términos paleo-

ecológicos, con el fin de establecer posibles correlaciones entre los diferentes pozos analizados costa afuera de Falcón.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio bioestratigráfico de algas rojas en el intervalo Oligo-Mioceno de los pozos Perla y Coral, ubicados en el Golfo de Venezuela.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer e identificar taxonómicamente las algas rojas presentes en los depósitos carbonáticos a través de las secciones delgadas de rocas.
- Caracterizar la sucesión carbonática Oligoceno-Mioceno presente en el área de estudio de acuerdo a su contenido en algas rojas y verdes.
- Elaborar la carta bioestratigráfica de las algas rojas presentes en el área de estudio, con el propósito de establecer ambientes sedimentarios.
- Determinar las implicaciones paleoambientales de la presencia de las algas rojas y verdes identificadas en este estudio.
- Elaborar un catálogo de imágenes de las algas rojas observadas en ésta área, con la finalidad de establecer un repositorio de datos que pueda ser utilizado en futuras investigaciones sobre algas rojas en Venezuela.

1.6. ALCANCE

Reconocer e identificar el paleoambiente a través de las algas rojas y verdes presentes en la sucesión carbonática Oligoceno-Mioceno, por medio de secciones delgadas y generar un catálogo de imágenes que contenga las características taxonómicas.

1.7. ANTECEDENTES

WOELKERLING (1988), estudió las algas rojas corallinas bajo el análisis de los géneros y sub-familias de las corallinaceae. Este estudio se basó en la clasificación taxonómica obteniendo las principales características de las algas rojas.

AGUIRRE, *et al.*, (2000), estudiaron la diversificación de las algas rojas inarticuladas (**Corallinales, Rhodophyta**). Tal estudio se fundamentó en los cambios globales de temperatura y la aparición de nuevos hábitats a través de la diversificación de las algas rojas no articuladas.

POMAR, (2001b). Considera el enfoque sobre los tipos de plataformas, el cual presenta la interacción que existe entre el tipo de (biota) y la producción de sedimento tamaño grava que reportan el cual están constituidos por algas rojas y macroforaminíferos, generando así un tipo de rampa de pendiente distal. Con este estudio se infiere que los depósitos carbonáticos en la zona de estudio adopta un tipo de rampa de pendiente distal empinado.

BASSI *et al.*, (2009), estudiaron los rodolitos re-depositados en los sedimentos hemipelágicos del Mioceno Medio de Vitulano (Sur de los Apeninos, Italia). Este estudio consistió en clasificar las bioerosiones a través de las algas corallinas y ser relacionados con los rodolitos que se encontraban re-depositados en dicha área.

BOLLA *et al.*, (2010), realizan un estudio geológico, geofísico y geomecánico de los núcleos tomados en el intervalo carbonático del pozo Perla-2ST1. Este estudio estuvo enmarcado en la datación y un modelo depositacional basado en los datos de dicho pozo, controlados por la distribución de los diversos componentes como: fragmentos de algas rojas redondeados y ramificadas, macroforaminíferos y rodolitos, así como balánidos, equinodermos y bivalvos como componentes secundarios. En cuanto a las facies depositacionales y a las asociaciones paleontológicas presentes en los pozos, estos sugieren una configuración de plataforma carbonática tipo rampa para el área de Perla.

VANEGAS *et al.*, (2011). Realizan un estudio bioestratigráfico de los núcleos del intervalo carbonático del pozo Perla-2ST1. Está basado en un estudio bioestratigráfico el cual integra las disciplinas de foraminíferos, nanofósiles y palinomorfos, reportando la presencia de fragmentos de algas rojas.

BOLLA *et al.*, (2012), realizan el análisis sedimentológico, diagenético, bioestratigráfico y estratigrafía secuencial de los núcleos tomados en el intervalo carbonático del pozo Perla 3X. Este estudio contiene la carta faunal correspondiente a los pozos Perla-2ST1 y Perla 3X, donde identifican algas rojas y verdes, así como las bioherodaciones presentes en ellas.

PALACIOS, (2013). Caracterizó el sistema poroso en rocas carbonáticas Oligo-Miocenas del Golfo de Venezuela aplicando una metodología automatizada a partir del análisis digital de imágenes de secciones delgadas. Estudió la contribución de las algas rojas como generadoras de microporosidades.

WORKU *et al.*, (2014). Realizan un estudio geológico, geofísico y geomecánico de los núcleos tomados en el intervalo carbonático del pozo Perla-4X. El estudio se basó en la caracterización y registro de un modelo de facies deposicionales, bajo un análisis paleoecológico y paleoambiental, controlados por la distribución de diversos componentes de fragmentos de algas rojas, macroforaminífero y rodolitos, entre otros.

ORTEGA *et al.*, (2014). Realizan un estudio sedimentológico de los depósitos carbonáticos Oligo-Mioceno en los pozos Perla-2ST1, Perla 3X y Coral 1XSt2, Golfo de Venezuela, el cual se basó en inferir un modelo depositacional o genético de estos carbonatos, debido a que durante esta sucesión carbonática las condiciones fueron propicias para la proliferación de algas rojas y macroforaminíferos, los cuales constituyen los principales productores de carbonatos en estos depósitos.

VANEGAS *et al.*, (2014). Realizan un estudio integrado del intervalo del núcleo correspondiente al pozo Perla 3X, Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela. Este estudio bioestratigráfico integrado se realizó a través de secciones petrográficas obteniendo la identificación de foraminíferos (bentónicos y plantónicos), algas, corales, entre otros, para definir los paleoambientes y determinar edades correspondientes al núcleo estudiado.

VANEGAS *et al.*, (2014). Realizan un estudio bioestratigráfico integrado del intervalo del canal y núcleo del pozo Perla 4X, Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela. Tal estudio se basó en la determinación de edades y paleoambientes correspondiente a la secuencia estratigráfica estudiada.

1.9 METODOLOGÍA

El método de investigación empleado para este trabajo corresponde a un estudio basado en el análisis de algas rojas y verdes presentes en secciones delgadas de rocas referentes a los pozos Perla y Coral, con la finalidad de elaborar una carta bioestratigráfica y un catálogo de imágenes, determinar paleoambientes, entre otros. Para el marco metodológico se establecieron tres etapas las cuales se presentan a través de un diagrama de flujo (Figura 1.2).

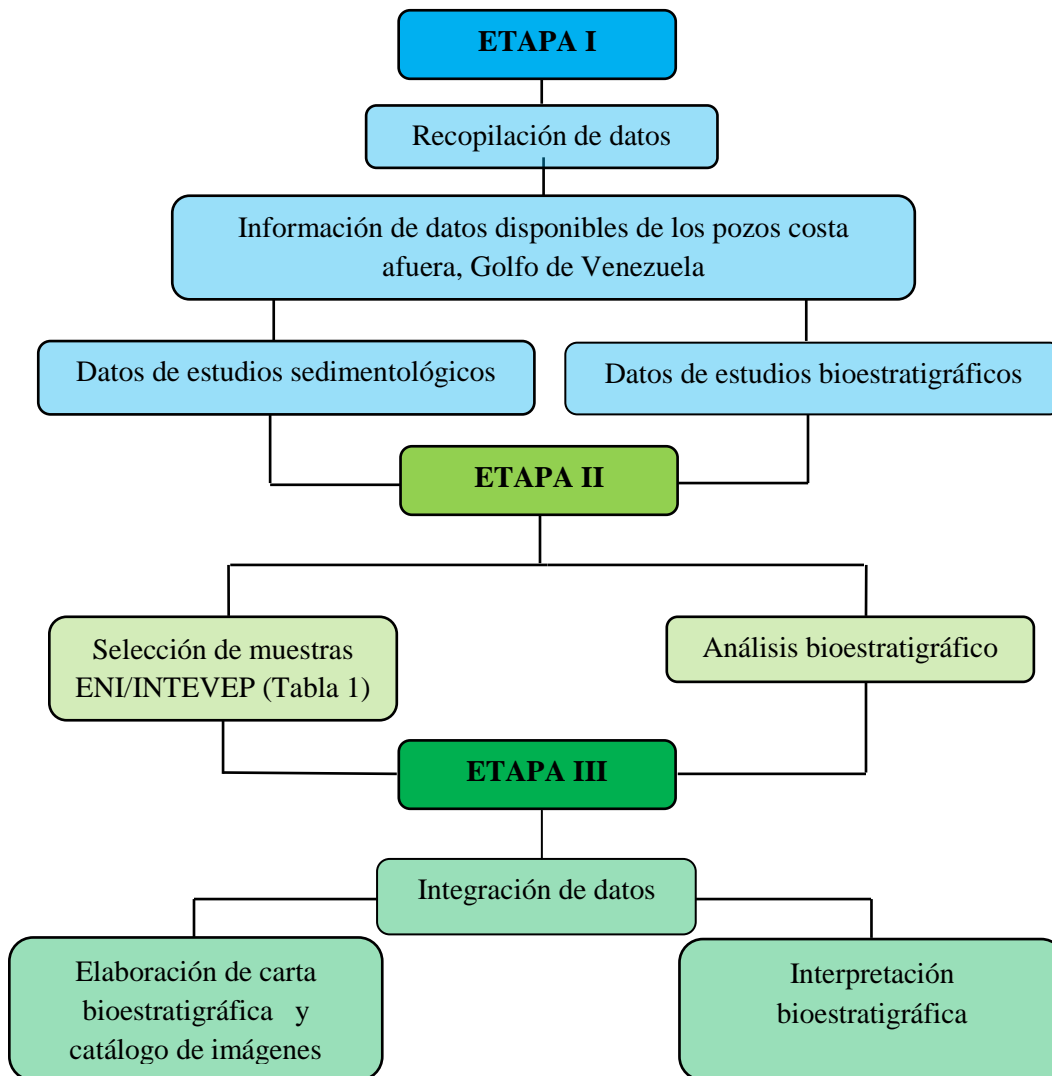


Figura 1. 2. Diagrama de flujo de la metodología empleada.

Etapa I: Recopilación Bibliográfica

Esta primera etapa se basó en la revisión y selección de publicaciones, artículos especializados y tesis, con referencia a las algas rojas, como identificación, reconocimiento y esquema de clasificación, implicaciones paleoecológicas y ejemplos a nivel mundial.

También se incluye en esta etapa la búsqueda de información correspondiente al marco geológico local y regional correspondiente al área de estudio, como datos de los pozos, sedimentología y bioestratigrafía.

Las fuentes consultadas fueron de la base de datos de PDVSA - Intevep, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, y portales especializados y digitales en la red.

Etapa II: Laboratorio

Esta etapa constó de dos fases, las cuales son descritas a continuación:

a) Selección de muestras:

Las muestras disponibles para este estudio fueron preparadas en estudios previos realizados por PDVSA –Intevep entre los años 2010-2013, ENI (2011-2013) y Repsol (2014). En estos estudios se tomaron muestras de rocas carbonáticas de los núcleos extraídos de los pozos ubicados en el Bloque Cardón IV y Urumaco I, localizados en el área costa afuera del Golfo de Venezuela. La selección de las muestras fue realizada de manera sistemática de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. 1. Selección de muestra INTEVEP PDVSA/ENI.

POZO	N° de secciones		Profundidad (m)	Intervalos (pies)	N° total de secciones delgadas
	ENI/Repsol	INTEVEP			
A	-	17	13431.25" – 13479.5"	(10 – 20)	145
B	10	34	9147.2" – 9989.6"		
C	23	17	8845.4" – 9526.5"		
D (Repsol)	20	24	9260.9" – 9694.7"		

Las secciones fueron preparadas según la metodología estándar de PDVSA-Intevep, las cuales se encuentran almacenadas en el Laboratorio de Petrografía Max Furrer.

b) Caracterización Bioestratigráfica:

Se realizó el análisis bioestratigráfico de 145 secciones delgadas (Figura 1.3 Ejemplo de sección delgada) usando el microscopio de luz polarizada (Figura 1.4 Microscopio petrográfico modelo (Zeiss AX105KOP 40), perteneciente a los pozos Perla y Coral, ubicados en el Golfo de Venezuela.

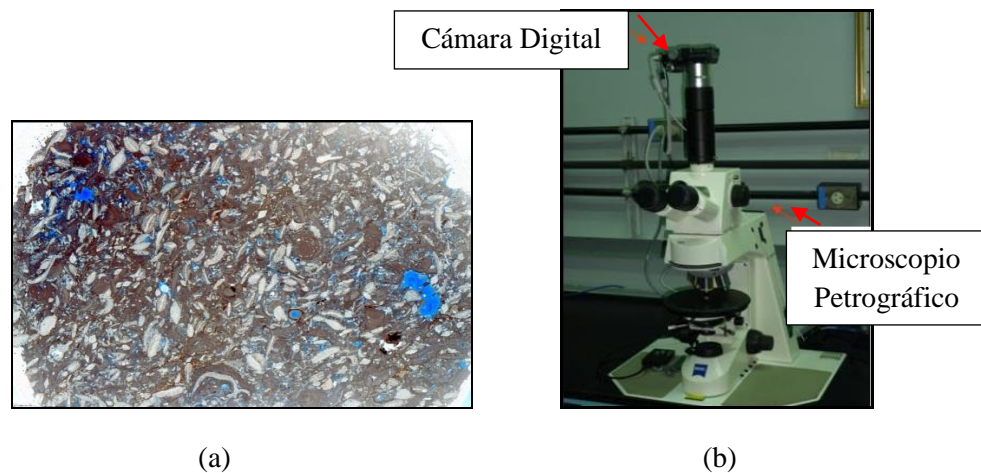


Figura 1. 3. (a) Ejemplo de sección delgada analizada. (b) Microscopio Petrográfico (modelo Zeiss AX105KOP 40)

El análisis consistió en el reconocimiento e identificación de las estructuras reproductivas (conceptáculos), familia, subfamilia y género correspondiente, así como un conteo de los especímenes observados, tipos de bioerosión y la disposición de las algas rojas y verdes, además de los rodolitos. El análisis bioestratigráfico de las secciones delgadas se registraron en una base de datos Excel (ver anexo I) que permitió la elaboración de una carta bioestratigráfica.

El proceso de descripción de las secciones delgadas incluyó la fotomicrografía de las algas rojas, tomando las características más resaltantes (conceptáculos, fusión celular, tipos de biohoradaciones y rodolitos). A su vez se realizó un conteo visual para la determinación de los componentes de fragmentos de algas rojas y verdes presentes en las secciones delgadas. Las escalas de las fotomicrografías de las secciones delgadas están indicadas según el objetivo utilizado en el microscopio (2.5X, 5X, 10X y 20X) (Tabla 2).

Tabla 2. 1. Dimensiones del eje horizontal de las imágenes capturadas a través del microscopio de luz transmitida.

	Objetivo/Aumento	Dimensión del eje horizontal
Microscopio de luz transmitida	2.5X	4,3 mm
	5X	2,3 mm
	10X	1,1 mm
	20X	0,6 mm

Por otro lado, es importante señalar que para el inicio de esta investigación se toma como referencia los datos obtenidos del estudio realizado por la empresa italiana ENI, basado en el análisis sedimentológico, diagenético, bioestratigráfico y estratigrafía secuencial de los núcleos tomados en la sucesión carbonática, correspondiente a la zona de estudio, del cual se tiene el reconocimiento de algunos géneros pertenecientes a las algas rojas presentes en la carta faunal.

Etapas III: Oficina

Esta etapa consistió en el análisis e integración de todos los datos obtenidos en el laboratorio que comprendió las siguientes actividades:

- Se identificó a través del análisis de 145 secciones delgadas géneros de algas rojas y verdes, las formas de los rodolitos y bioerosiones. Se realizó el análisis bioestratigráfico, el cual se basó en la identificación de las algas rojas, y de los datos obtenidos se procedió a su caracterización tomando en cuenta el contenido de algas rojas y verdes, y su distribución en la columna estratigráfica.

- Se realizó las cartas bioestratigráficas conformada por el conteo realizado de los especímenes identificados, con el cual se interpretó el ambiente de acuerdo a la asociación de fauna y flora presente en el análisis realizado a las secciones delgadas, lo que permitió establecer el paleoambiente correspondiente a la secuencia carbonática Oligoceno-Mioceno de los pozos Perla y Coral.
- Las fotomicrografías obtenidas anteriormente permitieron elaborar un catálogo con los mejores especímenes en microfotografías obtenidas de algas rojas y verdes con una descripción detallada de cada una de ellas.

CAPÍTULO II

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La cuenca del Golfo de Venezuela se caracteriza por una amplia plataforma continental que se extiende por unos 200 kilómetros en sentido sur-norte con profundidades de 36 metros en la parte interna y de hasta 146 kilómetros en el sector norte de la plataforma. Está dividida fisiográficamente en dos subcuencas por un alto estructural con profundidades menores de 20 metros conocido como el Risco de Calabozo (Almarza, 1998). Hacia el oeste se encuentra una depresión cerrada en la isóbata de 20 metros que corresponde a la Ensenada de Calabozo, y al este del Risco está el golfo abierto, un amplio valle submarino con declive suave hacia el norte y noroeste. El archipiélago de Los Monjes está ubicado en el sector externo de la plataforma y sobresale de 90 a 100 metros desde el fondo (Almarza, 1998).

El Golfo de Venezuela constituye parte de una importante provincia geológica que relaciona la región del Mar Caribe con la parte norte de América del Sur, formando una zona de transición entre el dominio oceánico del Mar Caribe y el dominio continental de las cadenas montañosas. En el período Oligoceno-Mioceno temprano existió una faja de acunamiento contra la zona montañosa (Almarza, 1998).

Debidos a diversos estudios recientes en la región noroccidental del Golfo de Venezuela, hacia la parte noroeste de la cuenca de Falcón, esta fue dividida en dos provincias geológicas producto del dominio sedimentario registrado actualmente: una provincia suroccidental con predominio en sedimentación cretácica, y una provincia nororiental con dominante sedimentación terciaria (Figura 2.1).

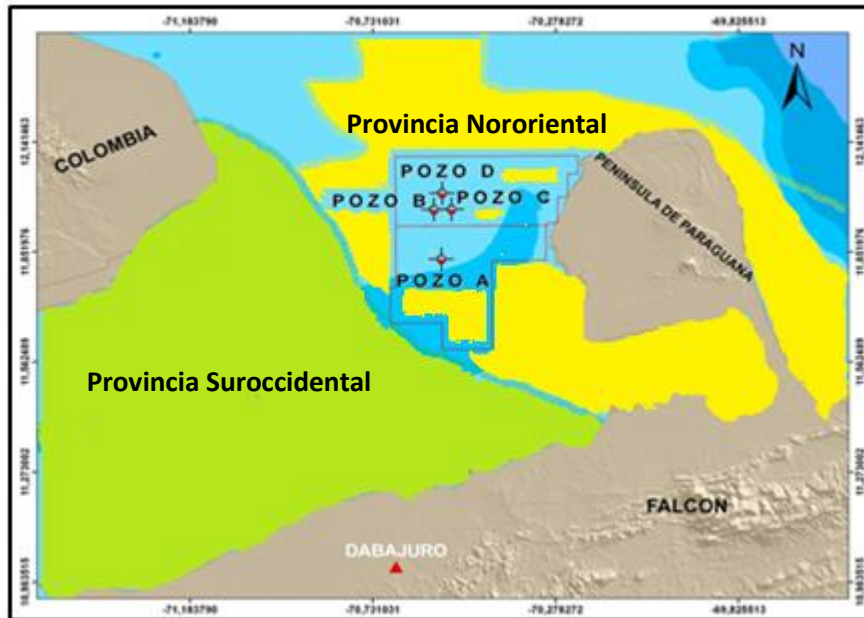


Figura 2. 1. Provincias geológicas en la región noroccidental del Golfo de Venezuela. Provincia Suroccidental (verde) y Provincia Nororiental (amarillo)

2.2. EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL

Actualmente, la cuenca de Falcón se encuentra dividida en dos provincias estructuralmente distintas: la provincia occidental, donde la cuenca fue tectónicamente invertida a partir del Mioceno Medio a tardío dando origen al Anticlinorio de Falcón, y la provincia oriental, ocupada actualmente por la región costa afuera de Falcón oriental y la fosa de Bonaire (Porrás, 2000).

La evolución tectónica de la cuenca de Falcón, ha sido objeto de diversos estudios para explicar su origen dentro de un contexto tectónico regional, la cual está ligada a la interacción existente entre la Placa del Caribe y la Suramericana. A continuación se presentan las principales teorías que sustentan esta evolución estructural.

- **Teoría de Bote:** Boessi y Goddard (1991), presentan en su teoría que la cuenca está descrita en forma de bote con un eje orientado este-oeste, y una sección central estrecha que está localizada entre las zonas de Churuguara y San Luis. De acuerdo

El desarrollo de una estructura pull-apart en la cuenca de Falcón refleja la evolución tectónica del período Terciario donde un largo bloque de corteza conformó al Bloque Bonaire (Silver *et al.*, 1975 en Arellano y Umérez, 2004).

La subsidencia de la cuenca durante el Oligoceno, se produce debido a esta fase extensiva con orientación noreste, ocurriendo su máxima extensión en el Mioceno temprano, de igual manera ocurre un adelgazamiento de la corteza e inyección de magmas basálticos (Figura 2.4; Muessig, 1984).

De acuerdo a la teoría extensional postulada por Muessig (1984), incluye:

- La estratigrafía de un complejo Oligoceno-Mioceno y la rápida subsidencia histórica de la cuenca.
- Fallas transcurrentes sin-sedimentarias este-oeste y fallas normales con dirección noroeste.
- Anomalías de gravedad positivas indicativas de una capa de corteza relativamente densa.
- Vulcanismo basáltico alcalino e intrusiones ígneas en dirección noroeste.

Las figuras (a) y (b) representan dos configuraciones del área anterior a la extensión Eoceno tardío. Para obtener la siguiente configuración actual (c), la figura (a) requiere una gran cantidad de extensión y desplazamiento transcurrente dextral de Oligoceno a Mioceno. En la figura (b) la cuenca Bonaire pre-Oligoceno posee mayor adelgazamiento, corteza oceánica y requiere de una menor extensión para llevar a la configuración perteneciente a la figura (c).

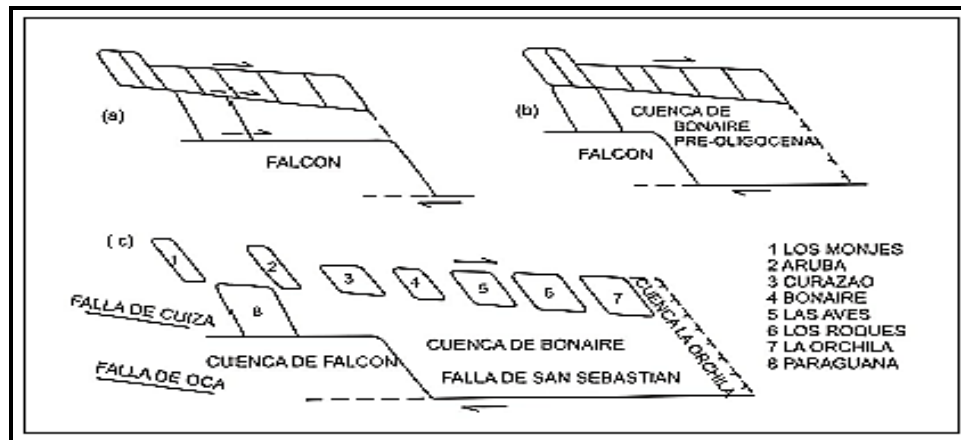


Figura 2. 4. Evolución de las cuencas "pull-apart" Falcón y Bonaire. (Tomado y modificado de Muessig, 1984)

Muessig (1984), indica que el sistema pull-apart de Falcón, representa una extensión dispuesta sobre una zona ancha, dando como resultado áreas de relativa estabilidad y subsidencia. Paraguaná, Dabajuro, La Guajira y el sur de Siquisique siguieron como altos, suministrando sedimentos al graben de las zonas pull-apart. Las zonas de mejores subsidencia están compuestas por la cuenca de Falcón, el Surco de Urumaco, la bahía de La Vela y la cuenca Bonaire.

Macellari (1995), propuso que la cuenca de Falcón evolucionó a partir de desplazamientos o disrupciones que se iniciaron en el Eoceno tardío las cuales originaron una serie de cuencas pull-apart episaturadas. Este autor presenta un modelo tectónico evolutivo para la cuenca pull-apart de Falcón, a través de las figuras 2.5 (a)-(c).

En la Figura 2.5 (a) durante el Eoceno tardío, se inicia un movimiento transcurrente entre las placas Caribe y Suramericana, dando como resultado una extensa zona pull-apart, presentando un área de máxima subsidencia al norte del Estado Falcón.

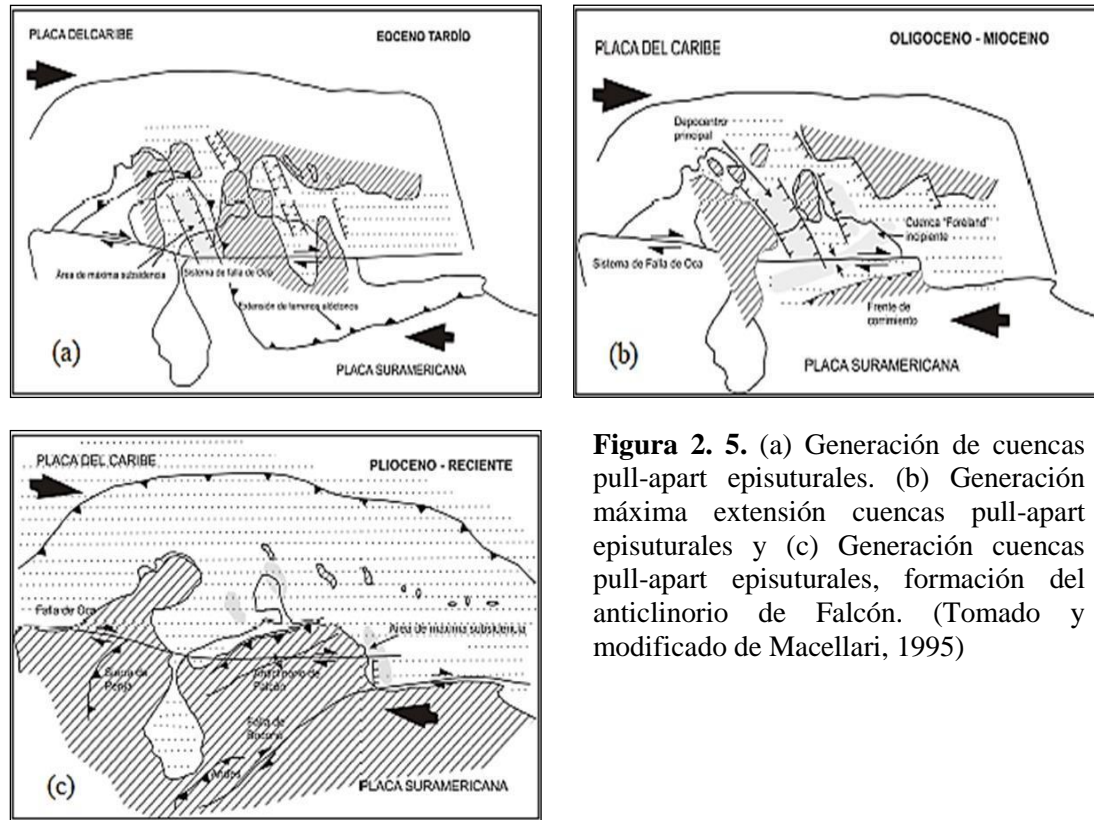


Figura 2. 5. (a) Generación de cuencas pull-apart episuturales. (b) Generación máxima extensión cuencas pull-apart episuturales y (c) Generación cuencas pull-apart episuturales, formación del anticlinorio de Falcón. (Tomado y modificado de Macellari, 1995)

Durante el Oligoceno-Mioceno, de acuerdo con Macellari (1995), en la figura 2.5 (b) se muestra una máxima extensión en la cuenca pull-apart de Falcón, esto debido al desplazamiento continuo producido por la falla de Oca, el cual formó un frente de empuje que avanzó progresivamente hacia el norte. En la figura 2.5 (c) se observa el movimiento transpresivo a lo largo de la falla del margen Suramérica. Durante este período ocurre la formación del Anticlinorio de Falcón, producto de movimientos compresionales entre las Placas Caribe y Suramericana.

- **Teoría del Rifting:** Audemard (1995), relaciona el origen de esta cuenca con el desarrollo de un rift detrás de un arco, con una dirección de extensión norte-sur. La evolución tectónica de la cuenca de Falcón está dividida en una fase de ruptura, y en un cierre de la cuenca.

La fase de ruptura se produce durante el Oligoceno-Mioceno temprano como consecuencia de los esfuerzos distensivos formando un depocentro estrecho, el cual

se relaciona con las últimas intrusiones y coladas basálticas y a la colmatación sedimentaria.

El cierre de la cuenca se subdivide en tres etapas:

- En la primera etapa está consistió en una inversión tectónica producida durante el Mioceno medio a tardío.
 - La segunda etapa se vio enmarcada a una compresión que podría estar vinculada a la inversión producida en el Surco de Urumaco, originada durante el Mioceno-Plioceno.
 - La tercera etapa podría ser la responsable de las actividades tectónicas actuales, debido a una etapa compresiva que configura la región actual.
- **Teoría de Orógeno en Flotación:** Porras (2000), postuló que la cuenca de Falcón-Bonaire se originó por colapsos extensionales internos en una cuenca retro-arco en un orógeno en flotación (Oldow *et al.*, 1990) que colisionó oblicuamente con el borde noroccidental de la Placa Suramericana, suturándose diacrónicamente de oeste-este desde el Cretácico tardío hasta comienzos del Mioceno temprano.

Porras (2000), cit. en Leal y Rivero (2004), señala tres períodos principales en la evolución de la cuenca:

1. Un período de extensión: que va desde el Eoceno tardío hasta la parte media del Mioceno temprano. En este tiempo se comienza a generar la cuenca Falcón-Bonaire, como un colapso tectónico detrás de la colisión entre las placas Caribe y Suramérica, a partir de este proceso se comienzan a generar estructuras extensionales tipo “graben” y “half-graben”, en cuyos márgenes se depositaron sedimentos de ambientes someros. Durante el Oligoceno-Mioceno temprano, continúa el colapso extensional y subsidencia de la cuenca, desarrollándose así en ambientes marino-profundos.

2. La fase compresiva: que comenzó hacia el final del Mioceno temprano inicios del Mioceno medio. No es sino hasta el Mioceno medio que esta fase comienza a afectar a la cuenca, por efectos de la orogénesis andina, causando la inversión tectónica de la porción centro-occidental de la cuenca (Anticlinorio de Falcón). Los efectos de la compresión andina generaron el desarrollo de fallas inversas o corrimientos de convergencia norte-noreste, las cuales cortan la sección terciaria, generando pliegues de dirección noroeste-sureste.

3. Desarrollo simultáneo de estructuras compresivas y distensivas: Plioceno tardío- reciente durante este período el margen entre las placas presenta un componente principalmente transcurrente en dirección este-oeste. Estos movimientos generaron estructuras de grandes dimensiones, donde se observan efectos transpresivos y transtensivos contemporáneos. En la Figura 2.6 se muestra el modelo de orógeno de flotación. (Porras 2000, cit. en Leal y Rivero, 2004).

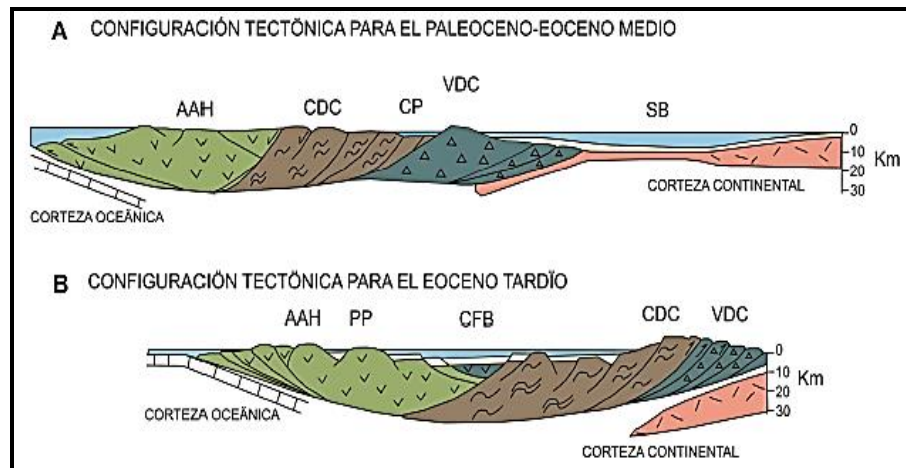


Figura 2. 6. Modelo de orógeno de flotación para la cuenca de Falcón Bonaire. (a) Configuración tectónica para el Paleoceno- Eoceno medio. (B) Configuración tectónica para el Eoceno tardío. (SB) Surco de Barquisimeto, (CP) Cuenca de retroarco de Paracotos, (VDC) Arco de islas de Villa de Cura, (CDC) Terrenos de la Cordillera de la Costa, (AAH) Alto de las Antillas Holandesas, (PP) Alto de Paraguaná, (CFB) Sedimentación marina en el centro de la cuenca y continental a somera en los márgenes. (Tomado y Modificado de Porrás, 2000)

2.3 EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LA CUENCA

La cuenca de Falcón del Oligoceno-Mioceno es una cuenca sedimentaria individualizada después del período orogénico del Eoceno tardío, que ha sido descrita con el nombre del canal Falconiano. El centro de la cuenca fue una zona subsidente, donde se desarrollaron ambientes marinos profundos, no obstante sobre los bordes relativamente estables aunque lentamente subsidentes avanzó una sedimentación marginal con mayor influencia terrígena (González de Juana *et al.*, 1980).

Oligoceno – Mioceno

El inicio de captación de sedimentos marinos en la cuenca, probablemente, fue a partir del Oligoceno temprano, donde inicia con la Formación El Paraíso (Figura 2.7). Al final de este período hubo una subsidencia rápida que llevó las paleo-profundidades hasta 1000 metros aproximadamente, depositándose las formaciones Pecaya y Pedregoso (González de Juana *et al.*, 1980, Macellari, 1995).

El eje de la cuenca de dirección este-oeste fue una zona de fuerte subsidencia, donde se depositaron unidades marinas profundas. Hacia los bordes sur y oeste de la cuenca, estas facies marinas (Formación Pecaya) pasan progresivamente a depósitos de fuerte influencia terrígena (formaciones Paraíso y Castillo) y a una unidad caracterizada por calizas de plataforma (Formación Churuguara). Hacia la isla de Paraguaná al norte la Formación Pecaya se interdigita con las calizas arrecifales de la Formación San Luis y sus facies peri-arrecifales. Estas calizas biogénicas ocasionalmente han sufrido el influjo de materiales terrígenos provenientes del complejo ígneo-metamórfico de la “isla” de Paraguaná (González de Juana *et al.*, 1980; Macellari, 1995).

2.4 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

La cuenca de Falcón está constituida esencialmente de depósitos que abarcan desde el Eoceno hasta el Cuaternario, los cuales constituyen el relleno de esta gran cuenca sedimentaria. Esta cuenca es elongada en dirección este-oeste, y está limitada por zonas emergidas a todo lo largo de sus márgenes sur y oeste, parcialmente cerrada al norte por la “isla” de Paraguaná, estando abierta al Golfo de Venezuela por intermedio del surco de Urumaco que separa a su vez las zonas emergidas de Dabajuro al oeste y de Paraguaná al noreste. Esta cuenca está conectada a la cuenca marina profunda de Bonaire por el este y se le puede atribuirle la forma de un “fondo de saco” (Audemard, 1995).

La secuencia sedimentaria de la cuenca de Falcón globalmente presenta los rasgos siguientes:

- Las facies cambian lateralmente, haciéndose progresivamente más marinas hacia el este.
- La secuencia evoluciona verticalmente de depósitos marinos profundos a unidades sedimentarias esencialmente más continentales, pasando por depósitos de plataforma continental y de zona litoral.

En este capítulo se describen las formaciones correspondientes al intervalo Oligoceno-Mioceno que componen la cuenca de Falcón, como lo son las formaciones El Paraíso, Pecaya, Churuguara, San Luis, Guarabal, Pedregoso, Agua Clara (incluyendo el Miembro Cauderalito) (Figura 2.10).

Figura 2. 10. Cuadro de correlación general de la cuenca de Falcón. (Tomado y Modificado de Díaz de Gamero, 1997 por Ortega *et al.*, 2014)

2.4.1. Formación El Paraíso (Oligoceno temprano a medio)

Wheeler (1963), señala que esta formación se subdivide en dos miembros informales: inferior y superior, el cual consiste de lutitas oscuras con capas delgadas, areniscas calcáreas y algunos conglomerados lenticulares con granos de ftanita. La Formación El Paraíso aflora en una larga faja anticlinal, desde el río Mojino en el oeste, hasta los ríos Remedios y Hueque al este (Díaz de Gamero, 1977). Esta formación descansa con aparente discordancia o lapso sin sedimentación sobre la Formación Jarillal, del Grupo Agua Negra, la cual es correlacionable con la Formación Cerro Misión en Falcón oriental (Wheeler, 1963). Este autor asigna la formación de edad Oligoceno temprano a tardío; la mayor parte de la Formación El Paraíso es de tipo regresivo, los sedimentos fueron transportados por varios ríos que progresivamente construyeron una amplia llanura deltaica. Los carbones marcan el límite oriental de dicha llanura, a unos kilómetros al este del actual río Paraíso (LEEV, 1999).

2.4.2. Formación Pecaya (Oligoceno medio a Mioceno temprano)

Esta formación consiste esencialmente de lutitas gris oscuro, generalmente físciles y limolíticas, localmente calcáreas, con ocasionales interestratificaciones de areniscas y calizas

bioclásticas, en capas delgadas, la formación contiene capas de arenisca parduzca, limolitas nodulares de color gris oscuro, areniscas glauconíticas y en algunos casos, intercalaciones de calizas (Wheeler, 1963). La Formación Pecaya contiene un miembro arenoso completamente incluido dentro de ella, denominado Miembro San Juan de la Vega, que aflora al Norte del centro de la cuenca, en las cercanías de río Mitare (Díaz de Gamero, 1977). González de Juana *et al.*, (1980), indica que el espesor de las lutitas perteneciente a esta formación es de 500 metros aproximadamente. Díaz de Gamero (1977) menciona 1.000 m para la parte superior de la Formación Pecaya, entre el Miembro San Juan de la Vega y la Formación San Luis, al este de Pecaya. Igualmente, estima en no menos de 1.000 m el espesor de la parte inferior de la formación, entre la Formación El Paraíso y el Miembro San Juan de la Vega. Wheeler, (1963) considera todo su Grupo Mitare, que incluye el Miembro San Juan de la Vega más la parte superior de la Formación Pecaya y la Formación Pedregoso, como equivalentes a la Formación San Luis. Díaz de Gamero (1977) indica que la interdigitación de la parte más superior de la Formación Pecaya y las calizas de la Formación San Luis puede verse en el campo al Este de Pecaya (LEEV, 1999).

2.4.3. Formación Churuguara (Oligoceno temprano - Mioceno temprano)

La Formación Churuguara aflora extensamente en el flanco sur de la cuenca de Falcón y se reconoce hacia el oeste hasta la quebrada Mamoncito y, hacia el este, hasta más allá de Churuguara (Wheeler, 1960). La Formación Churuguara está compuesta por una serie variable de intercalaciones de calizas limosas que gradan a areniscas calcáreas, calizas arrecifales masivas, calizas arcillosas fosilíferas delgadas, areniscas de varios tipos, areniscas glauconíticas, limolitas micáceas moderadamente consolidadas y lutitas limolíticas. El tipo litológico más abundante dentro de la Formación Churuguara es el de calizas arenosas fosilíferas, que gradan a areniscas calcáreas, con nódulos ferruginosos, de color gris oscuro y que meteorizan a marrón, de hasta 3 m de espesor. El segundo tipo litológico en importancia es el de calizas arrecifales masivas, de color gris azulado, con espesores que varían muy rápidamente, hasta de 30 m o más (LEEV, 1999).

2.4.4. Formación San Luis (Oligoceno – Mioceno temprano)

La unidad forma la mayor parte de la serranía de San Luis, donde los picos más elevados corresponden con las calizas arrecifales típicas de la formación. Según Wheeler (1960, 1963),

está última consiste predominantemente de caliza arrecifal maciza, densa, gris azulosa, finamente cristalina, con foraminíferos grandes, algas y corales, intercaladas con areniscas de grano fino, arcillosas y calcáreas, lutitas fósiles con nódulos ferruginosas y, hacia el tope, areniscas conglomeráticas con granos y guijarros de cuarzo blanco y fanita negra (sal y pimienta) (LEEV, 1999).

González de Juana, *et al.*, (1980) indican que las calizas del núcleo arrecifal son de color gris a gris azulado, se componen de algas, briozoarios, pelecípodos y gasterópodos en una matriz micrítica frecuentemente recristalizada. Es frecuente encontrar granos de cuarzo, fragmentos de rocas ígneas básicas y ocasionalmente glauconita (LEEV, 1999).

Según Díaz de Gamero (1977), las lutitas no calcáreas suelen tener restos de plantas y se han observado ocasionalmente capas delgadas de carbón (LEEV, 1999).

2.4.5. Formación Guarabal (Mioceno temprano)

La formación consiste generalmente de gruesas capas de areniscas y areniscas conglomeráticas interestratificadas con limolitas y lutitas. Hacia el Este de su sección las areniscas y conglomerados disminuyen y la sección consiste principalmente de limolitas y algunas lutitas. Presenta una zona de interdigitación con la Formación San Luis en el flanco Norte de la serranía de San Luis, donde suprayace a la Formación Patiecitos con un contacto abrupto, que puede ser localmente discordante (Wheeler, 1960). La Formación Guarabal se correlaciona con la parte superior de la Formación San Luis en el área de su sección tipo. Hacia el Este y Oeste probablemente pasa gradualmente a la parte inferior de la Formación Agua Clara (Wheeler (1960, 1963). El ambiente sedimentario de la Formación Guarabal se interpreta como de río entrelazado progradando hacia una laguna o de un delta entrelazado.

2.4.6. Formación Pedregoso (Mioceno temprano)

Consiste de lutitas con intercalaciones rítmicas de calizas y, en menor proporción, de areniscas y limolitas. Las calizas, predominantes en la mitad inferior de la unidad, son de color gris oscuro, generalmente bioclásticas y muestran gradación en el tamaño de grano. Los granos están constituidos por foraminíferos béticos de varios tipos, notablemente macroforaminíferos calcáreos, y fragmentos de corales, algas, moluscos y equinodermos

(Díaz de Gamero, 1977). Las calizas contienen una fauna muy variada de fragmentos de corales, algas, moluscos y equinodermos, además de foraminíferos grandes. La edad de la formación es Mioceno temprano. La Formación Pedregoso se acuña dentro de la Formación Pecaya al este y sur, Al oeste, pasa a la Formación Castillo y, al norte y noreste, es equivalente de la Formación San Luis (Wheeler, 1963).

2.4.7. Miembro Cauderalito (Formación Agua Clara) (Mioceno temprano)

Consiste de calizas margosas, lutitas arenosas calcáreas, lutitas, arenas y areniscas. Wheeler (1960) establece la subdivisión de la Formación Agua Clara en la región noroccidental del distrito Democracia y nororiental del distrito Buchivacoa (Falcón occidental), en dos miembros: Cauderalito, temprano, y Santiago, tardío. Se caracteriza por calizas arrecifales, muy fosilíferas, las cuales contienen corales, briozoarios, pelecípodos, gasterópodos y foraminíferos grandes (LEEV, 1999).

2.4.8. Formación Agua Clara (Mioceno temprano)

Wheeler, 1963, postula que tiene su localidad tipo en el río mitare, distrito Democracia, estado Falcón, están constituidas por lutitas ferruginosas, con intercalaciones delgadas de areniscas limosas y calcáreas. Este autor, menciona que esta formación se divide en dos miembros. El inferior, Miembro Cauderalito, formado por calizas, lutitas, limolitas y areniscas interestratificadas. El superior, Miembro Santiago, con mayor presencia de lutitas en su mayoría. Según Wheeler (1960), la Formación Agua Clara aflora extensamente en las proximidades de los bordes suroccidental, occidental y septentrional de la cuenca de Falcón. Díaz de Gamero (1989) demuestra que, en Falcón norcentral, la unidad se encuentra tan solo al oeste del río Mitare. El contacto inferior en la parte central de la cuenca es concordante con la Formación Pedregoso, en los bordes sur y occidental, la Formación Agua Clara descansa sobre las formaciones Churuguara y Castillo (Wheeler, 1963). Este mismo autor postula que en Falcón occidental, el contacto es colocado de forma que separe las calizas, areniscas de grano fino del Miembro Cauderalito, de las lutitas y arenisca de grano grueso de la Formación Castillo. El contacto superior es concordante con la Formación Cerro Pelado, excepto en la parte septentrional del distrito Buchivacoa (Falcón occidental), donde el contacto es probablemente discordante (Wheeler, 1960). La formación se considera de edad Mioceno temprano. Díaz de Gamero (1989) menciona que, de acuerdo a la evidencia

sedimentológica y micropaleontológica, la Formación Agua Clara es una unidad marina que, en su parte superior, fue sedimentada en un ambiente de escasa profundidad pasando hacia arriba a un ambiente de prodelta (LEEV, 1999).

2.5. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.5.1. Tectónica Local

Según Porras, (2000) la región costa afuera de Falcón y su extensión hacia la Fosa de Bonaire ha estado sujeta a una serie de eventos tectónicos que han dado origen a diversos estilos estructurales. Inicialmente la cuenca se desarrolló como resultado del colapso interno detrás de un arco de islas (*back arc*), en un orógeno en flotación que colisionó y se suturó oblicuamente en el extremo norte de la Placa Suramericana. Esta sutura ocurrió diacrónicamente desde el Cretácico tardío hasta comienzo del Mioceno temprano. Posteriormente, y por efecto de la tectónica Andina, la Cuenca de Falcón se invirtió progresivamente de suroeste a noreste desde la parte final del Mioceno temprano hasta el Mioceno tardío.

Audemard (1997), señala que la Cuenca de Falcón constituye probablemente una de las mayores zonas a nivel regional de todo el país para estudiar y evaluar la actividad tectónica durante los últimos 30 millones de años, debido a la existencia de una sedimentación casi continua y bien datada paleontológicamente. Este autor, indica que actualmente la región de Falcón se encuentra sometida a un estado de esfuerzos caracterizado por un esfuerzo máximo horizontal de dirección NNO-SSE a N-S y un esfuerzo mínimo horizontal orientado ENE-OSO. Dicho tensor de esfuerzos es calculado a partir de datos microtectónicos, medidos exclusivamente en las unidades plio-cuaternarias de Falcón Septentrional, es responsable de la cinemática y actividad actual de cinco sistemas de fallas (Figura 2.11):

- 1) Fallas dextrales Este – Oeste, representados por el sistema de falla Oca – Ancón y el sistema de falla Adícora.
- 2) Fallas dextrales NO – SE, representados por los sistemas de fallas Urumaco, Río Seco, Lagarto, la Soledad, etc.

- 3) Fallas normales NNO – SSE (Costa Oeste de Paraguaná, Cabo San Román, Puerto Escondido, los Médanos).
- 4) Fallas sinestrales con orientación Norte – Sur como la Falla de Carrizal y el Hatillo.
- 5) Fallas inversas ENE – OSO, las cuales son paralelas al plegamiento regional (Guadalupe, Taima - Taima, Araurima, Matapalo, Chuchurre y Mina de Coro).

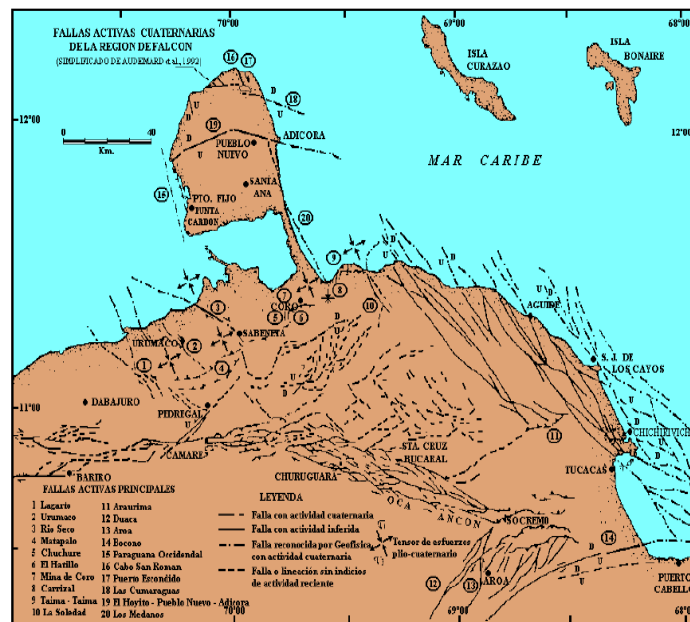


Figura 2. 11. Mapa de Fallas Cuaternarias Activas en la Región de Falcón (simplificado de Audemard *et al.*, 1992). Cinco tipos de fallas son identificadas como activas bajo un margen de esfuerzos transpresivo caracterizado por un máximo esfuerzo horizontal NNO-SSE y un mínimo esfuerzo horizontal ENE-OSO. (Tomado de Audemard y Singer, 1996)

2.5.2. Estratigrafía Local

Según Ortega *et al.*, (2014) los estudios realizados en la zona costa afuera del golfo de Venezuela, el cual fue considerado un área de exploración, cuyo propósito inicial era contactar prospectos carbonáticos del Mioceno temprano, basados en estudios correlativos con la cronoestratigrafía de la cuenca de Falcón. En algunos trabajos internos consideran la unidad sedimentaria carbonática contactada por los sondeos exploratorios, como equivalente al Miembro Cauderalito de la Formación Agua Clara. No obstante, esta unidad no ha sido

nombrada formalmente dentro de la litoestratigrafía regional. Estos autores nombran informalmente a la sucesión carbonática descubierta por los pozos Perla como “Caliza Perla”.

Previamente Pinto *et al.*, (2011) indican que la “Caliza Perla” está comprendida predominantemente por calizas granosoportadas, cuyos constituyentes varían de tamaño arena a grava, principalmente algas rojas, macroforaminíferos y rodolitos, con menor contribución de fragmentos de equinodermos, balánidos, foraminíferos bentónicos, pequeños moluscos, algas verdes y escasa fauna planctónica principalmente hacia el tope de la caliza. Estas calizas se han atribuido a un probable banco carbonático con espesores promedio de 200 metros, sobre un alto estructural normalmente fallado (Figura 2.12), constituidos por conglomerados terrígenos pre-mioceno y rocas ígneo – metamórficas. El Oligoceno y Mioceno fue propicio para la proliferación o colonización de algas rojas y macroforaminíferos, los cuales son los productores responsables del desarrollo o crecimiento de estructuras carbonáticas (rampas, plataformas, bancos) tipo “Perla”, en áreas costa afuera de Venezuela (Ortega *et al.*, 2014).

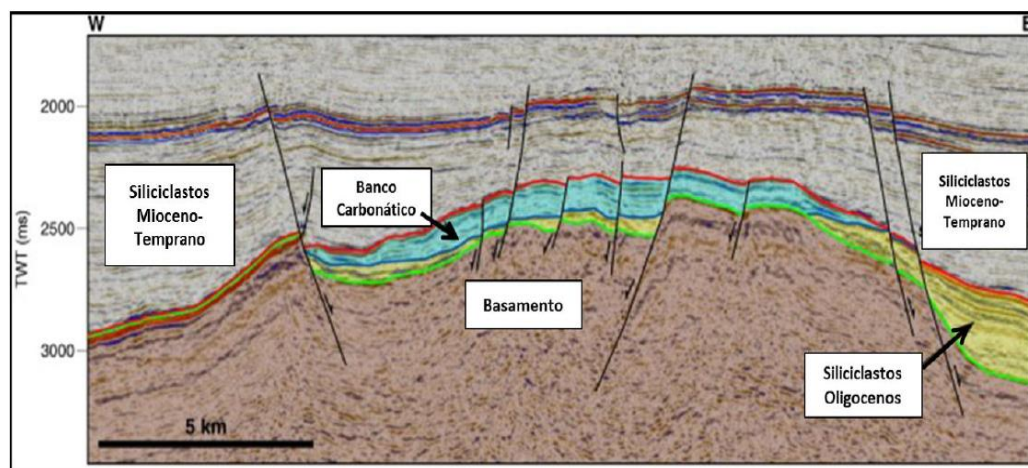


Figura 2. 12. Sección sísmica perteneciente al banco carbonático de “Perla”. (Tomado y Modificado de Pinto *et al.*, 2011 por Palacios 2013)

Vanegas *et al.*, (2011), en un estudio bioestratigráfico detallado obtienen que la secuencia Perla, corresponde hacia la parte basal a edad Oligoceno temprano (Rupeliense?, 30.42 - 27.3 Ma), sin embargo en este rango de edad existe una nivel de incertidumbre ya que no hubo bioeventos que permitieran datar con exactitud, seguidamente se determinó el Oligoceno

tardío (Chatiense, 27.3 – 22.96 Ma), posteriormente se estableció hacia el tope el Mioceno temprano (Aquitaniense, 22.96 – 20.43 Ma).

Baquero *et al.*, (2013), reporta un complejo ígneo-metamórfico Meso-Neoproterozoico, con instrucciones granodioritas de Eoceno inferior, el cual toma como basamento a la sucesión sedimentaria Oligoceno-Mioceno. Esta comienza con depósitos siliciclásticos que van desde conglomerados a areniscas finas y limos según evidencias por muestras de canal (ripios) y masterlog de los pozos Perla-1X, Perla-2ST1 y Perla-4X). Estos depósitos siliciclásticos tienen una distribución diferente en el área, su espesor varía en función de paleotopografía del basamento, la mayor acumulación ocurre en los bajos estructurales controlados por fallas antiguas. Ortega *et al.*, (2014), indica que el basamento ígneo-metamórfico en otras áreas de estudio (pozo Perla-3x), tiene lugar las espesas calizas objeto de este estudio, cuyo deceso ocurre por la inundación o ahogamiento del área que se registra en una delgada capa de aguas profundas, glauconítica y sideritizada, al tope de la caliza, seguida de espesos depósitos de cuenca (margas, lutitas y limos arenosos).

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. LAS ALGAS

Generalidades

Según Dreckmann *et al.*, (2013), las algas son un grupo de organismos acuáticos con metabolismo autótrofo que presentan como pigmento fotosintético primario a la clorofila *a*, característica que comparten con las plantas superiores. La clorofila *a*, es el pigmento fotosintético (por excelencia) común en todas las algas y plantas embriofitas, alcanza un espectro de absorción de luz de 663–430 nm. Sin embargo, las algas presentan también otro tipo de clorofilas y pigmentos accesorios que les permiten un espectro de absorción mayor de la luz, de esta manera pueden abarcar una distribución más profunda en la columna de agua y realizar de manera óptima la fotosíntesis. Encontramos entonces, además de la clorofila *a*, a la clorofila *b*, la clorofila *c* (en sus formas c_1 y c_2) y la clorofila *d*, esta última, de origen bacteriano, presenta el rango de absorción más amplio.

A pesar de la controversia generada en torno a su clasificación biológica y a su estrecha relación con otros grupos como plantas, bacterias, hongos y protozoarios, las algas comparten una serie de características comunes que las han mantenido como una gran agrupación artificial (polifilética).

Las algas son organismos principalmente autótrofos (fotoautótrofos o quimioautótrofos). La fotosíntesis es su principal vía de nutrición, sin embargo, existen grupos que presentan también una forma de nutrición heterótrofa (osmotrófica, fagotrófica o saprobiótica). Algunos organismos presentan un tipo de nutrición mezclada de autotrofia y heterotrofia, la cual se denomina mixotrofia, y a los organismos que la presentan se les denomina mixótrofos.

Las algas habitan en ambientes acuáticos (planctónicas, suspendidas en la columna de agua) o bentónicas (asociadas a un sustrato), aunque también es posible encontrarlas, aunque con menos frecuencia, en el aire, en el suelo o en los hielos, por lo que su distribución es

cosmopolita. El hecho de que las algas compartan el ambiente acuático, explica la convergencia evolutiva de los diferentes grupos, ya que se encuentran sujetas a las mismas presiones de selección.

3.2. ALGAS CALCÁREAS

Algas calcáreas es un término informal que agrupa a distintos grupos de protista, afines a las plantas y que tienen facilidad para calcificarse total o parcialmente. Este carácter hace que se encuentren fósiles con relativa frecuencia. Presentan interés como bioconstructores de arrecifes y por ser uno de los componentes bioclásticos más abundantes de las rocas carbonáticas (Canudo, 2002).

Las algas calcáreas se describen en dos grupos de medios: algas rojas y algas verdes (marinos), y las carofitas (continentales) (Canudo, 2002).

3.2.1. Aspectos generales sobre su biología:

Las algas calcáreas son:

- Protistas.
- Bentónicas.
- Fotosintéticas (necesitan de la luz del sol).

Sus células eucariotas suelen ser:

- Verdes (contienen clorofila (Clorofita)).
- Rojas (pigmentadas debido al alto contenido en ficoeritrina (las Rodofitas)).

El plan corporal básico de las algas calcáreas es el de un talo sin vascularizar, que las diferencia de las plantas. Algunos caracteres usados en la clasificación de las algas vivientes son los pigmentos (moléculas responsables de los colores) y estructuras presentes en las partes blandas, que en ocasiones no son identificables en el registro fósil (Canudo, 2002).

- **Calcificación:** es un proceso biológico fundamental y variable en estos organismos. Se realiza durante la fotosíntesis y está catalizada por la encima rubisco. La

mineralogía y el lugar donde se produce la calcificación son determinantes en cuanto a la conservación morfológica de la misma.

Las algas rojas precipitan generalmente calcita y las algas verdes depositan aragonito. Los órganos reproductores de las carofitas son de calcita (Canudo, 2002).

- **Forma del crecimiento y morfología externa:** la forma y el tipo de crecimiento de las algas suelen ser el resultado del hábitat donde se desarrollan.

3.2.2. Tipos de hábitos en algas calcáreas (Figura 3.1)

- A) Erguido articulado.
- B) Erguido foliado.
- C) Incrustante irregular.
- D) Incrustante nodular.
- E) Incrustante ramificado.
- F) Incrustante tabular.

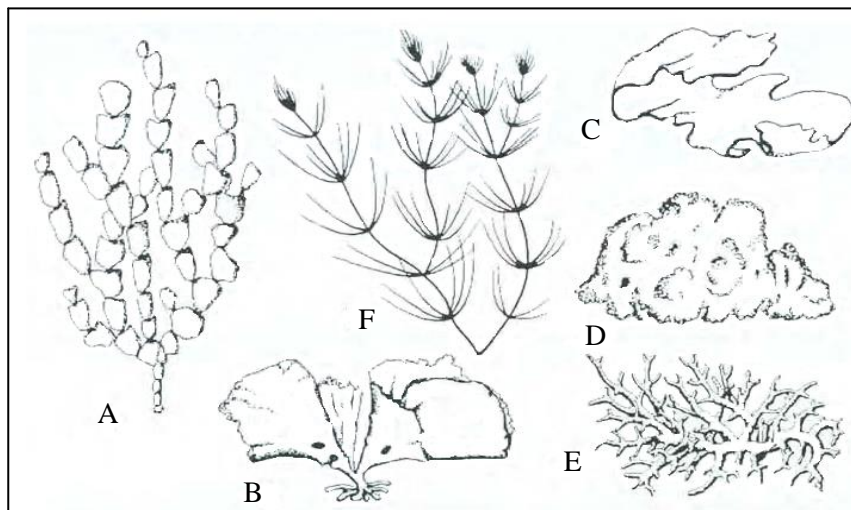


Figura 3. 1. Tipos de hábitos en algas calcáreas. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)

Las algas rojas suelen poseer incrustaciones las cuales pueden tener la superficie lisa o irregular y formar nódulos o ramas rígidas. Su tamaño varía de pocos centímetros a algunos centímetros (Canudo, 2002).

Las que tienen un hábito erguido articulado, como *Halimeda* o *Corallina*, suelen ser segmentadas y ramificadas, en cuanto a su forma externa presenta segmentos cilíndricos a formas más o menos aplanadas de pocos milímetros de tamaño. Estos segmentos son suficientes para su clasificación, aunque en muchos casos impiden conocer las características del alga reproductora. Los hábitos articulados están presentes en algas rojas, verdes y en carofitas. El hábito tabular común en las carofitas o algunas *Codiáceas* fósiles presentan talos de aspecto "filamentoso", compuesto por numerosos filamentos empaquetados (Canudo, 2002).

- **Anatomía Interna:** la forma, tamaño y la estructura interna son fundamentales en la identificación taxonómica de las algas. Los órganos reproductores varían de tamaño, forma y distribución. Pueden estar incluidas en las estructuras vegetativas esqueléticas, como sucede en las algas corallinas rojas (Canudo, 2002).
- **Ecología:** hay muchos factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la distribución de las algas calcáreas bentónicas. Los más importantes son la luz (relacionada con la profundidad), la turbidez, la temperatura, el sustrato y la energía del medio. Las carofitas son típicas de medios continentales. Las algas pueden ser unos magníficos indicadores paleoambientales, cada especie suele estar adaptada a unas condiciones determinadas (estenotípicas), permitiendo realizar análisis paleoecológico (Figura 3.2; Canudo, 2002).

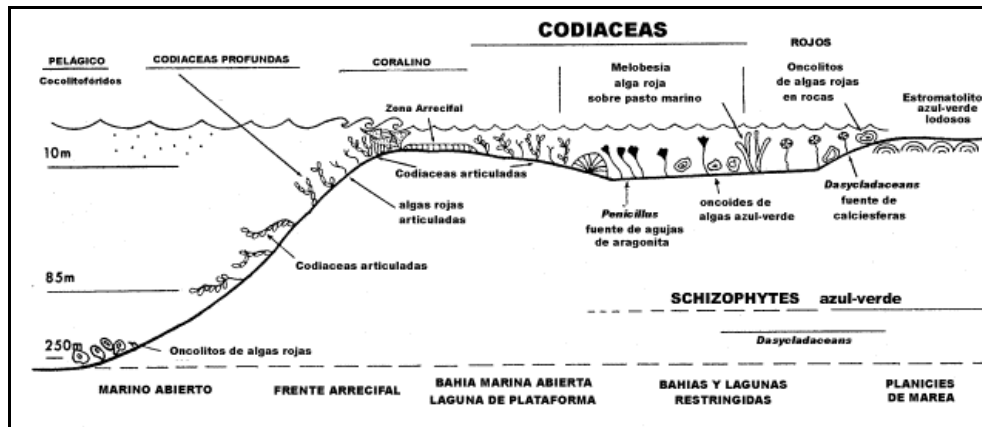


Figura 3. 2. Ecología de algas calcáreas en ambientes depositacionales situados en una plataforma de carbonatos (Wilson, 1975)

3.2.3. Características principales de las algas bentónicas fósiles según De La Cruz (1993)

- **Cianofitas:** se presentan como estructuras tubulares, filamentosas, sin tabiquería. La estructura celular interna no se preserva y sólo el exterior de las células se calcifica, por lo cual los fósiles se preservan como colonias y son clasificadas de acuerdo a la morfología colonial.
- **Clorofitas:** las Codiaceae fosilizan como estructuras tubulares redondas en sección, dispuestas en segmentos del talo, observándose ramificación dicotómica.
- **Dasi cladáceae:** fosilizan como tubos con estructuras nodulares alrededor de un eje único verticilado.
- **Caroficeas:** se identifican porque sólo los oogonios se calcifican.

3.3. ALGAS VERDES (CHLOROPHYTA)

Las algas verdes pueden tener un hábito ramoso bien desarrollado. Los ejemplares se desarticulan fácilmente en los procesos bioestratinómicos, siendo abundantes los fragmentos aislados. Estos fragmentos son suficientes para identificar los taxones. No obstante es normal

la disgregación completa de los fragmentos, impidiendo su identificación taxonómica, lo cual implica que una parte significativa del barro carbonatado de tamaño fino en los sedimentos proviene precisamente de su destrucción. Las algas verdes son abundantes en sedimentos detríticos de medios relativamente someros o en lagunas costeras, siendo raras a mayor profundidad. Las que tienen un mayor interés en micropaleontología son las *halimedáceas*, *udoteáceas* y las *dasicladáceas* (Canudo, 2002).

- **Halimedáceas y Udoteáceas:** suelen ser erguidas y están sujetas al fondo por rizoides. Su morfología externa varía desde talos compactos, como en la *Halimeda*, a formas delicadamente ramificadas y poco calcificadas como en *Udotea* o *Caulerpa*. Su estructura interna se caracteriza por una región central (médula) formada por filamentos gruesos entrelazados de los que parten filamentos finos ramificados. Estos últimos forman una capa cortical, a menudo mejor calcificada. La forma y las ramificaciones de estos filamentos son caracteres diagnósticos para su clasificación taxonómica (Canudo, 2002).
- **Dasicladáceas:** son algas erguidas, segmentadas y ramificadas de varios centímetros de altura, formados por un único citoplasma gigante (megacélula). Se ancla al substrato por medio de rizoides. De manera característica, el talo tiene una simetría radial según un eje central alargado, a partir del cual se desarrollan ramificaciones laterales. Los órganos reproductores se encuentran en ramificaciones a partir del eje central (Canudo, 2002).

Esta familia consta de más de 120 géneros. Estas algas revisten importancia en la zonación bioestratigráfica. Los fósiles consisten de moldes calcáreos del talo y las ramas, que permiten su estudio morfológico detallado y por esta razón es el grupo de algas fósiles mejor conocidos (Figura N° 3.3) (De La Cruz, 1993).

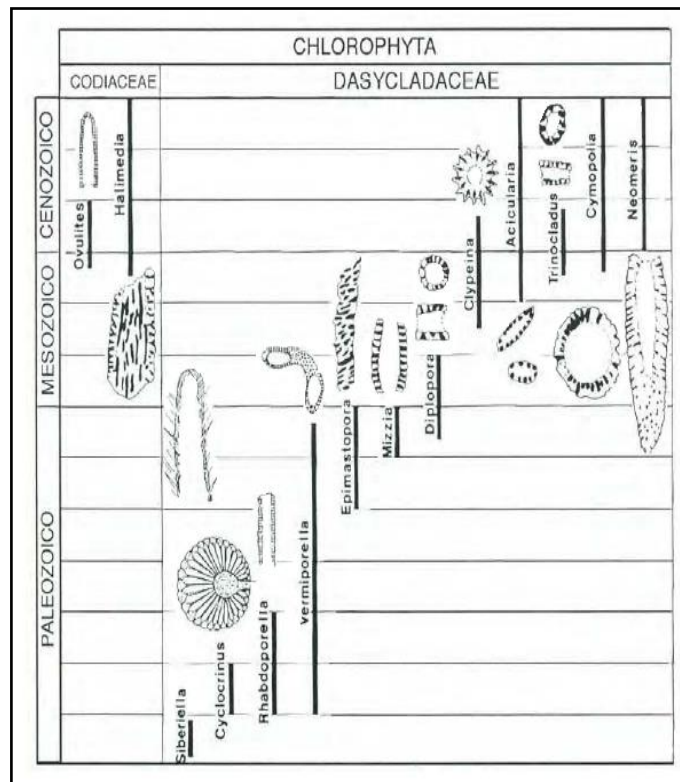


Figura 3. 3. Distribución de algunos géneros de clorofita. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)

- **Charophyta:** en los sedimentos continentales lacustres suelen encontrarse órganos reproductores (oogonios) de carofitas. Este grupo de algas se había incluido tradicionalmente en las chlorophytas. Pueden considerarse como una línea evolutiva de "algas" verdes que ha colonizado eficazmente los medios acuáticos continentales. Las carofitas tienen una gran importancia en la datación de los sedimentos continentales, siendo en muchos casos el único microfósil que se puede utilizar para datar esta fase (Figura 3.4).

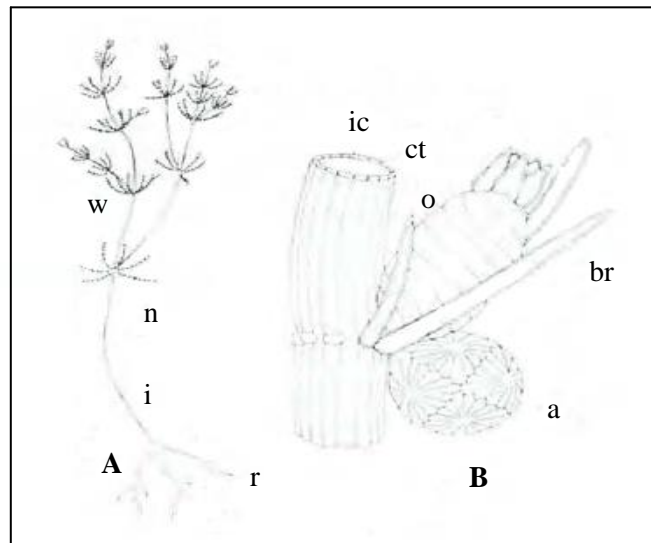


Figura 3. 4. Estructura vegetativa y reproductora de una carofita actual. A) b. Bulbos amílicos; r. Rizoides; n. Nudos; t. Talos; w. Verticilos. B) a. Anteriodióforo; br. Brácteas; o. Oogonios; co. Corónula; ic. Célula intermodal; ct. Células corticantes. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)

3.4. ALGAS ROJAS (RHODOPHYTA)

Se caracterizan citológicamente por sus pigmentos clorofila *a*, clorofila *d* y ficoeritrina. Muchas especies calcifican sus células, conservándose los detalles de los órganos reproductores y de la estructura vegetativa.

Son localizadas en substratos rocosos y en substratos no consolidados. Las formas incrustantes tienen una distribución casi universal respecto a la temperatura (tropical - polar), en cuanto a las articuladas tienen menor distribución latitudinal (tropical – templada). Estas al ser fotosintetizadoras, dependen fuertemente de la intensidad de la luz, la cual controla su crecimiento y distribución batimétrica. Las Rodofitas son importantes en la formación de los actuales arrecifes coralinos (Canudo, 2002).

Las Rodofitas son casi exclusivamente marinas y pueden habitar a profundidades mayores que las otras algas. Estas plantas se reproducen sexual y asexualmente (De Rivero y Bermúdez, 1963).

3.4.1. Características de las algas rojas:

- **Morfología:** la morfología de las algas calcáreas es de gran interés para la interpretación de la energía del medio donde se asentaron, o hidrodinamismo. La descripción de las Rodofitas se realiza teniendo en cuenta el empaquetamiento de los filamentos y el hábito. El talo presenta dos capas con crecimientos distintivos de los filamentos; una se sitúa en posición basal o central (hipotalo), y la otra se sitúa en posición superior o marginal (peritalo). Los órganos reproductores son internos y se encuentran en el peritalo. Estos pueden situarse en conceptáculos, los cuales se abren al exterior por uno o más poros (conceptáculos uniporados o multiporados). En otros casos los esporangios individuales se encuentran en filamentos (soros). El hábito puede o no ser una consecuencia directa de su posición taxonómica (Figura N° 3.5). En las Rodofitas podemos diferenciar tres tipos de morfologías:
- **Hábito incrustante planar:** son costras planas de morfología variable que se adaptan al substrato. Su tamaño oscila entre unos pocos milímetros y varios centímetros. Están asociadas a un elevado hidrodinamismo litoral (costras gruesas sobre substratos consolidados como rodolitos) o a más profundidad (donde las costras suelen ser más finas y van acompañadas de crecimientos arbusculares) (Canudo, 2002).
- **Hábito incrustante arbuscular:** hábito incrustante con desarrollo de ramas rígidas (hidrodinamismo bajo) (Canudo, 2002).
- **Hábito geniculado:** talos flexibles y articulados pudiendo llegar a los 20 centímetros. La articulación de las genículas o artejos se produce por medio de áreas sin calcificar que unen los fragmentos calcificados. Esta es la razón por la que es difícil encontrarlas enteras en el registro fósil, ya que se rompen con mucha facilidad por estos nodos (Canudo, 2002).

La clasificación se realiza atendiendo al tamaño y empaquetamiento de los filamentos vegetativos, a la presencia y tipo de conceptáculos, etc. Estos caracteres se observan en lámina delgada, siendo independiente del hábito (Canudo, 2002).

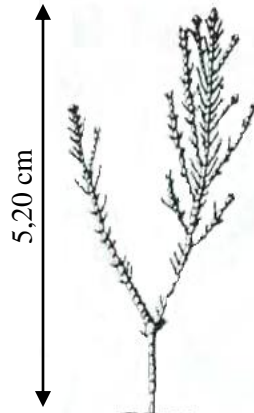
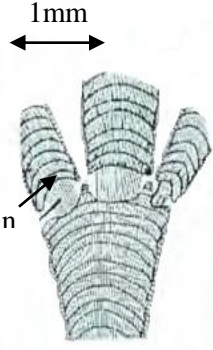
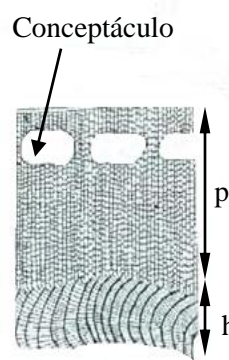
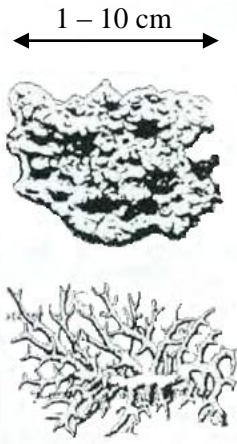
GENICULADAS		INCRUSTANTES	
Hábito	Estructura Interna		Hábito
 <p>5,20 cm</p> <p>Erguidos con ramificaciones y segmentos articulados (Genículas)</p>	 <p>1mm</p> <p>n</p> <p>Fragmentos de genículas separadas por uniones sin mineralizar (n)</p>	 <p>Conceptáculo</p> <p>p</p> <p>h</p>	 <p>1 - 10 cm</p> <p>Incrustante</p>

Figura 3. 5. Hábito y estructura interna en Corallinaceae. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)

3.4.2. División de familias de algas rojas más importantes:

- a) Solenoporaceae
- b) Gymnocodiaceae
- c) Peyssonelliaceae
- d) Sporolithaceae
- e) Corallinaceae

Las dos primeras son exclusivamente fósiles, el resto tienen representantes actuales.

- a) **SOLENOPORACEAE:** esta familia, exclusivamente fósil, se caracteriza por formas incrustantes que crecen en nódulos o columnas. Su tamaño oscila entre milimétricos y centimétricos. Su forma más común son masas redondeadas y hemisféricas. Su estructura interna está compuesta por filamentos calcificados, verticales y divergentes. La sección de estos filamentos es circular o poligonal. Las células son de mayor tamaño que las corallinaceas actuales. La estructura vegetativa es simple y se han identificado conceptáculos externos, en la superficie del talo (Canudo, 2002).

Dentro de las algas rojas, esta familia es la única cuyas estructuras reproductivas son inexistentes y por lo tanto el rasgo morfológico usado para diferenciar los géneros es la naturaleza de las particiones entre las células que conforman los filamentos del talo (presencia o ausencia de particiones y espaciamiento) (De La Cruz, 1993).

Las Solenoporáceas son algas predominantemente Paleozoicas y Mesozoicas, existiendo algún taxón en el Cenozoico como *Parachaetetes*. Su máxima abundancia y diversidad ocurre en el Paleozoico. En el Mesozoico comienza a declinar hasta desaparecer definitivamente en el Cenozoico.

El registro sedimentológico indica que Solenoporaceae ocupó ambientes marinos abiertos de salinidad normal (Canudo, 2002).

- Género *Solenopora*: forma masas nodulares redondeadas como hábito de crecimiento. La característica más resaltante de este género es que los filamentos celulares forman una estructura radial, observándose que los filamentos individuales no tienen particiones y que las células (en corte transversal) tienen una forma de redondeada a poligonal (De La Cruz, 1993).

- Género *Parachaetetes*: presentan un tejido compacto con una trama regular en forma de retícula (secciones verticales) debiéndose esto a que las particiones de los filamentos están regularmente espaciadas. En conjunto y también en secciones transversales de especímenes completos, el tejido es radial hacia arriba, y las células individuales miden entre 30 y 50 micrones. Como en el género *Solenopora* no se observan órganos reproductores (De La Cruz, 1993).

- Género *Solenomeris*: presenta células de forma irregular en secciones verticales y poligonales en sección transversal, con 40 a 60 micrones de diámetro. Las particiones en forma alternada le dan alta conjunto de filamentos un efecto de zigzag. Este género está restringido al Paleoceno.

Ambiente sedimentario: marino de plataforma abierta de salinidad normal, particularmente en facies arrecifales (De La Cruz, 1993).

- b) GYMNOCODIACEAE:** son asignadas a esta familia extinguida con estructura vegetativa compacta que se diferencian bien de otras algas rojas, presentando un hábito erguido y ramificado, sus talos alargados cilíndricos con una estructura interna formada por filamentos gruesos ramificados.

En la periferia del talo se observan conceptáculos, por lo que actualmente se sitúan las familias dentro de las Rodofitas. Su registro fósil es limitado y discontinuo. Únicamente hay dos géneros claramente asignados a esta familia: *Gymnocodium* del Pérmico y *Permocalculus* del Pérmico, Cretácico y Paleoceno (Canudo, 2002).

Los dos géneros de esta familia tienen hábitos de planta erecta y ambos están extintos (De La Cruz, 1993).

- Género *Gymnocodium*: caracterizado por presentar talo elongado con forma de pluma de ave, poros numerosos y distribuidos radialmente a partir del eje del talo. Especímenes sólo en fragmentos que indican una longitud aproximada de 2mm por ejemplar completo. Este género aparece y se extingue durante el Pérmico a superior. Ambiente sedimentario: marino de plataforma y asociado con algas verdes (codiáceas y dasycladáceas) (De La Cruz, 1993).
- Género *Permocalculus*: talo irregular en forma de barril segmentado con típicos “estrangulamientos” a lo largo del mismo. Los poros son corticales, muy numerosos y pequeños. La distribución de este género en el tiempo geológico es del Pérmico a Paleoceno inferior. Ha sido descrito en Venezuela en rocas de edad Cretácea.

Ambiente Sedimentario: marino de plataforma abierta (De La Cruz, 1993).

- c) **PEYSSONNELIACEAE:** estas rodofitas tienen un típico hábito incrustante. Las formas incrustantes suelen tener un espesor que varía entre 0,2 y 0,5 milímetros, extendiéndose por una superficie que puede llegar hasta los 10 cm². Algunos géneros actuales están mineralizados en aragonito y otros carecen de mineralización. El talo está formado por filamentos celulares fuertemente empaquetados, en los que se diferencian el hipotalo y el peritalo (Canudo, 2002).
- d) **SPOROLITHACEAE:** esta familia de Rodofitas es una de las más diversas y abundantes en el registro fósil. Se presentan comúnmente en las rocas carbonáticas marinas del Cretácico y del Cenozoico.

Esta familia se presenta con talos incrustantes y órganos reproductores en forma de soros considerados primitivos, el único género actual es *Sporolithon* (Canudo, 2002).

Género *Sporolithon*: planta no geniculada, su forma de crecimiento varía de incrustante a fruticoso, formadas en gran parte de protuberancias, posee talo monomérico, compuestos de filamentos periféricos de núcleo no coaxial, células de filamentos contiguos con conexiones secundarias de fusión celular. Es característico que las esporangias no se encuentren dentro de los conceptáculos, sino en filas paralelas al tejido peritalico (KUNDAL, 2011). El rango estratigráfico de este género es del Cretácico inferior (Hauteriviano) al Reciente.

Medio Ambiente: tropical, subtropical y polar (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: Más abundante debajo de 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- e) **CORALLINACEAE:** esta familia de Rodofitas es bastante diversa y abundante en el registro fósil. Es un componente común en las rocas carbonatadas marinas del Cretácico y del Cenozoico.

Características:

- **Morfología:** las Corallinaceae presentan distintos tipos de hábitos. La estructura vegetativa se diferencian entre regiones: hipotalo, peritalo y epitalo. En las formas incrustantes los filamentos del hipotalo se orientan más o menos paralelamente al substrato, formando la estructura vegetativa basal. El hipotalo basal puede desarrollar múltiples capas o puede ser una única capa de células alargadas y paralelas al substrato. El peritalo se desarrolla encima del hipotalo y está formado por filamentos orientados perpendicularmente al substrato. Su grosor es muy variado, en algunos géneros está prácticamente ausente o es muy fino, y en otros forma la mayor parte del organismo. El epitalo es una fina superficie de células sin calcificar, que no suele conservarse en los fósiles.

En las formas erguidas, al existir una estructura vegetativa cortical y medular, los órganos reproductores son característicos para distinguir las Corallináceas de las Sporolithaceas. Se encuentran en el interior del peritalo incluidos en conceptáculos abiertos al exterior por una o más aberturas (Canudo, 2002).

- **Clasificación:** los fragmentos aislados de Corallinaceae son suficientes para identificar géneros fósiles. Woelkerling (1988) distinguió siete subfamilias a partir de caracteres de los órganos reproductores, que en ocasiones resulta difícil de reconocer en el registro fósil. Desde el punto de vista paleontológico se pueden distinguir dos grandes familias: Sporolithaceae y Corallinaceae (Canudo, 2002).
- **Distribución Paleobiogeográfica:** las Corallinaceas actuales son cosmopolitas, exclusivamente marinas. Su distribución va desde el trópico al polo y se extiende por toda la plataforma. La temperatura es el principal factor de distribución geográfica de los taxones. Hay géneros de aguas tropicales como *Lithoporella* y de agua fría como *Lithothamnion*. Los taxones de agua fría también se encuentran en latitudes medias pero a mayores profundidades que en latitudes más altas.

La luz es el principal factor que controla la distribución en profundidad de las Coralináceas incrustantes. Cada género vive a una profundidad determinada relacionada con sus necesidades de luz. Las Coralináceas viven de aguas de salinidad normal.

Los primeros representantes de Corallinaceae aparecen progresivamente en el Jurásico, existiendo al menos siete géneros al final del Cretácico. A lo largo del Cenozoico aparecen nuevos géneros y se producen pocas extinciones. Como consecuencia, hay pocos grupos de Corallináceas exclusivamente fósiles (Canudo, 2002).

3.4.3. División de subfamilias de la Familia Corallinaceae:

- a) Subfamilia Melobesoideae
- b) Subfamilia Mastophoroideae
- c) Subfamilia Corallinoideae

a) **Sub-familia MELOBESOIDAE (algas incrustantes corallinas):** esta subfamilia está compuesta por cuatro géneros: *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Melobesia* y *Tenarea*.

- Género *Lithothamnion*: son algas no geniculadas, su crecimiento varia de talos incrustantes a fruticosos. El tipo de talo presente es monomérica, compuesto de filamentos periféricos de núcleo no coaxial, presentan células de filamentos contiguos unidos por la fusión de células, con conexiones de fosas secundarias ausentes. Posee conceptáculos multiporados tetra/bisporangial claramente delimitado, por lo general carecen de filamentos calcificados intercalados entre los esporangios (Kundal, 2011).

Rango estratigráfico: Cretácico inferior (? Albiense) a Reciente (Poignant, 1974).

Medio Ambiente: tropical, subtropical y polar (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: Más abundante debajo de 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- Género *Mesophyllum*: son algas no geniculadas, el hábito presente varía de incrustante a fruticoso compuesto de laminillas aplanadas o cilíndricas, debido a la organización de esta el talo es monomérica compuesta de filamentos periféricos coaxiales, posee células de filamentos contiguos unidos por la fusión de células. Conceptáculos multiporados tetra/bisporangial claramente delimitado, por lo general carecen de filamentos calcificados intercalados entre los esporangios (Kundal, 2011).

Rango estratigráfico: Cretácico Inferior (? Albiense) a Reciente (Poignant, 1974).

Medio Ambiente: tropical, subtropical y polar (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: Más abundante debajo de 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- Género *Melobesia*: el talo forma una costra muy delgada compuesto por células de formas cúbica o alargadas horizontalmente. El peritalo está ausente, excepto alrededor de los conceptáculos que son multiporados y característicamente aparecen como quistes o protuberancias desproporcionadas sobre el tejido superficial (hipotalo). La distribución en tiempo geológico de este género va del Mioceno superior al reciente.

Ambiente Sedimentario: marino en la zona litoral y mares tropicales (De La Cruz, 1993).

- Género *Tenarea*: talo incrustante, tejido hipotálico simple formado por células alargadas, conceptáculos típicamente arqueados y con un solo poro. Los especímenes actuales de este género forman nódulos algales en mares tropicales. La distribución en tiempo geológico del género es Paleoceno al reciente.

Ambiente sedimentario: en aguas tropicales de poca profundidad, comúnmente constituyendo verdaderos pavimentos algales, los cuales han sido bautizados con el nombre de “trottoirs”, y son muy conspicuos en el Mediterráneo (De La Cruz, 1993).

b) Sub-familia MASTOPHOROIDEAE (algas incrustantes corallinas): esta subfamilia está compuesta por cinco géneros: *Lithophyllum*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon*, *Hidrolithon* y *Spongites*.

- Género *Lithophyllum*: son algas no geniculadas, su crecimiento varía de talos incrustante a fruticoso. El tipo de talo puede variar de monomérica a dimerica, compuestos de filamentos de núcleos coaxiales y no coaxiales, presenta células de filamentos contiguos secundarios conectados a la fusión de células. Posee conceptáculos uniporados tetra/bisporangial claramente delimitados, por lo general carecen de filamentos calcificados intercalados entre los esporangios (Kundal, 2011).

Rango estratigráfico: Cretácico inferior (? Albiense) a reciente (Poignant, 1974).

Medio Ambiente: tropical y subtropical (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: más abundante encima de los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- Género *Lithoporella*: posee un hábito incrustante no geniculado, presenta talo dimerico formado por filamentos primigenous, células de filamentos contiguos conectado por fusión celular con conexiones secundarias ausentes. El tipo de conceptáculo presente es uniporado tetrasporangial, claramente delimitadas por lo general carecen de filamentos calcificados intercalados entre los esporangios (Kundal, 2011). El rango estratigráfico de este género va del Cretácico superior (Cenomaniense- Turoniense) al reciente.

Medio Ambiente: tropical (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: más abundante por encima de los 20 metros de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- Género *Neogoniolithon* : pertenece a las algas corallinas no geniculadas, su forma de crecimiento varia de talos incrustantes a talos fructicosos, su talo es monomérico, compuesto por filamentos periféricos de núcleos coaxiales, presenta fusión celular y el tipo de conceptáculos es uniporado Tetrasporangiales/bisporangial (KUNDAL,

2011). El rango estratigráfico de este género va del Paleoceno temprano (Daniense) a reciente (Misra *et al.*, 2006).

Medio Ambiente: tropical (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: más abundante por encima de 20 m (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- Género *Hidrolithon*: las estructuras reproductoras se observan a simple vista formando pequeñas protuberancias. Talo vegetativo de 3 capas de células de grosor; de construcción dímera. Células de filamentos adyacentes de forma rectangular o subcuadrada, no presentándose en empalizada, unidas por fusiones celulares. Conceptáculos tetrasporangiales con un diámetro de 109-172 μm y una altura de 55-79.5 μm .
- Género *Spongites*: pertenece a las algas corallinas no geniculadas, su forma de crecimiento varía de talo incrustante a talo fructífero, presentan talos monomérico dimerico. El talo monomérico consiste de filamentos periféricos de tipo no coaxial. El talo dimerico está compuesto por filamentos "postigenous". El tipo de conceptáculo es uniporado Tetrasporangiales/bisporangial. El conceptáculo carece de filamentos calcificados intercalados entre esporangios (Kundal, 2011). El rango estratigráfico va del Paleoceno temprano (Daniense) a Reciente (Misra *et al.*, 2006).

Medio Ambiente: tropical (Johnson, 1961; Wray, 1977).

Profundidad: más abundante por encima de los 20 metros de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

- c) **Sub-familia CORALLINOIDEAE (algas articuladas corallinas):** esta subfamilia está compuesta por un único género: *Corallina*.

Género *Corallina*: este grupo de algas presenta una morfología muy homogénea. Son plantas erectas con talos articulados de formas y tamaños similares (Kundal, 2011). Las principales variaciones para la clasificación genérica están en la posición de los conceptáculos y las variaciones estructurales del tejido celular (De La Cruz, 1993).

Las Corallinas segregan carbonato y son fuertemente calcificadas por algas rojas del orden Corallinaceae de división Rhodophyta. Las Corallinas han sido componentes importantes de poca profundidad en secuencias sedimentarias marinas de todo el mundo a partir de la Cretácico Inferior (Hauteriviano) al Pleistoceno. Las Corallinas arquitectónicamente tienen dos grupos, las no geniculadas y las formas corallinas geniculadas (Woelkerling, 1988; Womersley, 1996). En las formas corallinas geniculadas, el talo se compone por segmentos rígidos, calcificados denominado como intergenícula, alternando con segmentos raramente calcificados más flexibles denominados como genícula (Figuras 3.6 a y b). Mientras que en las Corallinas de forma no geniculadas, el talo carece de genícula (Bassi *et al.*, 2000) (Fig. 3.6b).

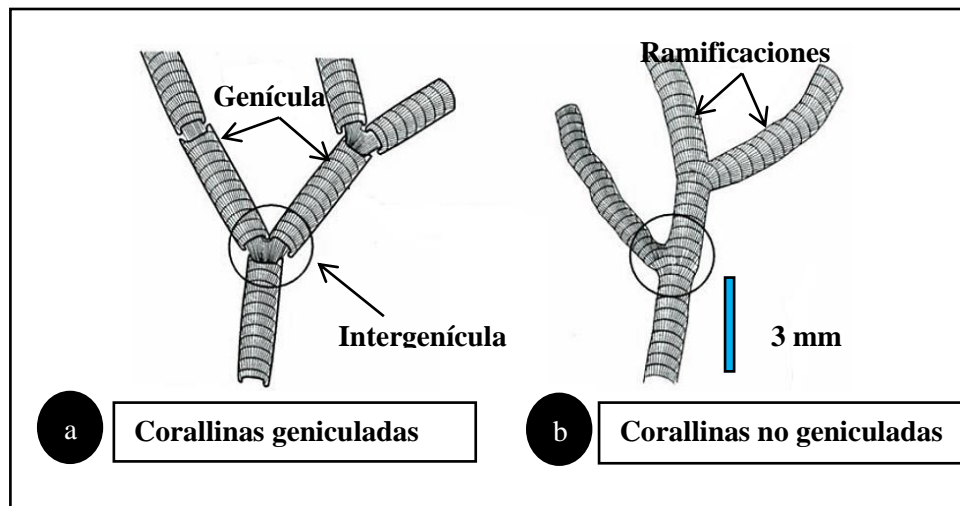


Figura 3. 6. a) En las corallinas geniculadas la ramificación tiene lugar a través del genículo y el genículo une dos intergenículas b) En las corallinas no geniculadas la ramificación tiene lugar sin genículo y la genícula totalmente ausente. (Tomado y modificado de Bassi *et al.*, 2000)

3.5. CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA CORALLINAS NO GENICULADAS

No se dispone de una publicación completa dando las características genéricas distintivas y rangos estratigráficos de corallinas fósiles. Anteriormente el enfoque de la taxonomía de los géneros coralinos fósiles se limitaba a unos pocos caracteres, como la forma, tamaño y grosor del talo. Durante la última década se ha establecido el enfoque moderno de la taxonomía de

las corallinas fósiles utilizando ciertas características distintivas, como disposición de los filamentos basales, fusiones celulares, perforaciones conceptáculos y orientación de los filamentos alrededor de conceptáculos de las corallinas vivas han sido establecidas (Kundal, 2011).

Woelkerling (1988) describió las diversas terminologías referentes a las características taxonómicas y Woelkerling *et al.*, (1993) sugirió 10 tipos de formas de crecimiento para corallinas no geniculadas, estas son:

- 1) **No consolidadas:** plantas compuestas parcialmente de filamentos no consolidados (libres).
- 2) **Incrustantes:** plantas incrustantes y aplanadas (aplanada y horizontalmente expandida) en gran parte o totalmente unida ventralmente, carente de protuberancias y ramas laminadas.
- 3) **Verrugosa:** plantas con protuberancia verrugosa (protuberancia: una cilíndrica parte comprimida o más de una forma de rama irregular que por lo general tiene una organización radial).
- 4) **Bultos:** plantas con protuberancias abultadas, hinchadas que puede variar en longitud, son por lo general llenos, contiguos y rara vez pueden ser ramificados.
- 5) **Fruticosos:** plantas con protuberancias cilíndricas comprimidas que son en su mayoría menor a 3 mm de largo, no se ven bultos, se suelen ver ramificados y libres de uno al otro o lateralmente coherente en diversos grados.
- 6) **Discoideales:** plantas cada una formadas por un disco sin ramificar y en gran parte sin ataduras lamela (lamela / lamelado: aplanado más o menos o rama curva que por lo general tiene una organización interna dorsiventral; lamelas similares).

- 7) **En capas:** plantas que constan de varios a muchos aplanados, ramas laminosas dispuestas en capas orientadas horizontalmente. Estas ramas a menudo dan a la planta un aspecto adosado en vista de la superficie).
- 8) **Folioso:** plantas que constan de varias ramas laminosas dispuestas en diferentes ángulos entre sí. Tales ramas pueden ser simples o ramificadas, pueden ser aplanadas o diversamente curvadas, libres entre sí o entretrejidos y coherentes en diversos grados.
- 9) **En cintas:** plantas compuestas de piso, ramas en forma de cintas planas y que carecen de un disco adhesivo distinto.
- 10) **Arborescente:** plantas más o menos aplanadas en forma de árbol, compuesta por un disco adhesivo distinto y rodamiento. Se presentan en forma de cinta de ramas de abanico.

El cuerpo de la planta de las algas se conoce como talo (plural, talos).

3.5.1. Talo de las algas corallinas geniculadas

Se compone de filamentos unidos en un cuerpo de planta con una estructura interna característica. El talo puede organizarse de una manera dorsiventral, de una manera más o menos radial, de una manera isobilateral o en una combinación de dorsiventral y radial. Sin embargo, la organización dorsiventral es más una disposición generalizada y radial que caracteriza a las protuberancias de la mayoría de las plantas. La organización perteneciente o relativa a la espalda y al vientre en conjunto, es llamada dorsiventral. Existen dos tipos de construcción anatómica, monomérica y aquella en donde tienen partes dispuestas en grupos de dos (dimerico o "*dimerous*"). En la construcción monomérica, existe un único sistema de filamentos ramificados repetidamente en el que algún derivado de cada filamento contribuye a una región de núcleo (hipotalo) que se extiende más o menos paralelo a la superficie del talo mientras que la curva de otros derivados hacia el exterior forman una región periférica (peritalo). El núcleo puede ser coaxial, es decir, los filamentos son dispuestos en grados, no coaxial, los filamentos están curvadas, es decir, los filamentos no están alineados en hileras (Figuras 3.7a y b).

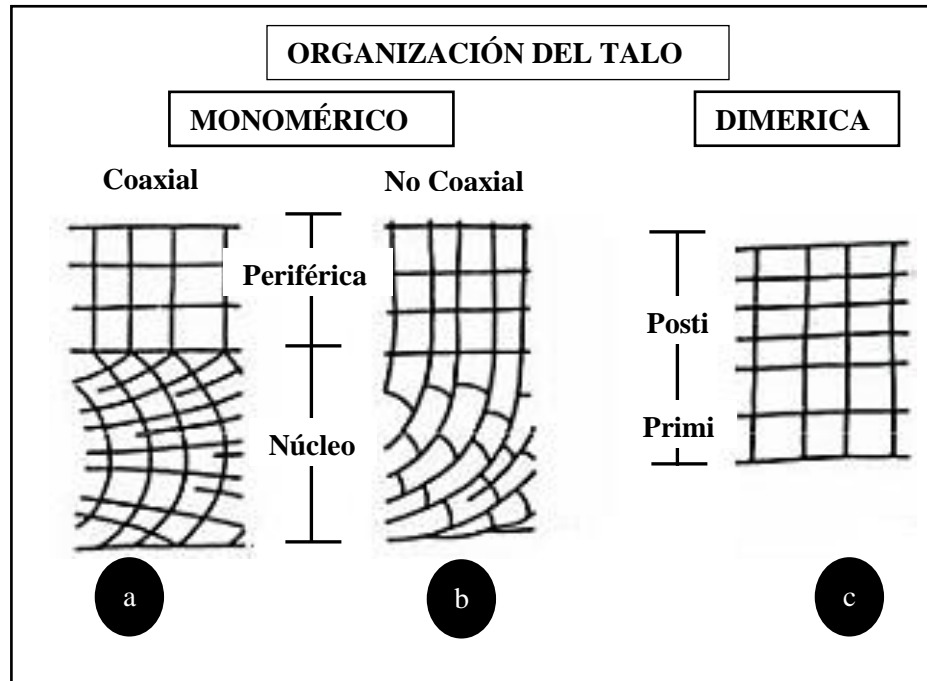


Figura 3. 7. Organización del talo. a) La organización del talo es monomérico que tiene región de núcleo coaxial y la región periférica. b) La organización del talo es monomérico que tiene región de núcleo no coaxial y la región periférica. c) La organización dimerica del talo tiene filamentos primarios y secundarios. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)

La organización dimerica implica dos grupos distintos de filamentos celulares orientados más o menos en ángulos rectos entre sí. Los filamentos basales se llaman filamentos primarios ("primigenous", hipotalo), de la que los filamentos posteriores ("postigenous") surgen dorsalmente en ángulo recto (peritalo) (Figura 3.7c). Ambos tipos de construcciones pueden coexistir en una sola planta en mismos géneros, por ejemplo, *Lithophyllum* y *Spongites*. Celdas consecutivas dentro de un filamento están unidas por conexiones de hoyos primarios, es decir, el tipo de vínculos entre las dos células en los mismos filamentos en las que un hoyo de conexión se produce en una abertura en las paredes de las células contiguas.

Las células de filamentos contiguos y adyacentes pueden unirse mediante conexiones de hoyos secundarios, es decir, tipo de vínculos entre dos células en los filamentos contiguos en las que en un hoyo de conexión se produce una abertura en los estados contiguos de las

paredes celulares o fusiones celulares. Es decir, tipo de vínculos entre las células de dos filamentos en el que las porciones de las paredes de las células se descomponen y el protoplasma luego aparentemente se fusiona (Figura 3.8a, b, c) (Kundal, 2011).

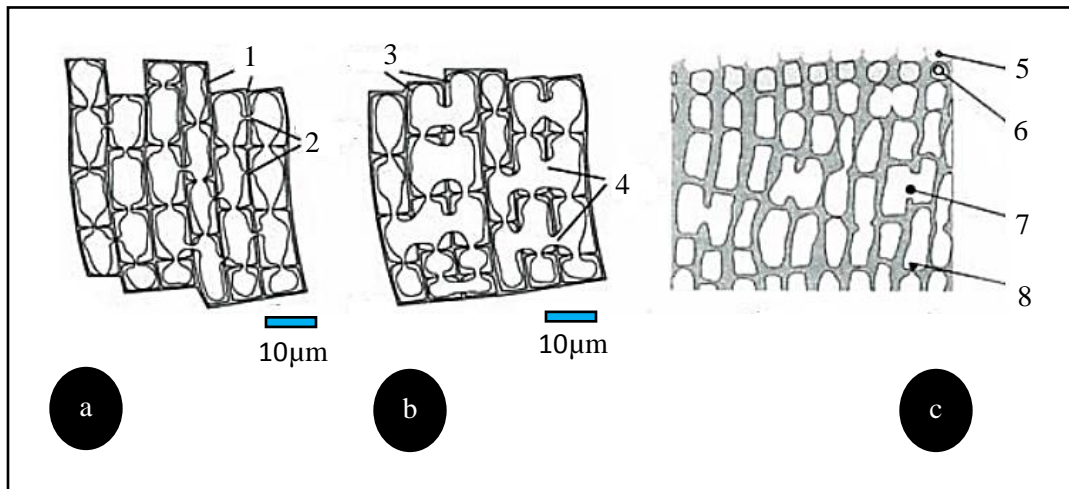


Figura 3. 8. Diferentes conexiones de paredes celulares de las algas. a) Conexiones de hoyos secundarios, b) Fusiones celulares y c) Conexiones de hoyos primarios y fusiones celulares.

En estas figuras los números se refieren a: 1) Pared celular mineralizada. 2) hoyos secundarios. 3) Tejidos vivos. 4) Fusiones celulares. 5) Célula epitalial. 6) Subepitalial inicial (célula meristemática). 7) Fusión celular interfilamental. 8) Conexión de hoyo primario. a y b (Tomado y modificado de Kundal, 2011)

Las células meristemáticas (vegetativo o iniciales subepitalial) terminan y aumentan la longitud del filamento. Las células epitaliales se producen hacia el exterior dividiéndose activamente y se encuentran en la superficie del talo. Por lo general, carecen de paredes celulares calificadas y a veces no están bien conservadas. En las células en barrera, la longitud es sustancialmente menor que la altura celular o diámetro celular. Las células en barreras se producen sólo en filamentos primarios de *Lithoporella*. Los tricócitos (también heterocitos) son células especializadas, potencialmente productoras de pelo, por lo general reconocidas por mayor tamaño o paredes más gruesas que pueden ocurrir en filamentos vegetativos (Figura 3.9 a, b).

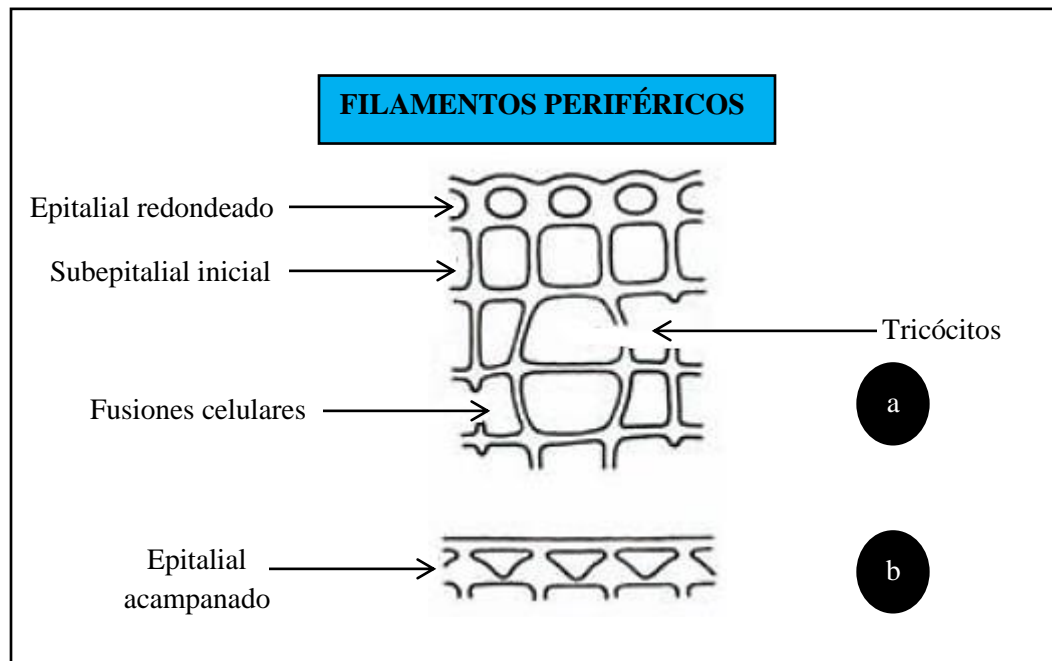


Figura 3. 9. Filamentos periféricos. a) Fusiones celulares, subepitalial inicial, células epitaliales y tricócitos. b) Células epitaliales acampanadas. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)

Los gametos (sexuales) son producidos por el espermarangio y se llevan en conceptáculos uniporados (Figura 3.10 d). Las células esporangiales asexuales pueden ser transmitidas por pares (ejemplo: Tetra/bi), y también en uniporados, es decir, el techo tiene un solo poro a través del cual los gametos o esporas pueden pasar (Figura 3.10c), o en conceptáculos multiporados, es decir, el techo tiene muchos poros (Figura 3.10a) o se agrupan en soros y está formada por células talo. Los Conceptáculos Tetra/bi-esporangiales están formados por grupos de células especializadas (iniciales). Estas iniciales son denominadas conceptáculos *primordia*. Los conceptáculos en plantas están formados por una columna simple (o *columella*) (un grupo de filamentos descalcificados con aumento de forma centralizada desde el suelo conceptáculos) por un alargamiento de filamentos descalcificados intercalados entre los esporangios o por filamentos que rodean y encierran la cámara del conceptáculo (Figura 3.10c). Los techos de soros están formados por el alargamiento de filamentos calcificados intercalados llamados paráfisis (Figura 3.10b). Los carpo-esporangios son órganos asexuales que se forman por filamentos especiales llamados gonioblastos y nacen en cámaras antiguas con conceptáculos sexuales (Kundal, 2011).

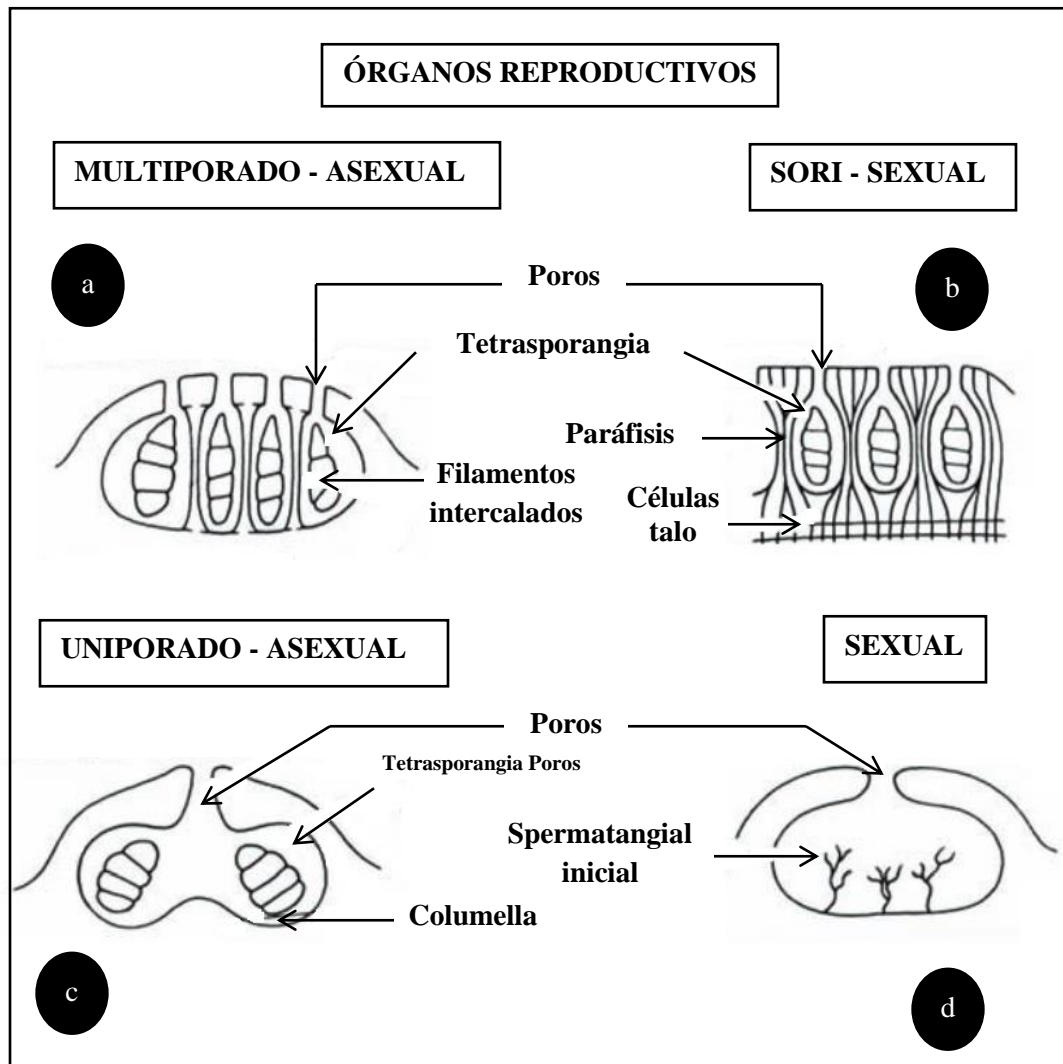


Figura 3. 10. Órganos reproductivos. a) Tetra/órganos reproductivos bisporangial en conceptáculo multiporado. b) Tetra / conceptáculos monoporados bisporangial dispuestos en soros con células talo y paráfisis. c) Tetra / órganos reproductivos bisporangial en conceptáculo multiporados con columella. d) Los órganos sexuales pueden tenerse en conceptáculos uniporados con iniciales espermatangiales simples o ramificadas. (Tomado y modificado de Kundal, 2011)

3.6. CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS PARA CORALLINAS GENICULADAS

Todas las algas corallinas geniculadas poseen forma erguida y de crecimiento ramificado que tiene segmentos calcificados (intergenicula) conectados y articulados entre sí por segmentos

no calcificados (genícula). Los segmentos individuales varían de forma cilíndrica a aplanada. La genícula descalcificada promueve desarticulación postmortem de intergenícula calcificada. Estas intergenículas desarticuladas son difíciles de identificar y las formas geniculadas tienen correspondientemente pobres registros fósiles. Tras la muerte de la intergenícula son desarticulados y consecuentemente los fósiles aparecen generalmente como intergenícula separados pero de vez en cuando la genícula puede conservarse. Internamente, la intergenícula tiene una región del núcleo central (médula en las publicaciones de mayor edad) que está rodeado en ambos lados por una región periférica (cortical en las publicaciones de mayor edad). Así, las intergenículas parecen tener construcción monomérica, es decir, hay un único sistema de filamentos en la que algunos contribuyen a una región de núcleo que corre más o menos paralelo a la superficie de la curva del talo y otros filamentos hacia el exterior, y en conjunto contribuyen a una región más periférica. Las proporciones relativas de los filamentos en la región del núcleo y las regiones periféricas pueden variar sustancialmente. En las regiones centrales, las células de filamentos adyacentes se pueden disponer a lo largo de los estratos regulares o estratos irregulares. En algunos géneros la región del núcleo puede tener filas de células largas que alternan con filas de celdas cortas. Todas las formas geniculadas tienen conceptáculos uniporados que pueden estar presente en la región de núcleo (posición axial) o en la región periférica (posición lateral) (Kundal, 2011).

3.7. RODOLITOS

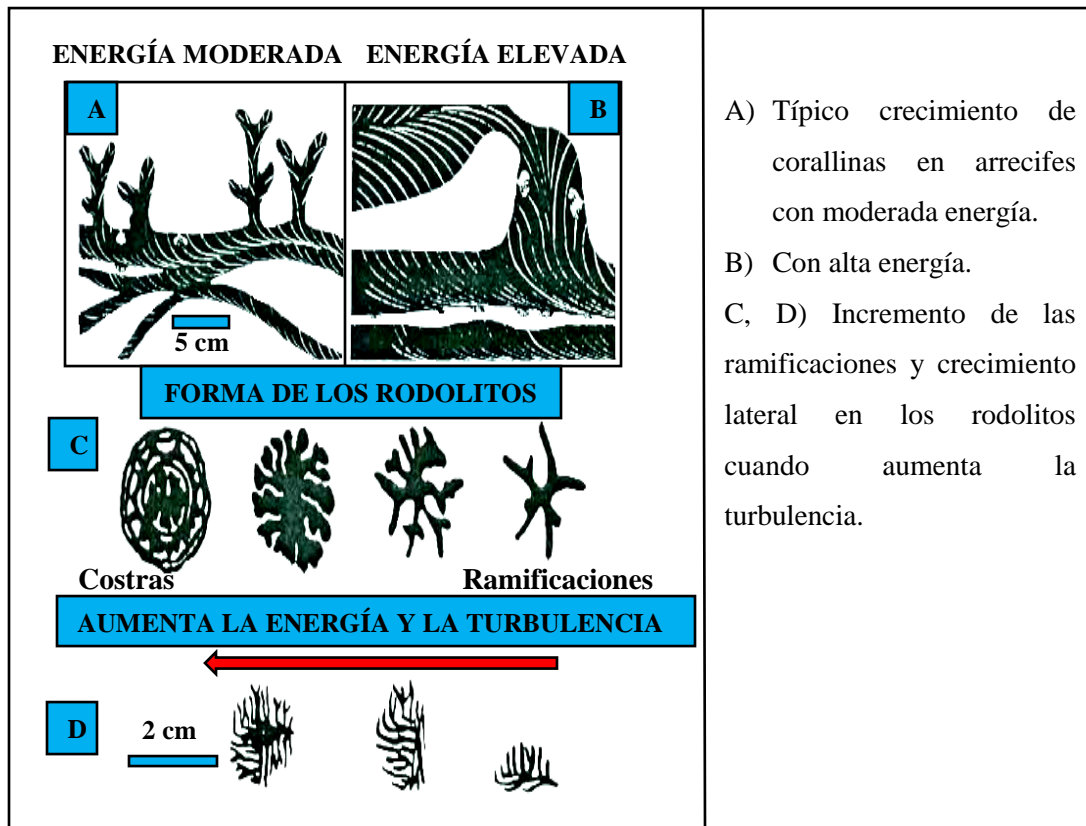
Los rodolitos son estructuras compuestas principalmente (>50%) de algas rojas corallinas no geniculadas (Foster, 2001, p. 659). Un rodolito individual puede estar integrado por una o varias especies corallinas, además de contener otros organismos incrustantes como briozoos, foraminíferos, gasterópodos, etc. Los mantos de rodolitos conforman agregados de estas estructuras y se encuentran en muchas partes del mundo (Foster, 2001). Es importante indicar que algunos corales geniculados y otras algas rojas, tales como los miembros de la familia Peyssonneliaceae (Ballantine *et al.*, 2000, Lund *et al.*, 2000), también pueden formar estructuras libres llamadas “rodolitos”.

Por lo general no es posible identificar con certeza a las especies formadoras de rodolitos con base únicamente en su forma de crecimiento u otras características morfológicas externas.

Para una identificación precisa y confiable normalmente se requiere realizar cortes histológicos que permitan examinar los caracteres vegetativos y reproductivos pertinentes. El proceso de identificación se divide en dos etapas y consiste en identificar los especímenes en primera instancia, a nivel de género, y posteriormente a nivel de especie.

La identificación a nivel de especie de algas corallinas formadoras de rodolitos casi siempre resulta más compleja que la identificación genérica. Las algas corallinas no geniculadas son muy variables en su morfología (Woelkerling *et al.*, 1993). Una sola especie puede mostrar una variedad de formas de crecimiento que pueden ser exhibidas por varias otras especies, lo cual dificulta una identificación visual (ver Womersley 1996, pp. 196, 206, 230). Mientras que las guías de campo o los listados florísticos tienden a ser más a menos para el usuario que las revisiones taxonómicas, la identificación se puede basar más bien en las características vegetativas y/o morfológicas más evidentes que en los caracteres reproductivos de importancia taxonómica. No obstante, las descripciones florísticas a menudo incluyen fotografías útiles e información importante, y con frecuencia resultan ser un buen punto de partida para la identificación de los especímenes. En las tablas sólo se incluyen las publicaciones que contienen descripciones ilustradas o estudios detallados de los taxones. No se presentan registros no confirmados de otras especies formadoras de rodolitos que aún tienen que ser analizados desde el punto de vista taxonómico.

Los rodolitos individuales pueden estar compuestos de una sola especie o ser multiespecíficos. Al principio del proceso de identificación es importante determinar si el rodolito está formado por una o más especies o géneros (Figura 3.11). En un rodolito multiespecífico es necesario buscar si existe más de una forma típica de crecimiento, más de un tipo de conceptáculo (órgano reproductivo), o uniones o traslajos evidentes de las partes vegetativas de las plantas, incremento de las ramificaciones y crecimiento lateral en los rodolitos cuando aumenta la turbulencia (Woelkerling *et al.*, 1993).



A) Típico crecimiento de corallinas en arrecifes con moderada energía.

B) Con alta energía.

C, D) Incremento de las ramificaciones y crecimiento lateral en los rodolitos cuando aumenta la turbulencia.

Figura 3. 11. Relación de energía y forma de los rodolitos. (Tomado y modificado de Canudo, 2002)

3.8. BIOHORADACIONES

Las biohoradaciones se reconocen en secciones delgadas dentro del sustrato biogénico, y pueden ser causadas por una variedad de micro y macrohoradación. Estas biohoradaciones son muy frecuentes en las facies de coral, común en los rodolitos y en las facies de algas corallinas. La biohoradación es más frecuente en los entornos de la plataforma interna y media durante el Eoceno tardío – Oligoceno temprano, relacionadas con la profundidad de agua. La importancia para la presencia y preservación de la biohoradación es el tamaño inicial, la arquitectura esquelética de los sustratos biogénicos potenciales, las facies corales y rodolitos son los más propicios para el encubrimiento y preservación de los organismos endolíticos, como por ejemplo foraminíferos pequeños o ramificación de briozoos (Nebelsick *et al.*, 2011).

El análisis de las características morfológicas de las trazas fósiles se encuentran presentes dentro de rodolitos, permitiendo el reconocimiento de siete icnotipos diferentes (Checconi y Mónaco, 2009). Estas trazas comprenden un icnotaxón atribuido a las actividades de los bivalvos (*Gastrochaenolites*), uno para esponjas (*Entobia*), tres a poliquetos y percebes (*Trypanites*, *Meandropolydora* y *Caulostrepsis*) y tres micro-trazas comparables a las producidas por microorganismos tales como excavaciones de hongos, algas, bacterias y/o esponjas (Icnотipos A, B, y C; Tabla 3.3).

El registro de perforaciones puede variar en tamaño desde unos pocos micrómetros hasta algunos centímetros y se concentran a menudo paralelos al crecimiento exterior de rodolitos, esto último, hace que las biohoradaciones o trazas fósiles se dividen en dos: microhoradación (o "*microboring*") y macrohoradación (o "*macroboring*").

Tabla 3. 1. Resumen de los principales caracteres de trazas fósiles e icnogéneros relacionados. (Tomado y modificado de Bassi *et al.*, 2010)

CARÁCTER	PERFORACIÓN	FORMA DE PERFORACIÓN	PERFORADORES ASOCIADOS
MACROHORADACIÓN	<i>Gastrochaenolites</i>	Una cámara, recta, elíptica.	Bivalvos
	<i>Entobia</i>	Cámaras individuales irregulares o múltiples redondeadas, conectados con aberturas estrechas.	Esponjas
	<i>Trypanites</i>	Cilíndricos, cámara recta con diámetro constante.	Poliquetos, balánidos.
	<i>Meandropolydora</i> , <i>Caulostrepsis</i> .	Doblados cilíndricos o cámara helicoidal dispuesta con diámetro constante.	Poliquetos, balánidos.
MICROHORADACIÓN	<i>Icnотipo A</i>	Cilíndricos, cámara recta con diámetro constante perpendicular a la superficie.	Algas, hongos, esponjas.
	<i>Icnотipo B</i>	Red muy retorcida y sinuosa, micro-galerías cilíndricas.	Algas, hongos, bacterias, esponjas.
	<i>Icnотipo C</i>	Red ramificada de micro-galerías con diámetro irregular.	Algas, esponjas.

1) **Microhoradación:** están representados por Icnotipo A, Icnotipo B e Icnotipo C.

- **Icnotipo A:** una sola apertura de perforación micro-tabular, con un eje recto (siempre perpendicular a la superficie del sustrato), sección transversal circular, diámetro casi constante (10-40 micras en promedio) y una terminación redondeada (Figura 3.12). Puede alcanzar una longitud máxima de 500 micras y se puede atribuir a la acción de perforación de las esponjas, algas endolíticas y/u hongos (por ejemplo, Rooney y Perkins, 1972; Ghirardelli 2002).

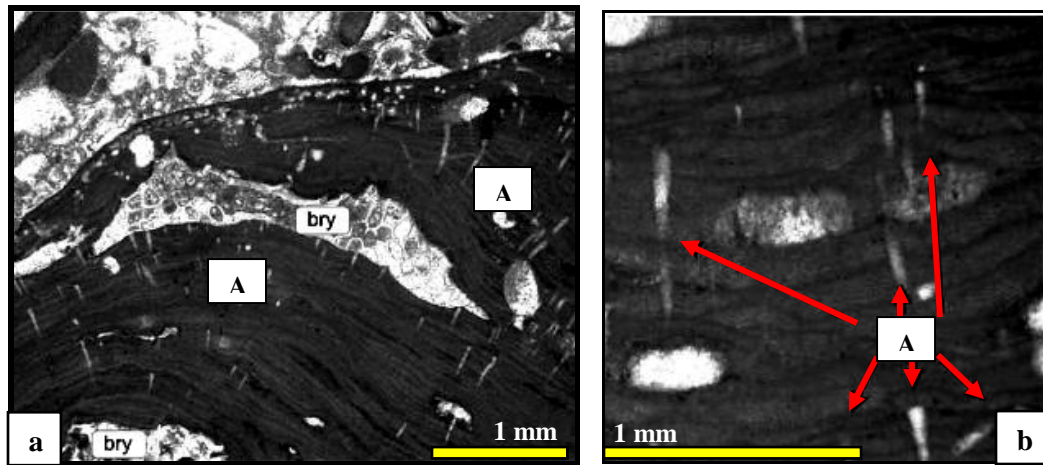


Figura 3. 12. Tipos de microhoradaciones. a, b) Microhoradación (Icnotipo A) con incrustación de briozoos. (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

- **Icnotipo B:** consta de una red de micro-galerías ramificadas que irregularmente cambian de 5 a 25 micras de diámetros. Los ejes principales de las ramas son generalmente sub-perpendiculares a la superficie del sustrato. A veces, dos galerías pueden converger formando un patrón de "Y". El tamaño de las perforaciones aumenta hasta unas 30 micras, con empalmes de derivación. Las ramas secundarias, perpendiculares a ligeramente oblicuos eje principal pueden estar presentes y desarrollar un patrón de red dendrítica. Estas perforaciones generalmente se desarrollan dentro de las capas superficiales de talos corallinas hasta 550 micras de profundidad desde la superficie del rodolito y se llenan con cemento de calcita. Las comparaciones con perforaciones descritas en la literatura (por ejemplo, Rooney y

Perkins, 1972; Edwards y Perkins, 1974; Golubic *et al.*, 1975; Tudhope y Risk, 1985) sugieren que estas micro-excavaciones podían ser producidas por hongos, algas, bacterias y/o esponjas (Figura 3.13).

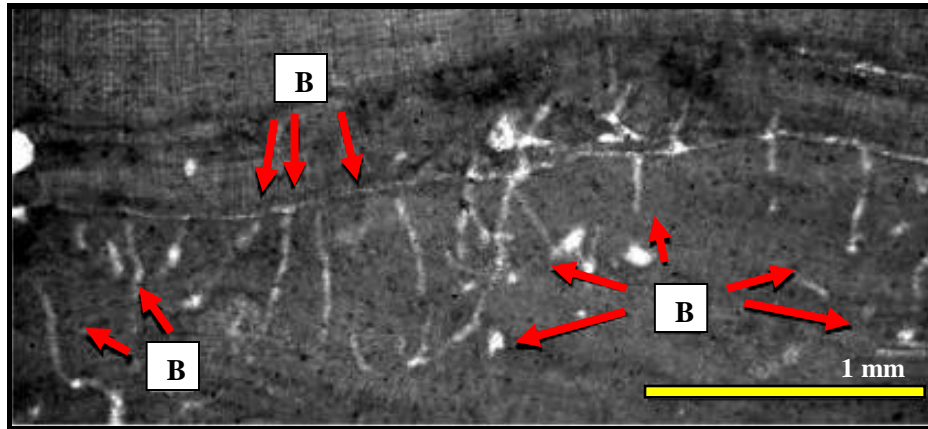


Figura 3. 13. Microhoradación de Icnotipo B, posiblemente relacionada con la acción de hongos, algas y/o esponjas. (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

- **Icnotipo C:** se caracterizan por una compleja red superficial de micro-galerías sinuosa y contorsionada con una cámara redondeada. El diámetro medio de las galerías oscila de 5 a 20 micras (Figura 3.14).. La forma y distribución de las perforaciones sugiere que las perforaciones de esponjas o algas podrían ser los productores de estos micro-modelos serpenteantes (por ejemplo, Rooney y Perkins, 1972; Tudhope y Risk, 1985).

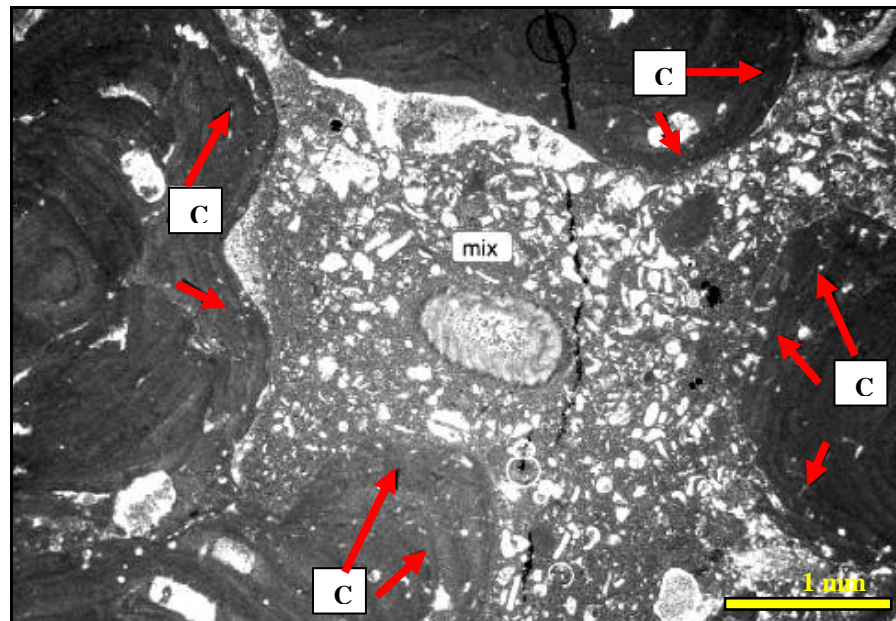


Figura 3. 14. Microhoradación de Icnotipo C, atribuidas a las horadaciones producidas por esponjas o algas. (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

1) **Macrohoradaciones:** están representados por *Gastrochaenolites*, *Entobia*, *Trypanites*, *Meandropolydora* y *Caulostrepsis*.

- ***Gastrochaenolites:*** este icnotipo es de forma elipsoidal con el eje principal perpendicular a la superficie dura del sustrato. La cámara principal es sub-elipsoidal con una excentricidad variable en secciones longitudinales y circulares en las secciones transversales. La región apertural de la perforación, que es circular y generalmente erosionada, es más estrecha que la cámara principal. El cuello apertural está muy raramente presente y parece ser de sección transversal circular. El diámetro más grande se encuentra aproximadamente en el centro dentro de la cámara, y puede alcanzar hasta 1,4 mm de diámetro. Conchas de bivalvos, cuya forma refleja su forma de excavación, a menudo se conservan en la perforación (Figura 3.15). El tipo de perforación puede ser referido al icnogénero *Gastrochaenolites* Leymerie, que es similar en forma y dimensión a las perforaciones producidas por el *Lithopaga* bivalvos, por ejemplo, plataformas carbonatadas de coral del Mioceno de aguas poco profundas de la zona Egidir, Turquía (Kleemann, 1994); o los arrecifes modernos de Bermuda (Bromley, 1978).

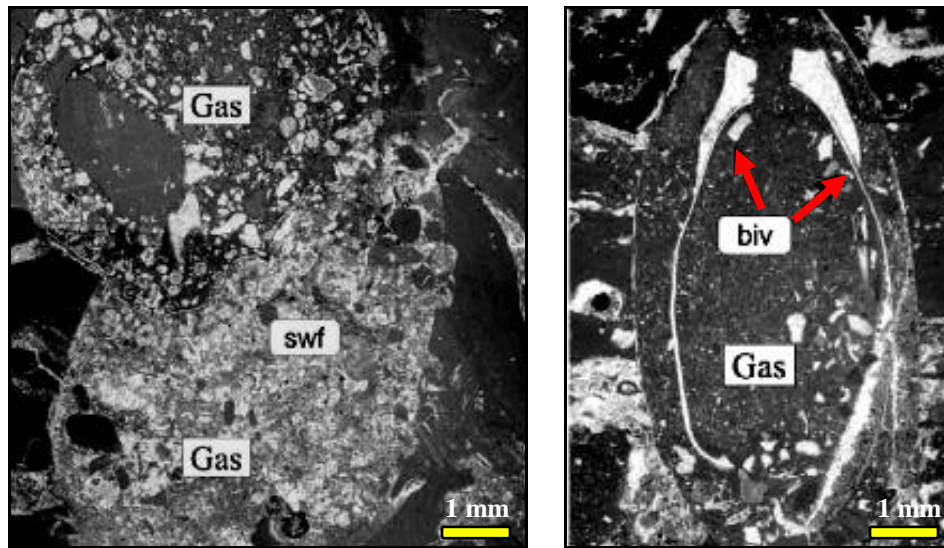


Figura 3. 15. Macrohoradación de tipo Gastrochaenolites (Gas), atribuidas a las horadaciones de bivalvos. (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

- **Entobia:** estas perforaciones muestran simple o múltiple, de ancho (2.1 a 8.9 mm de ancho) cámaras con una forma redondeada irregular – forma ovalada o poligonal (Figura 3.16). Estrechas aberturas muestran rangos de tamaño variable son frecuentes y están conectados ya sea ya a otras cámaras o a la superficie exterior de los rodolitos (Pleydell y Jones, 1988; Perry, 1996).

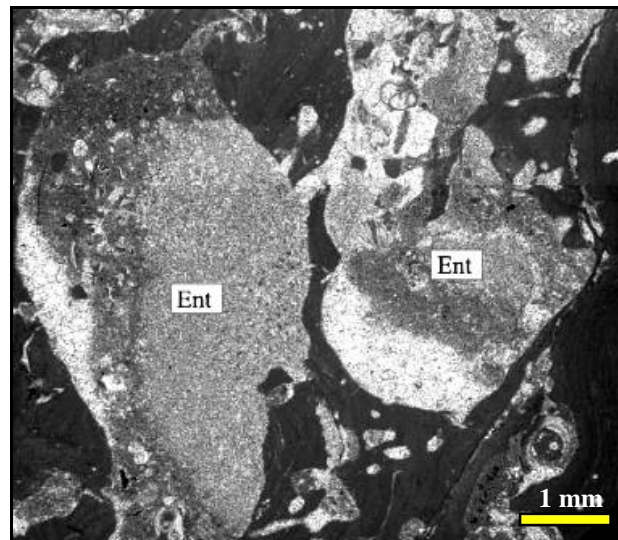


Figura 3. 16. Macrohoradación de tipo Entobia (Ent). (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

- ***Trypanites***: esta traza fósil está representada por una perforación simple con una sola abertura que consiste en un tubo cilíndrico, generalmente perpendicular a la superficie del sustrato, un diámetro casi constante y una terminación redondeada. Diámetro oscila desde 0,6 hasta 1,7 mm, mientras que la longitud máxima es de 11 mm, aunque una longitud mayor puede ser probable (Figura 3.17). Estas perforaciones, que a menudo pueden presentar una concentración al azar dentro de los rodolitos, son similares al icnogénero *Trypanites* Mägdefrau. En particular, algunos ejemplares corresponden a *Trypanites solitarius* (Hagenow). Perforaciones de tipo *Trypanites* pueden ser producidas generalmente por los poliquetos, aún así los gusanos sipunculacean y *percebes acrothoracican* también pueden producir perforaciones similares (Ekdale *et al.*, 1984).

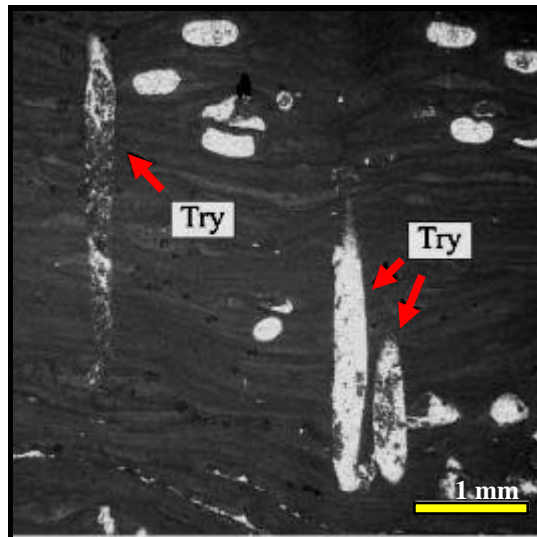


Figura 3. 17. Macrohoradación de tipo *Trypanites* (Try), desarrolladas de forma perpendicular a la superficie del alga. (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

- ***Meandropolydora* y *Caulostrepsis***: este grupo traza fósil consiste en galerías cilíndricas, irregularmente contorneadas, a veces de bucle redondo y entran en contacto con sí mismo o interceptan otras perforaciones similares; el diámetro oscila desde 0,3 hasta 1,8 mm y la longitud de 1,8 a 13,4 mm. Este crecimiento a menudo produce la fusión entre las paredes perforadas. En correspondencia con lóbulos producidos por la flexión de cámara, el diámetro puede permanecer constante en

tamaño o agrandar la creación de una cámara de saco (Figura 3.18).. A veces se han observado dos aberturas circulares. La red de traza se desarrolla libremente en todas las direcciones dentro de los espesos talos de algas corallinas, mientras que la red es paralela y superficial dentro de los delgados talos de algas corallinas donde los talos a menudo se alternan con otros organismos incrustantes (principalmente briozoos). Estas perforaciones se pueden atribuir al icnogénero *Meandropolydora* Voigt y *Caulostrepsis* Clarke (Rooney y Perkins, 1972; Ghirardelli 2002).

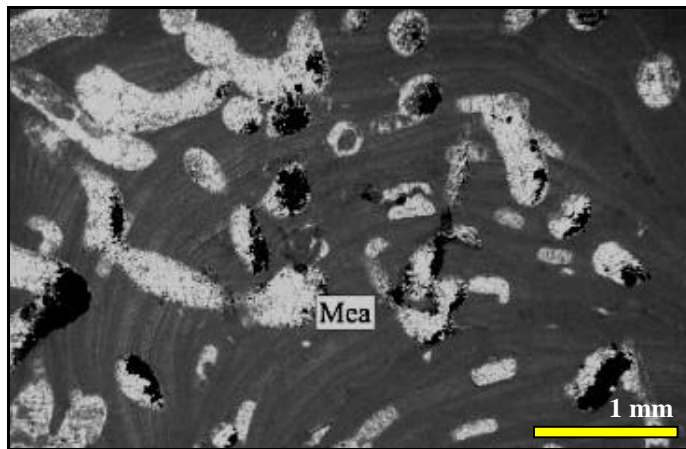


Figura 3. 18. Macrohoradación de tipo *Meandropolydora* y *Caulostrepsis* (Mea). (Tomado y modificado de Bassi, *et al.*, 2010).

3.9. MODELO DE FACIES DE RAMPAS CARBONÁTICA

Las plataformas actuales en regiones templadas a frías, o influenciados por las corrientes oceánicas frías se convirtieron en una referencia principal para interpretar muchas asociaciones de granos esqueléticos en antiguas sucesiones de carbonatos. Las asociaciones de foramol, rhodalgal y bryomol, son utilizados como indicadores de paleoclima en calizas antiguas (Betzler *et al.*, 1997). La asociación de foramol domina en los depósitos de rampa interna. Los componentes foramol-rhodalgal predominan en los depósitos de rampa media (Figura 3.19), y la asociación rhodalgal predomina los sedimentos de la pendiente de la rampa (Obrador *et al.*, 1992; Pomar, 2001a; Pomar *et al.*, 2002). Buzamiento abajo, ellos interdigitan con camas cruzadas en la rampa media, en la que los componentes esqueléticos comunes son fragmentos de algas rojas, equinoides, briozoos y moluscos. Foraminíferos grandes (*Amphistegina* y algunos fragmentos de *Heterostegina*), así como otros foraminíferos

bentónicos son localmente abundantes. Los rodolitos se dispersan o se concentra en bolsas (Pomar, 2001a; Pomar *et al.*, 2002).

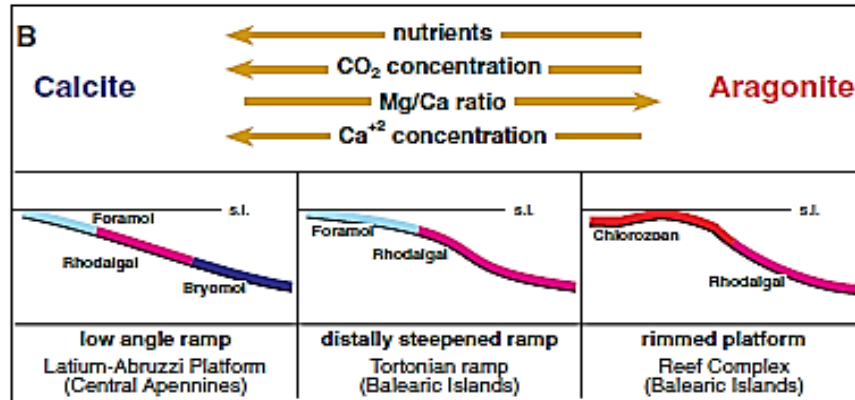


Figura 3. 19. Los diferentes tipos de perfiles y de distribuciones facies de cinturones deposicionales que caracterizan plataformas. (Tomado y modificado de Pomar *et al.*, 2002)

Los géneros de algas rojas en la pendiente de la rampa incluyen *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Lithoporella*, *Lithophyllum*, *Sporolithon* y *Spongites*. La pendiente inclinada, entre la rampa media y el entorno de la externa, indica una zona de aumento de la velocidad de sedimentación resultante de la acumulación combinada de sedimentos arrastrados desde la rampa media y de la producción in situ de los componentes esqueléticos tamaño grava (principalmente algas rojas) en la parte más profunda de la zona fótica (70 m a aproximadamente 100-150 m de profundidad de agua estimada; Pomar *et al.*, 2002). Los intraclastos en barrancos erosivos en la rampa interior y exterior de la pendiente contienen ooides y fragmentos de algas verdes como la *Halimeda* (Obrador *et al.*, 1992; Pomar *et al.*, 2002).

Las asociaciones de algas rojas de la rampa de Menorca se caracterizan por un alto porcentaje de *Spongites* (Mastophoroideae) en la rampa media, mientras que *Lithothamnion*, *Phymatholithon* y *Mesophyllum* pertenecientes a la subfamilia Melobesoideae dominan la pendiente y el ambiente de la rampa media exterior, con subordinado *Sporolithon* y *Lithoporella* (Braga y Aguirre, 2001).

Según Braga y Aguirre (2001), las algas pertenecientes a la subfamilia Mastophoroideae predominan en las asociaciones de algas en aguas poco profundas en condiciones tropicales,

mientras que la subfamilia Melobesoideae y el género *Sporolithon* son dominantes en el entorno más profundo. Las bifurcación de algas rojas y capas de Rudstone rodolíticos son comunes (*Spongites*, *Neogoniolithon*, *Lithothamnion* y *Mesophyllum*). Estos packstone esqueléticos y capas de rudstone pasan hacia el mar en pequeñas y dispersas acumulaciones de coral que se caracterizan por *Porites* laminares e incrustantes, comúnmente con incrustaciones de algas rojas y asociados con criaderos de ostras. Las perforaciones (*Entobia*) en conchas de bivalvos y algas rojas son comunes.

En la (Figura 3.20) se observa que los foraminíferos grandes se encuentran ubicados en la rampa media, donde hay menos acción del oleaje, en agua más tranquilas; los rodolitos, generalmente compuestos por más de 50% de algas rojas están distribuidos entre la pendiente de la rampa y la rampa externa, aunque pueden encontrarse en la rampa media, mientras que las algas rojas pueden estar ubicadas entre la rampa media y la externa con vestigios en la rampa interna.

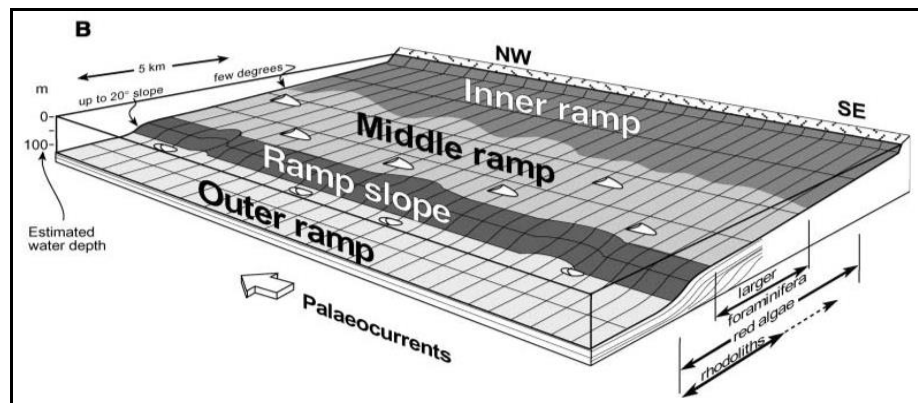


Figura 3. 20. Modelo deposicional para el Tortoniense temprano distalmente un empinamiento en la rampa de Menorca. (Tomado y modificado de Pomar, 2001a)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ALGAS ROJAS Y VERDES

Este estudio está basado en el análisis de 145 secciones delgadas, tomando como principal objetivo el reconocimiento taxonómico de las algas rojas y verdes, tipos de biohoradaciones y disposición que conforman los rodolitos. Este análisis se enfoca en los carbonatos Oligoceno – Mioceno temprano ubicados en el área costa afuera del Golfo de Venezuela, comprendidos por los pozos A, B, C y D, a través de las cartas de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes (ver anexo II, III, IV y V).

Pozo A (Área Coral)

Estudios realizados por Ortega *et al.*, (2014), indican que las algas rojas y los macroforaminíferos representan los constituyentes principales de fauna y flora existente en la zona.

El estudio bioestratigráfico del pozo A (ver anexo II), el cual pertenece al Bloque Urumaco I está constituido por el análisis de 17 secciones delgadas, distribuidas aproximadamente cada 20 pies a lo largo de 16 metros de núcleo. Se caracteriza por una abundancia de algas rojas (generalmente mayores a 2 mm), encontrándose generalmente de forma fragmentada o formando una o varias capas concéntricas llamadas rodolitos, en la cual es común encontrar horadaciones. Las algas verdes se presentan esporádicamente en la distribución del núcleo estudiado.

Las algas rojas identificadas en estos carbonatos representan el 99,83%, mientras que las algas verdes 0,17% siendo éstas representadas en su totalidad por el género *Halimeda* (ver Figura 4.1).

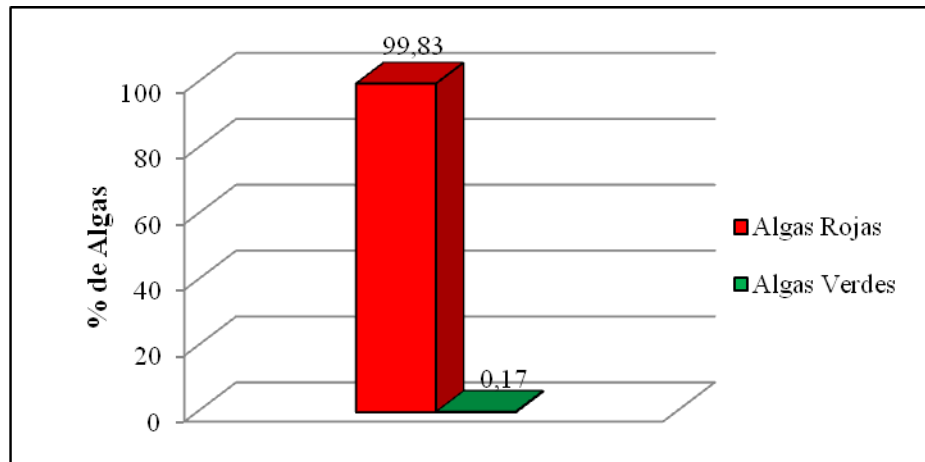


Figura 4. 1. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo A.

De las algas identificadas un 47,62% pertenece a las algas geniculadas (sub-familia Corallinoideae) y un 52,38% a las no geniculadas (Figura 4.2). El género *Corallina* con (47,62%) fue el más fácil de identificar. Otros géneros encontrados en el estudio fueron: *Sporolithon* y *Spongites* (4,76% c/u), *Lithothamnion*, *Mesophyllym* y *Lithophyllum* (14,28% c/u). Otras algas fueron complicadas al momento de identificarlas debido a que era imposible observar el conceptáculo.

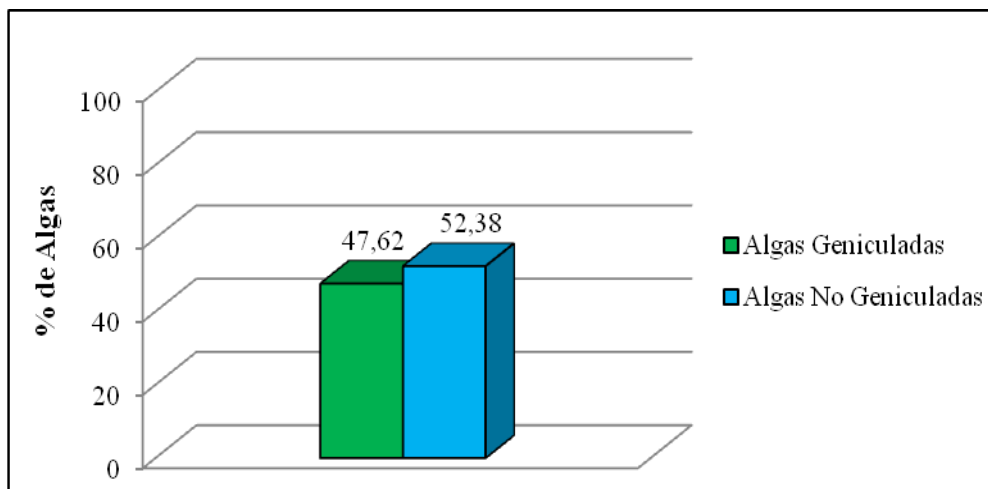


Figura 4. 2. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo A.

Dentro del estudio de las algas rojas presentes se realizó la clasificación de las biohoradaciones, encontrándose 15 microhoradaciones y 2 macrohoradaciones por cada sección delgada analizada.

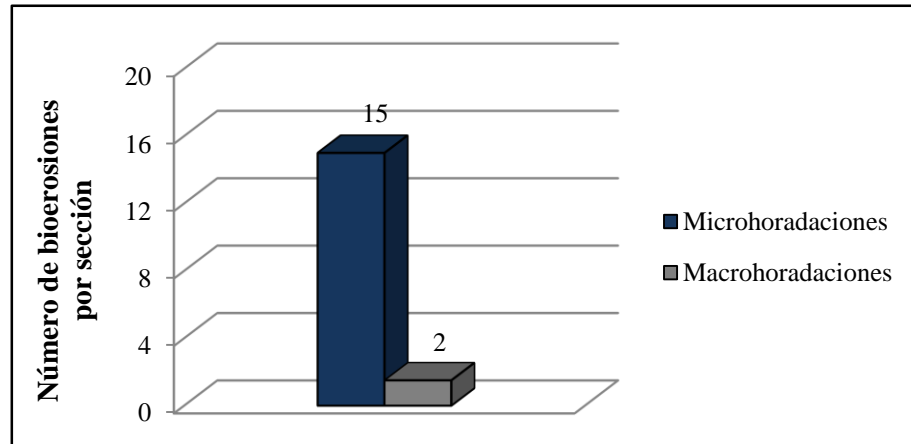


Figura 4. 3. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo A.

En el núcleo se observó la presencia de rodolitos, los cuales son estructuras libres compuestas por más de 50% de algas rojas y en promedio por lo general son mayores a 2 mm. La aparición de dichas estructuras se encuentra más de un (1) rodolito en cada sección.

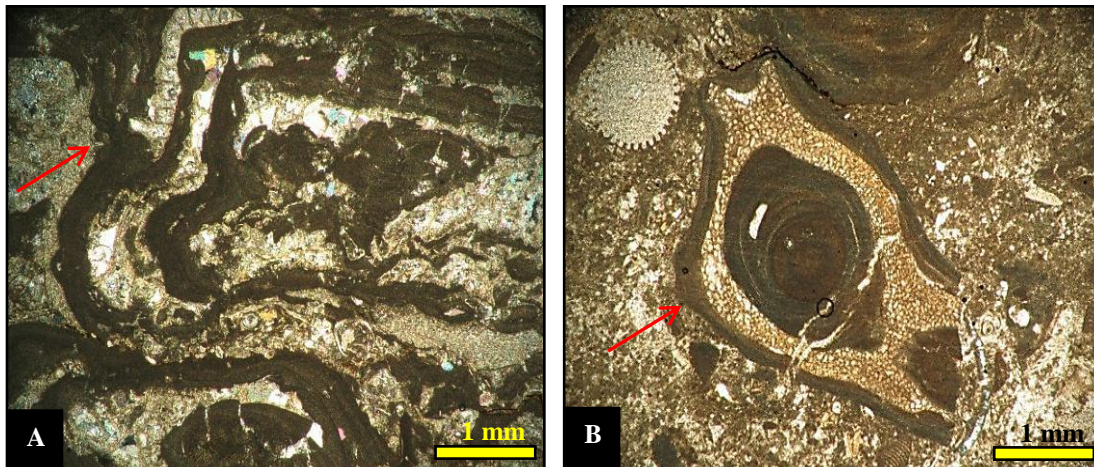


Figura 4. 4. Fotomicrografías de rodolitos compuestos encontrados en el pozo A. A) Rodolito complejo con múltiples capas de algas rojas e incrustaciones de briozoos y foraminíferos. B) Rodolito complejo de forma sub-esferoidal con briozoos incrustantes.

En la Figura 4.5 se observan fotomicrografías de diversos géneros de algas encontradas.

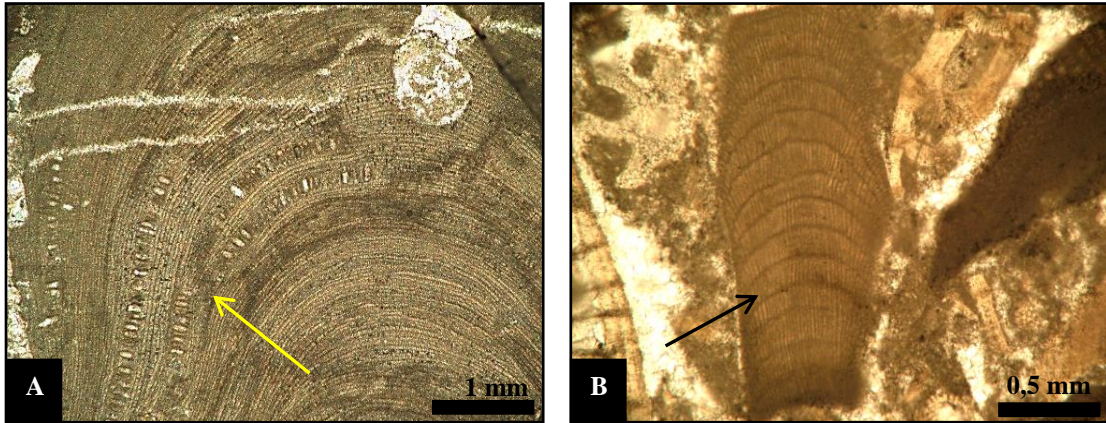


Figura 4. 5. Fotomicrografías de géneros de algas rojas encontradas en el pozo A. A) Se señala el órgano reproductor (soros) del *Sporolithon*. B) *Corallina*.

Pozo B (Área Perla)

El análisis bioestratigráfico del pozo B (ver anexo III), perteneciente al Bloque Cardón IV, ubicado en la parte occidental de la Península de Paraguaná, Golfo de Venezuela, Estado Falcón, se basó en el estudio de 44 secciones delgadas, distribuidas aproximadamente cada 20 pies, provenientes del núcleo de unos carbonatos con espesor de 253 metros. Están constituidos en su mayoría por algas rojas (97,74%) y en menor proporción algas verdes 2,26% (Figura 4.6). Las algas rojas generalmente se encontraban fragmentadas, pertenecientes a la Familia Corallinaceae (97,66%) y Familia Sporolithaceae (0,08%), mientras que las algas verdes identificadas están representadas por la Familia Halimedaceae.

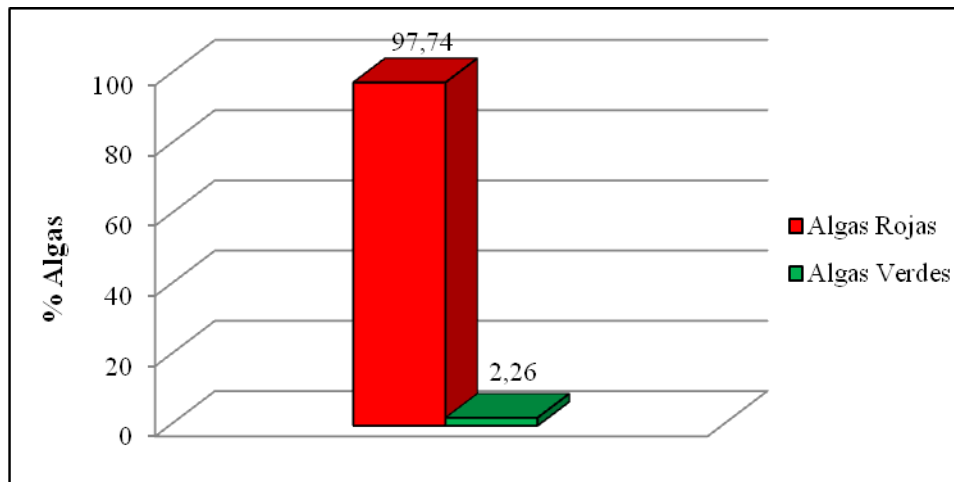


Figura 4. 6. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo B.

Mediante el análisis bioestratigráfico del pozo, se identificó un 73,81% de algas geniculadas y un 26,19% de algas no geniculadas (Figura 4.7). Los géneros identificados fueron: *Corallina* (73,81%), *Lithothamnion* e *Hidrolithon* (1,19% c/u), *Mesophyllum* y *Lithoporella* (4,76% c/u), *Lithophyllum* (9,52%), *Sporolithon* y *Spongites* (2,31% c/u).

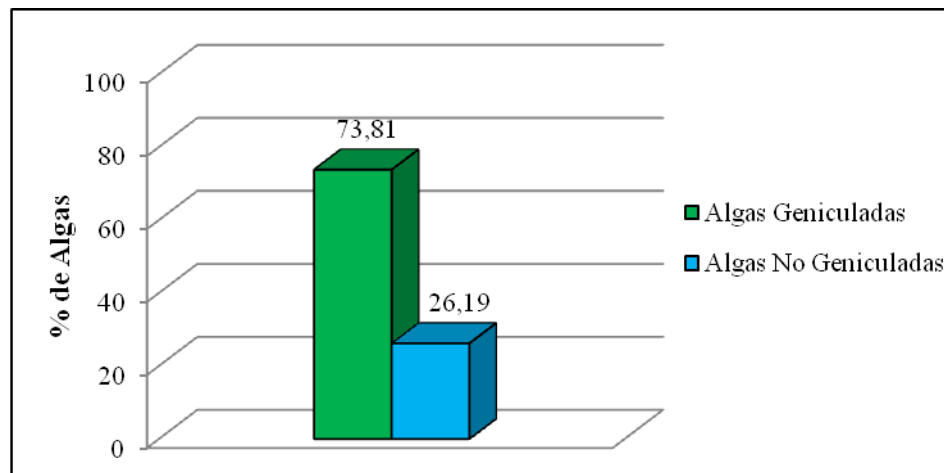


Figura 4. 7. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo B.

La identificación y clasificación de las biohoradaciones estuvo representada en mayor proporción por las microhoradaciones (13) y macrohoradaciones (3) por cada sección delgada, realizado a través de conteo puntual.

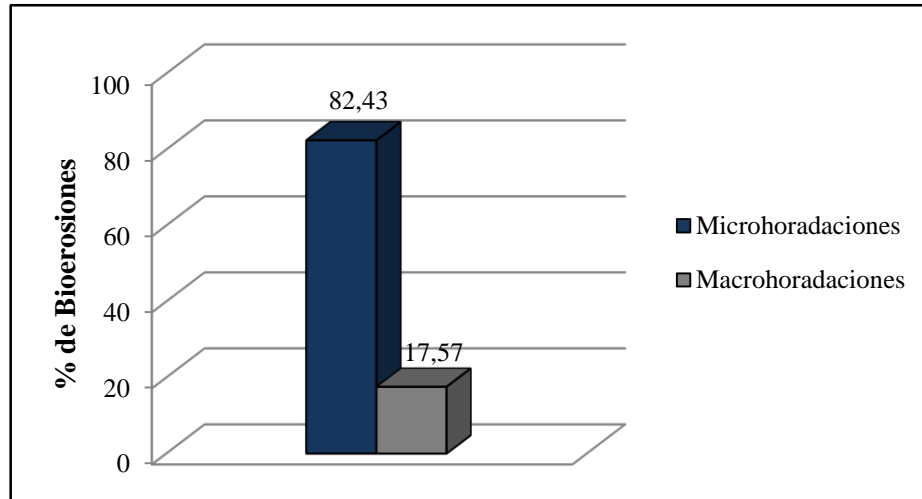


Figura 4. 8. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo B.

En la Figura 4.9 se muestra unos ejemplos de rodolitos simples que se identificaron en el pozo. Generalmente se pueden encontrar más de dos (2) rodolitos por cada sección delgada analizada.

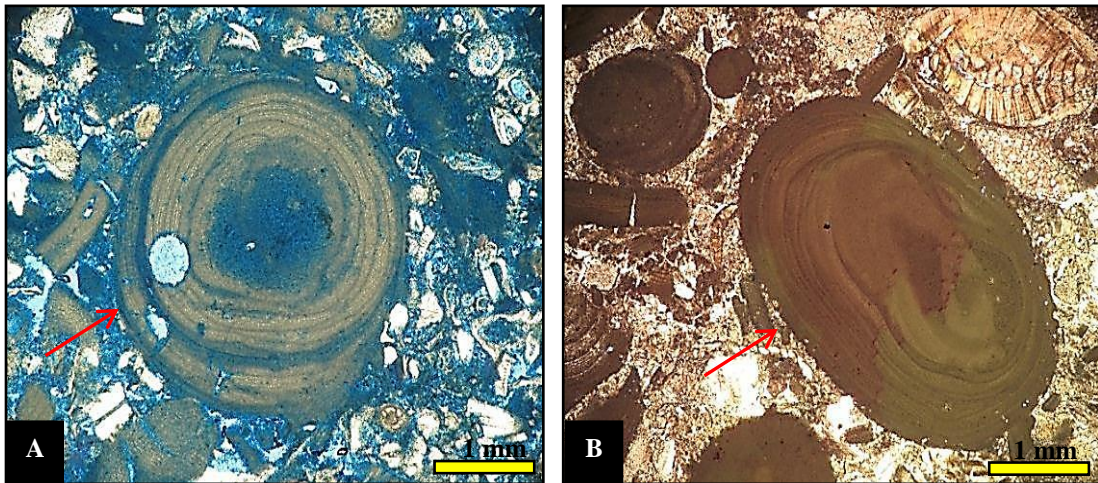


Figura 4. 9. Fotomicrografías de rodolitos encontrados en el pozo B.
A,B) Rodolitos simples de forma sub-elipsoidal con microhoradaciones.

En la Figura 4.10 se observa unas fotomicrografías de diversos géneros de algas encontradas.

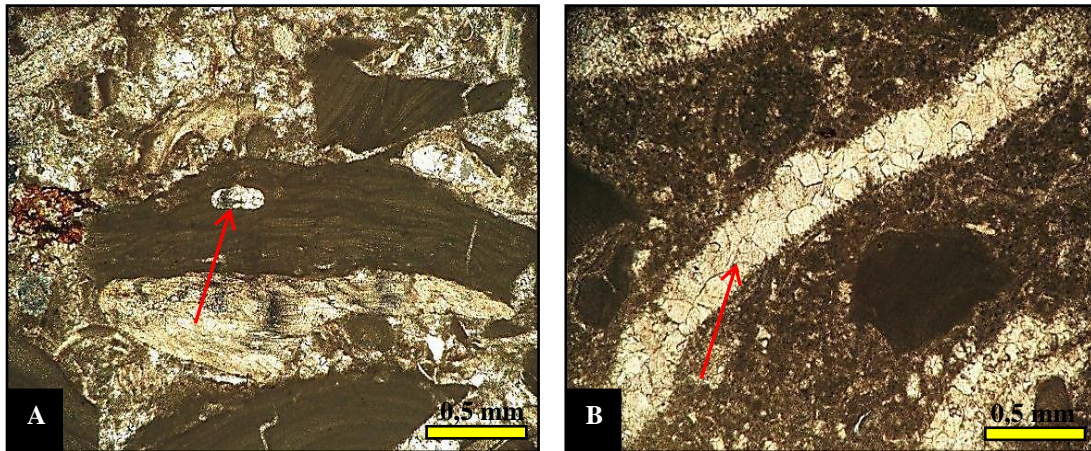


Figura 4. 10. Fotomicrografías de géneros de algas rojas y verdes encontrados en el pozo B.
A) Se señala el órgano reproductor (conceptáculo) del *Lithothamnion*. B) *Halimeda*.

Pozo C (Área Perla)

El estudio bioestratigráfico del pozo C (ver anexo IV), perteneciente al Bloque Cardón IV, está basado en el análisis de 40 secciones delgadas y distribuidas aproximadamente cada 20 pies a lo largo de 227 metros de núcleo.

En la Figura 4.11 se observa que las algas rojas con (94,73%) fueron las más predominantes, generalmente se encontraban de forma fragmentadas, mientras que las algas verdes con (5,27%) se observaron esporádicamente.

Las algas rojas representadas por la Familia Corallinacea (94,66%) y Familia Sporolithaceae (0,07%), y las algas verdes por la Familia Halimedaceae.

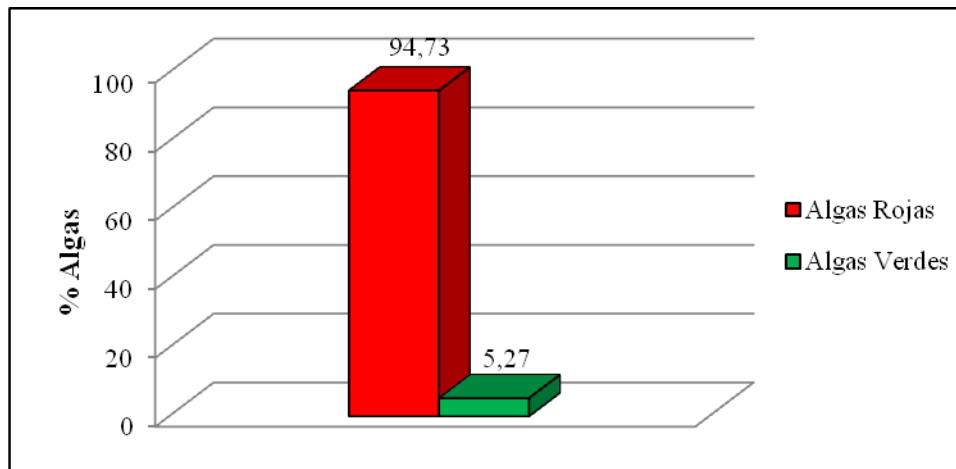


Figura 4. 11. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo C.

En la Figura 4.12 se muestran los valores obtenidos de algas geniculadas (69,84%) y no geniculadas (30,16%). Los géneros identificados fueron: *Corallina* (69,84%), *Sporolithon*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon* e *Hidrolithon* con (1,59% c/u) y *Lithoporella* (23,81%).

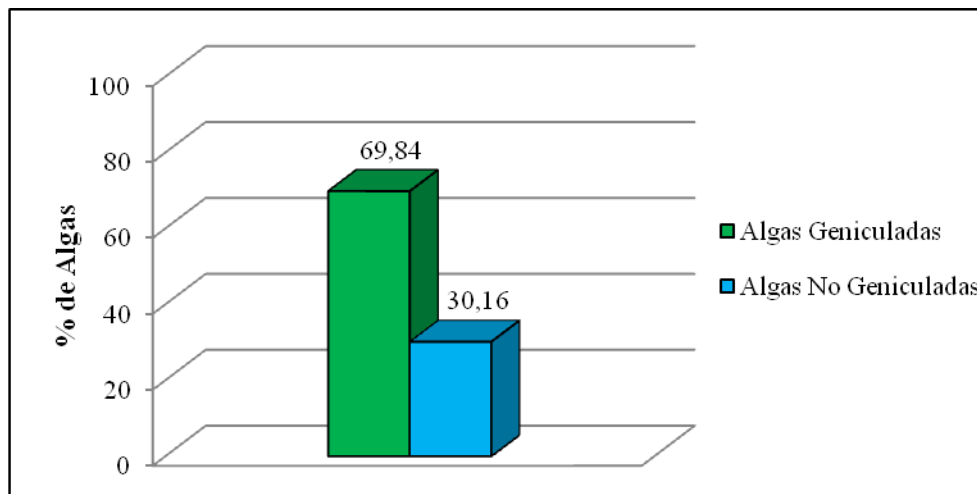


Figura 4. 12. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo C.

La Figura 4.13 muestra la distribución porcentual de las biohoradaciones presentes en el análisis de las secciones delgadas del pozo C. Generalmente se logró identificar en promedio 21 microhoradaciones y 3 macrohoradaciones por cada sección analizada.

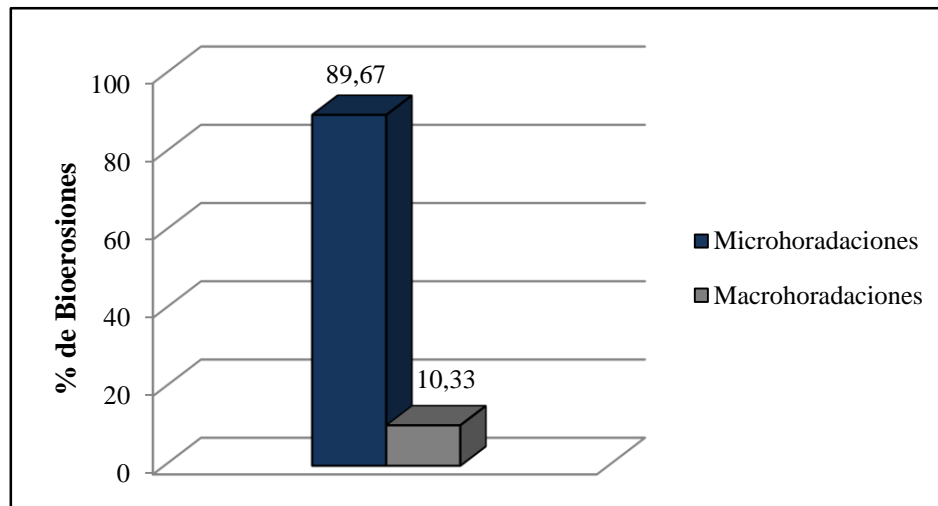


Figura 4. 13. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo C.

La Figura 4.14 muestra ejemplos de rodolitos de forma sub-elipsoidal.

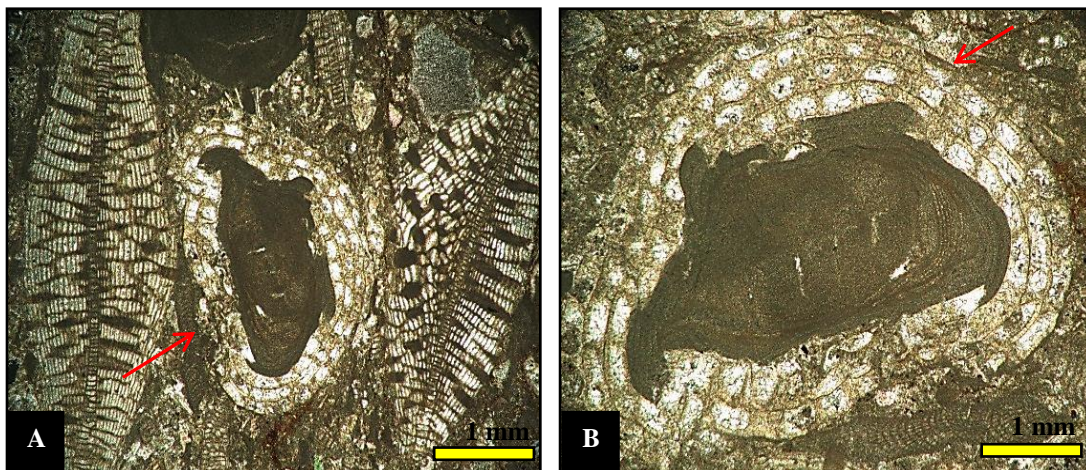


Figura 4. 14. Fotomicrografía de rodolitos encontrado en el pozo C.
A,B) Rodolito con briozoos incrustantes.

En la Figura 4.15 se observan fotomicrografías de diversos géneros de algas encontradas.

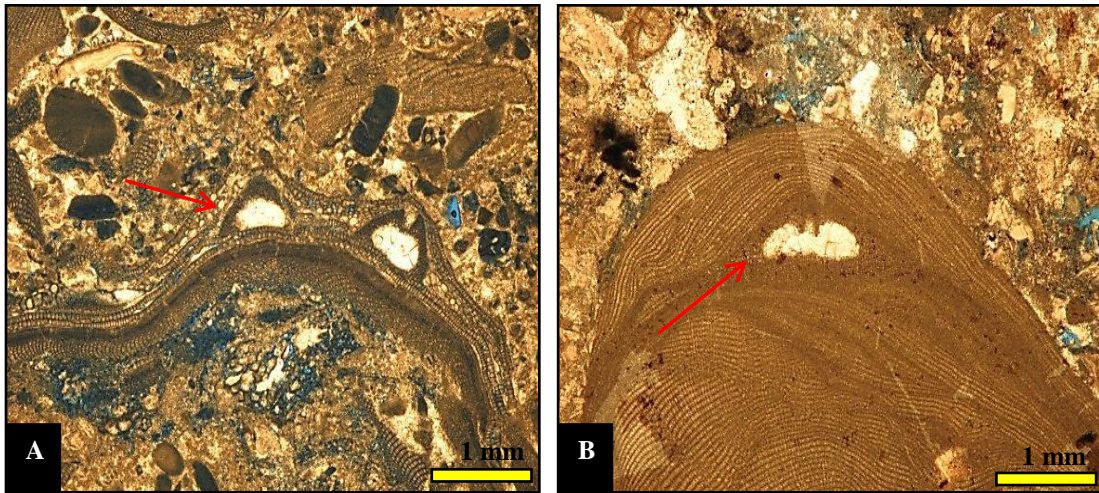


Figura 4. 15. Fotomicrografías de géneros de algas rojas encontrados en el pozo C.
A) *Lithophyllum*. B) *Neogoniolithon*.

Pozo D (Área Perla):

En el Bloque Cardón IV se realizó un estudio bioestratigráfico (ver anexo V) basado en el análisis de 44 secciones delgadas procedentes del pozo D, distribuidas aproximadamente cada 20 pies en un núcleo de carbonatos con espesor de 145 metros.

La Figura 4.16 muestra la distribución porcentual de las algas, donde las algas rojas con 98,28% son las mayores representantes en el intervalo del pozo analizado y las algas verdes con (1,72%) en menor proporción.

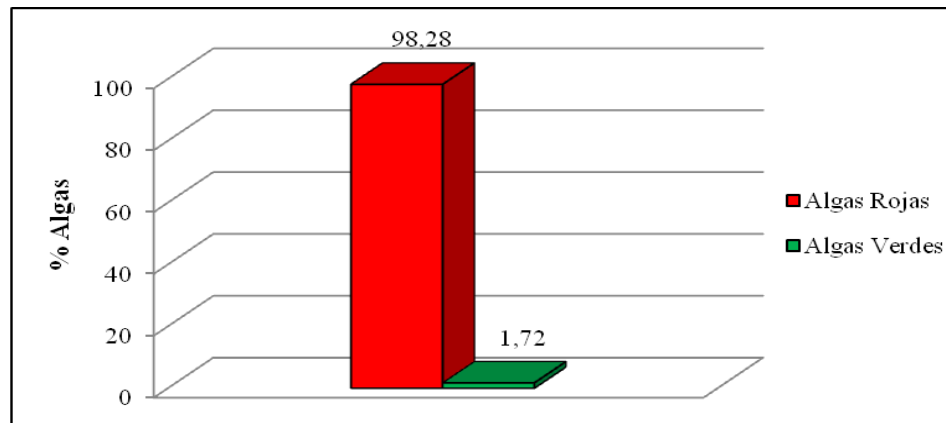


Figura 4. 16. Distribución de algas rojas y verdes en el pozo D.

A través del análisis se obtuvo un 73,77% de algas geniculadas y un 26,23% de algas no geniculadas (Figura 4.17). El género que se identificó con mayor facilidad es *Corallina* con (73,77%). Otros géneros encontrados fueron: *Mesophyllum* (9,84%), *Lithophyllum* (6,56%), *Lithoporella* (3,28%) y *Sporolithon*, *Neogoniolithon*, *Hidrolithon* y *Spongites* con (1,64% c/u).

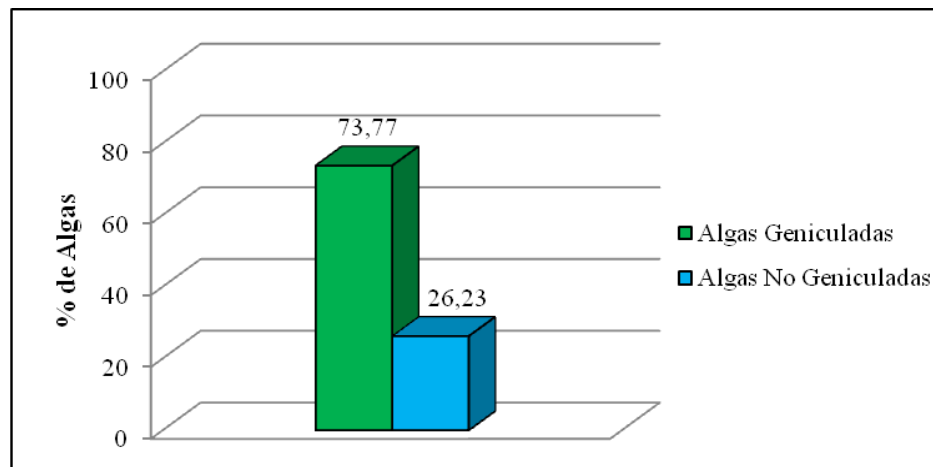


Figura 4. 17. Representación porcentual de algas geniculadas y no geniculadas en el pozo D.

En la Figura 4.18 se observa que 19 microhoradaciones y 2 macrohoradaciones se encontraron en promedio por cada sección delgada analizada.

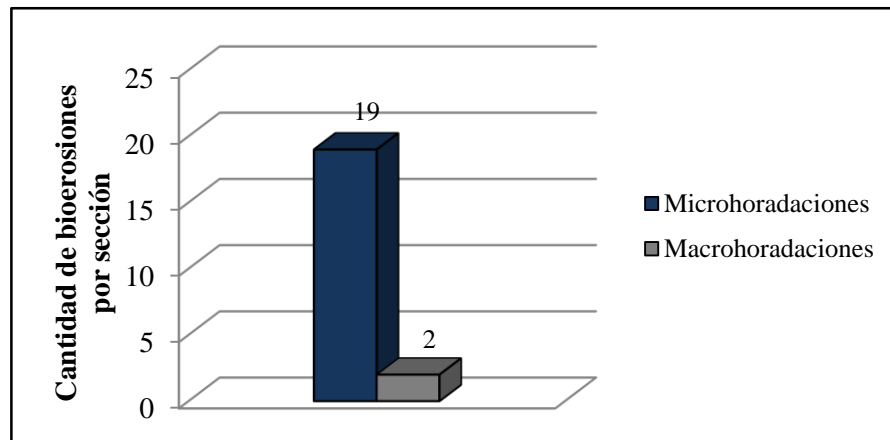


Figura 4. 18. Conteo promedio de biohoradaciones en el pozo D.

La Figura 4.19 muestra dos ejemplos de rodolitos complejos de forma sub-elipsoidal. Generalmente se identificó en promedio más de (1) rodolito por sección delgada analizada.

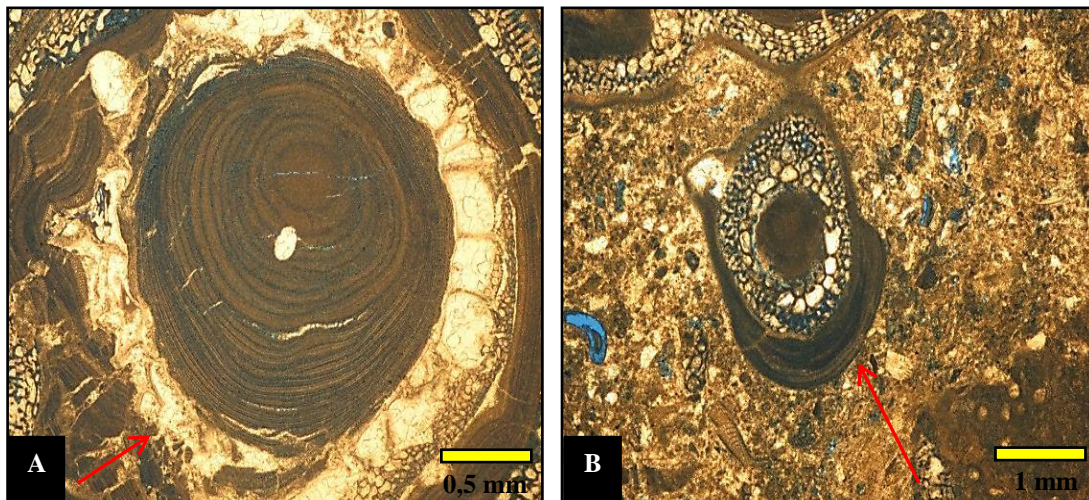


Figura 4. 19. Fotomicrografía de rodolitos complejos encontrados en el pozo D.

A) Rodolito complejo con incrustación de briozoos.

En la Figura 4.20 se observa una serie de fotomicrografías de diversos géneros de algas encontradas.

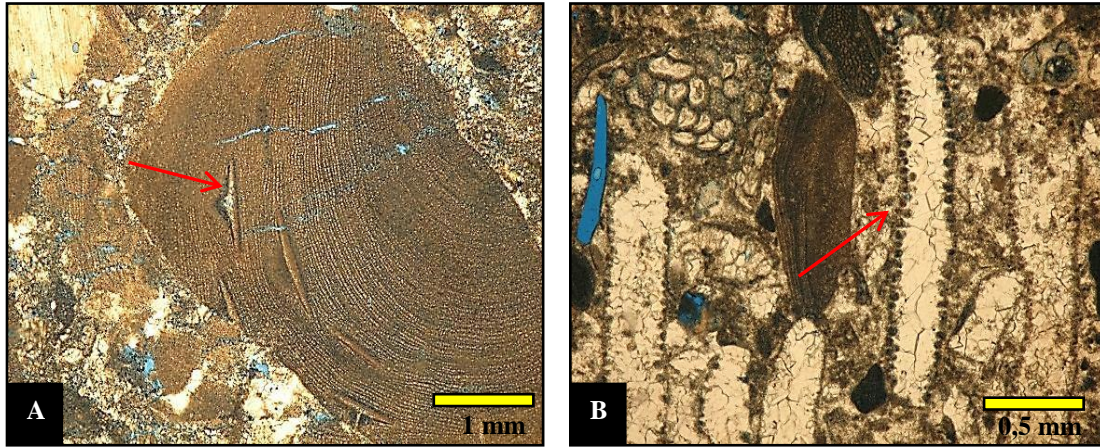


Figura 4. 20. Fotomicrografías de géneros de algas rojas y verdes encontrados en el pozo D. A) Se señala el órgano reproductor (conceptáculo) del *Hidrolithon*. B) *Halimeda*.

4.2. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LAS ALGAS ROJAS EN LAS ÁREAS PERLA - CORAL

Las algas rojas son los constituyentes mayoritarios en la distribución de algas en los cuatro pozos. Según Littler *et al.*, (1985) estamos en presencia de hábitats marinos de aguas cálidas, donde las algas rojas se pueden encontrar hasta profundidades de por lo menos 268 metros. Generalmente se pueden encontrar en arrecifes y rampa media.

En el área de estudio de los carbonatos Oligoceno-Mioceno temprano se obtuvo que casi el 100% de las algas identificadas pertenece a las algas rojas.

En la Figura 4.21 se observa la variación porcentual de las algas rojas en cada pozo estudiado.

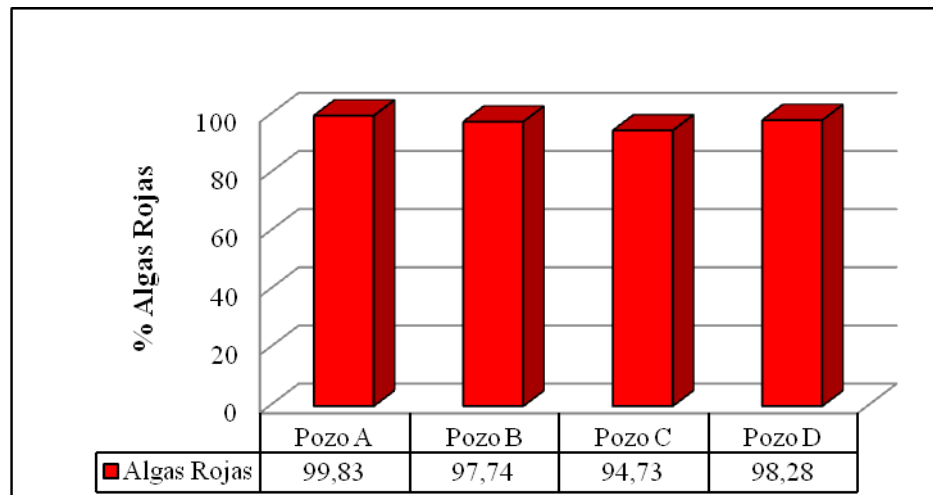


Figura 4. 21. Variación porcentual de las algas rojas en los pozos A, B, C y D.

4.2.1. Distribución de las sub-familias de algas rojas presentes en los pozos Perla - Coral

En el análisis de los núcleos (Figura 4.22) pertenecientes a los carbonatos Oligoceno – Mioceno temprano se observa que la subfamilia Corallinoideae es la mayor representante, encontrándose distribuida a lo largo de todo el registro, mientras que la subfamilia Melobesoideae y Mastophoroideae son menos frecuentes, generalmente ubicadas u observadas hacia el tope de los pozos con mayor diversidad.

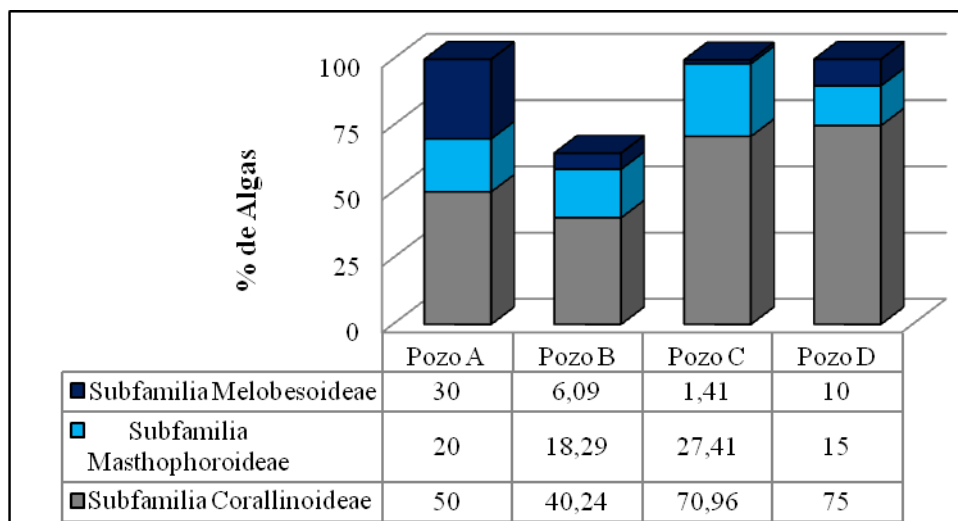


Figura 4. 22. Distribución de las subfamilias de algas rojas en los pozos Perla - Coral.

4.2.2. Distribución de los géneros de algas rojas presentes en los pozos Perla - Coral

A través del estudio bioestratigráfico realizado en el área Perla – Coral mediante el análisis de secciones delgadas se observa en la Figura 4.24 la representación porcentual de los géneros de algas rojas identificadas.

En los depósitos carbonáticos se identificaron hasta 9 géneros de algas rojas, tales como: *Corallina* (el más fácil de identificar), *Lithophyllum*, *Lithoporella*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Hidrolithon*, *Spongites* y *Sporolithon*. Generalmente las algas se encontraban de forma fragmentada presentando microhoradaciones o formando rodolitos.

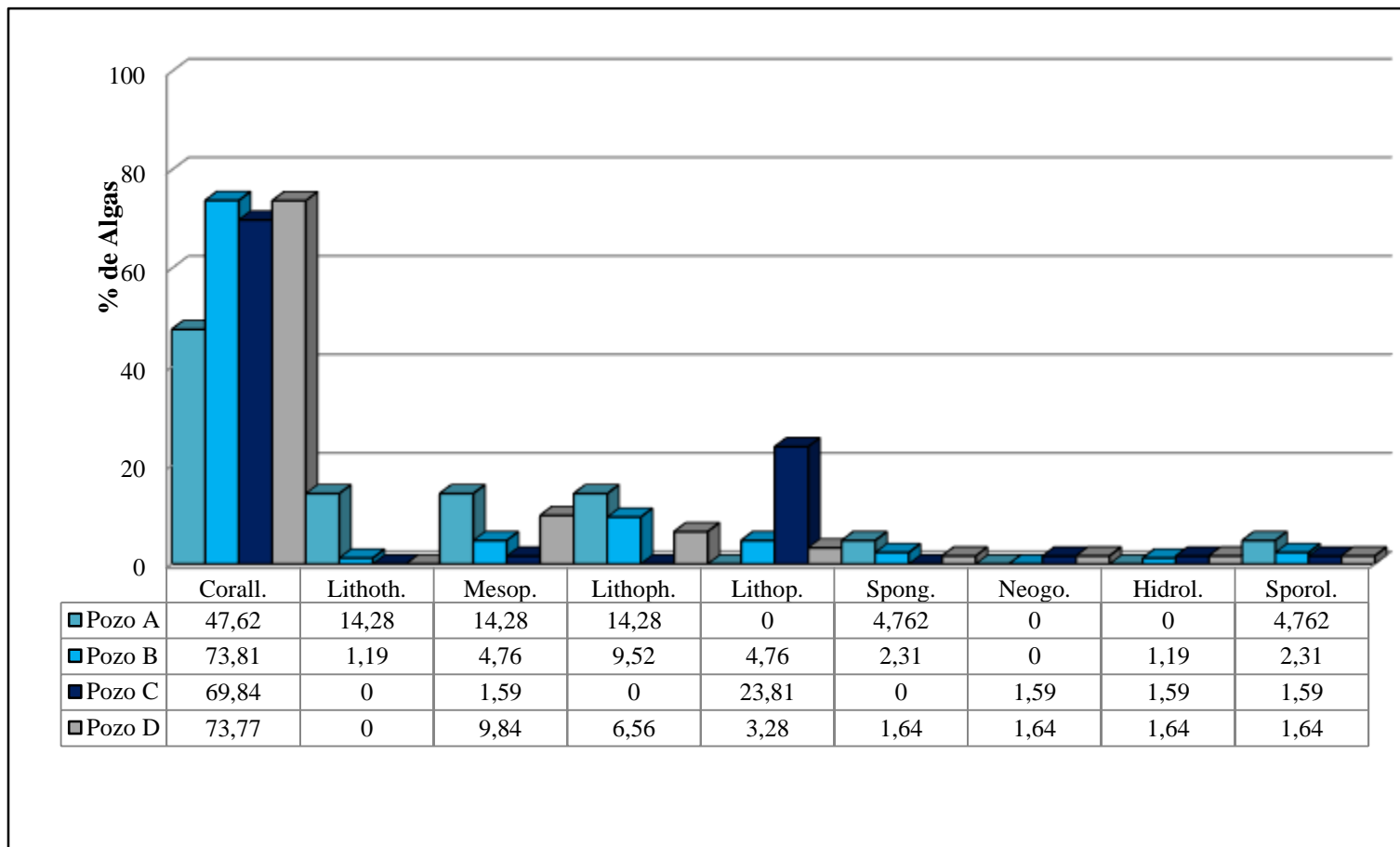


Figura 4. 23. Variación porcentual de los géneros de algas rojas en los pozos Perla – Coral.

4.3. DISTRIBUCIÓN DE ALGAS VERDES EN EL ÁREA PERLA - CORAL

En la Figura 4.23 se observa que para estos carbonatos es característico que posean pocas algas verdes, donde la el género *Halimeda* es el único representante.

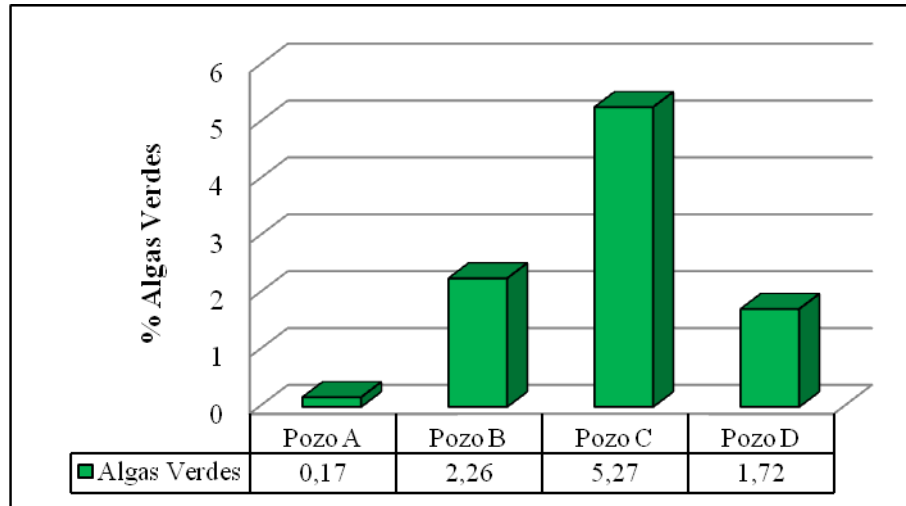


Figura 4. 24. Variación porcentual de las algas verdes en los pozos Perla y Coral.

Las algas verdes arrojan importante información al momento de interpretar su aparición o presencia. Como se ha referido en este trabajo y otros autores, las algas verdes son de gran importancia al momento de establecer profundidades, ya que como se observa en la (Figura 3.2), éstas se encuentran en la zona de lagunas. Las algas verdes son indicativas de somerización o disminución relativa de la profundidad (posiblemente rampa interna), siendo abundante en medios someros.

4.4. DISTRIBUCIÓN DE RODOLITOS PRESENTES EN LOS POZOS A, B, C Y D

En la Figura 4.25 se observa la población de rodolitos en cada pozo estudiado. Para este estudio se decidió dividir en dos tipos: simples y complejos. Los rodolitos simples, generalmente se presentan de forma sub-esferoidal y sub-elipsoidal, mientras que los

rodolitos complejos, formados principalmente por una o varias capas de algas rojas, bryozoos y foraminíferos incrustantes.

En este estudio se pueden encontrar entre 1 a 3 rodolitos por cada sección delgada, siendo los pozos B y C con mayores representantes.

En los pozos A, B, C y D se encontraron rodolitos distribuidos a lo largo de todos estos. Generalmente se identificaron con tamaño mayor a 2 mm, algunas veces con bryozoos o foraminíferos incrustantes.

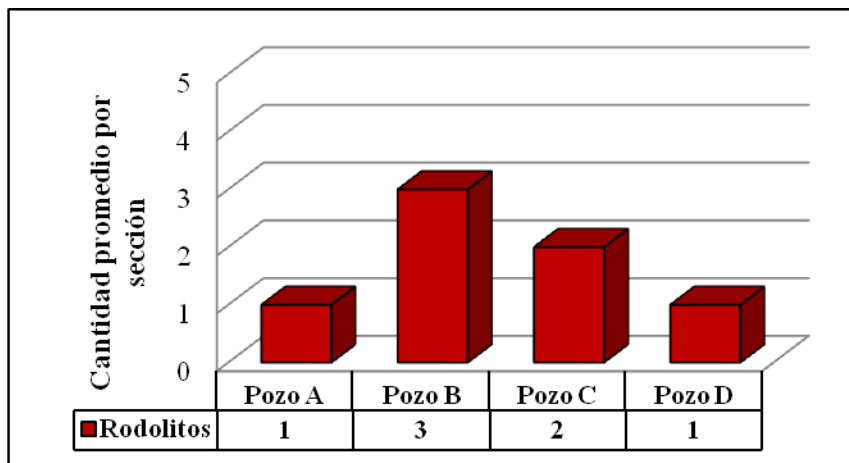


Figura 4. 25. Conteo promedio de rodolitos en los pozos A, B, C y D.

En la (Figura 3.13) se encuentra la distribución de los rodolitos en la rampa carbonática, estando ubicados generalmente desde la rampa media a la externa.

4.4.1. Distribución de biohoradaciones en los pozos A, B, C y D

Para este estudio las biohoradaciones se clasifican en microhoradaciones y macrohoradaciones.

En la (Figura 4.26 y 4.27) se observa la presencia de biohoradaciones en cada pozo, donde resalta similitud entre los pozos, destacando la gran presencia de microhoradaciones, realizado mediante el conteo promedio por cada sección delgada.

Los pozos C y D presentan una cantidad de microhoradaciones relativamente similares, mientras que disminuye considerablemente en los pozos A y B con respecto a los otros pozos.

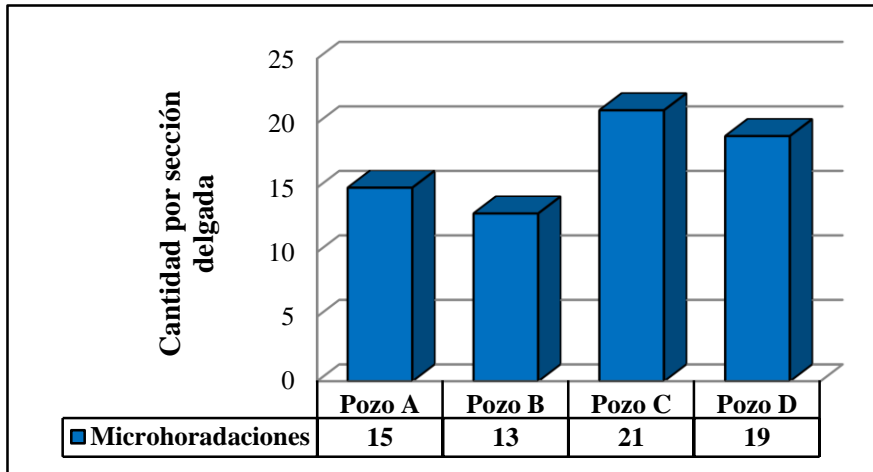


Figura 4. 26. Conteo promedio de microhoradaciones en los pozos Perla y Coral.

En la Figura 4.27 se observa la población de macrohoradaciones de los pozos. El gráfico muestra conteo promedio por cada sección delgada analizada. La mayor cantidad de macrohoradaciones se encontró en el pozo B y la menor en el pozo A, siendo una representación bastante marcada debido a la cantidad de secciones analizadas por ambos pozos.

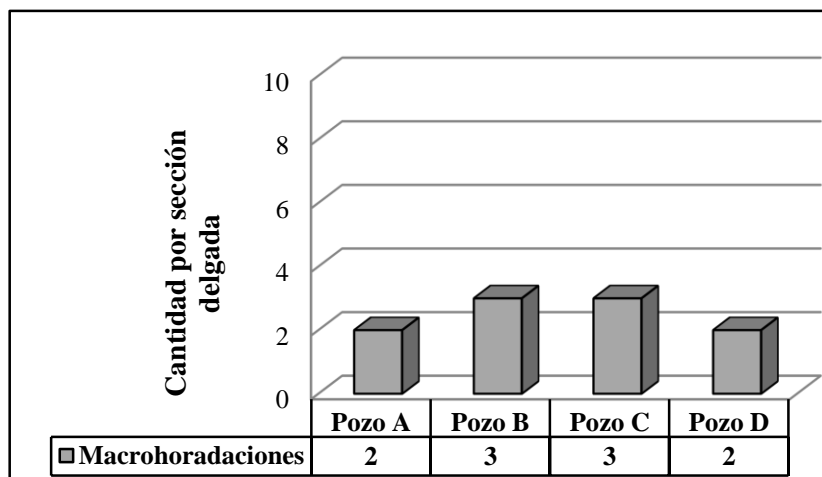


Figura 4. 27. Conteo promedio de macrohoradaciones en los pozos Perla y Coral.

La presencia de microhoradaciones indica mayor profundidad relativa, observándose con mayor proporción con respecto a las macrohoradaciones en cada pozo estudiado.

4.5. CORRELACIÓN DE POZOS PERLA EN EL INTERVALO OLIGO-MIOCENO, GOLFO DE VENEZUELA

En la carta de correlación entre los pozos Perla (ver anexo VI), se observa la distribución de los géneros de algas rojas y verdes en el rango de profundidad comprendido para cada uno. Las condiciones paleoambientales se interpretaron en función de la integración bioestratigráfica, se agregaron las edades establecidas por Vanegas *et al.*, (2014) y los eventos sedimentológicos establecidos por Ortega *et al.*, (2014).

Al realizar este estudio se detectaron algunos aspectos muy interesantes en relación al comportamiento de la flora, donde se presume que dicha conducta está muy relacionada a las condiciones paleoambientales de cada pozo.

En el registro vertical de los pozos Perla se observa un comportamiento uniforme en los tres pozos (ver anexo VI). A través de esta correlación no se observan características especiales o resaltantes en el intervalo Oligoceno – Mioceno, sin embargo, a nivel de detalle, la correlación puede ser más efectiva si se realiza con microfacies y otros componentes fósiles.

La correlación sólo se realizó con los pozos Perla debido a que el pozo Coral presenta un rango en cuanto al intervalo de estudio muy corto con respecto a los demás pozos estudiados.

4.6. DISTRIBUCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LOS POZOS PERLA Y CORAL

El análisis paleoambiental, es la reconstrucción física, química y biológica del medio ambiente en el lugar de la sedimentación, con base en este caso a la micropaleontología. La información puede ser reconstruida para ambientes de depósito, paleobatimetría, paleoclima y los sedimentos del fondo. Con esto se busca generar la distribución paleoambiental de la zona, usando el estudio de algas rojas y verdes específicamente.

Las algas rojas Corallinaceas aparecen progresivamente en el Jurásico, existiendo al menos siete géneros al final del Cretácico, a lo largo del Cenozoico aparecen nuevos géneros y se producen pocas extinciones. Como consecuencia, hay pocos grupos de Corallinaceas exclusivamente fósiles. En cambio las algas verdes se diversifican en el Carbonífero superior, Pérmico, Cretácico superior y Cenozoico (CANUDO, 2002). Con esto cabe destacar que el rango de edad en las algas es muy extenso por lo que no puede ser utilizado para datar. En cambio sí pueden ser utilizadas las algas para indicarnos relaciones paleobatimétricas, paleoclimas y paleoambiental.

La diversificación de las algas corallinas no geniculadas pueden estar controladas por cambios globales de temperatura. En el caso de las familias Corallinaceae (subfamilias Melobesioideae y Masthoporoideae) y Sporalithaceae (género *Sporolithon*), dominan en ambientes de aguas profundas (AGUIRRE *et al.*, 2001). Dentro del análisis realizado a las secciones delgadas de los pozos Perla y Coral, se encontraron parte de estas familias por lo cual se infiere que estas pertenecen a ambientes relativamente de baja energía. En cuanto a las algas geniculadas por lo general viven en aguas someras y templadas, siendo más abundante en los medios someros de alta energía (CANUDO., 2002), en el caso de la subfamilia Corallinoideae (*Corallina*) reportados en el estudio de dichos pozos se puede inferir que debido a la poca abundancia se descarta que este en presencia de medios muy someros.

El rango de extensión de las algas rojas varía desde aguas someras a profundas, para los géneros no geniculados *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Sporolithon* y *Lithophyllum* son excelentes indicadores de rangos de 20 a 40 metros, en relación a la zona batimétrica (BOSENCE, 1991); los géneros *Lithoporella*, *Spongites* y *Neogoniolithon*, se encuentran a partir de los 20 metros de profundidad de agua (ADEY, 1979; MINNERY *et al.*, 1985; ADEY, 1986; MINNERY, 1990). Dentro del estudio obtenido en el análisis de las secciones delgadas de los pozos A, B, C Y D, se observan la presencia de estos géneros, por lo cual se infiere que los mismos corresponden a ambiente de baja energía. Las algas corallinas geniculadas (género *Corallina*), se asocian con los complejos de arrecifes, y su presencia de forma moderada indica un ambiente de poca profundidad (BOSENCE, 1991). Por otra parte el género *Halimeda* es más abundante en la parte interna del arrecife plano o en la parte

menos profunda de la contigua laguna. En este estudio las episódicas presencias de algas verdes indican pocos eventos de somerización descartando este tipo de ambiente.

En cuanto a las características antes expuestas se descarta que este estudio se encuentre basado en ambientes de tipo arrecifes; por lo que se propone para este trabajo un tipo de rampa de quiebre distal. Considerando el enfoque de Pomar (2001b) sobre tipos de plataformas carbonáticas; donde enfatiza la interacción entre el tipo (biota) y producción de sedimento y la energía hidráulica del sistema, y propone la producción de sedimento tamaño grava constituidos por algas rojas y macroforaminíferos a rampas con pendiente distal (Ortega *et al.*, 2014).

De acuerdo con los estudios de Pomar, (2001a), los componentes foramol-rhodalgal predominan en los depósitos de rampa media, compuestos por lo general de abundantes fragmentos de algas rojas, equinoides, briozoos y moluscos. Foraminíferos grandes (*Amphistegina* y algunos fragmentos de *Heterostegina*), así como otros foraminíferos bentónicos son localmente abundantes.

El análisis realizado a las secciones delgadas, establece que la rampa media es de tipo predominante, con episódicos eventos de rampa interna y rampa externa. Debido a la cantidad de fósiles observados y en conjunto con las cartas bioestratigráficas constituidas (ver anexo VII, VIII, IX y X), se toma como referencia la asociación de flora presente infiriendo que el rango de depositación es poco variable, bajo estas características se deduce que el ambiente predominante corresponde en su gran mayoría al nerítico medio, con el cual se elaboró un estudio detallado de las diferentes distribuciones paleoambientales.

Lo expuesto anteriormente concuerda con los estudios sedimentológicos y bioestratigráficos de los componentes carbonáticos del intervalo Oligoceno-Mioceno de los pozos Perla y Coral, indica que la sucesión tuvo lugar sobre una paleo-isla, la cual se desarrollan depósitos carbonático con geometría de rampa con pendiente distal de muy bajo ángulo, con ambientes de depositación correspondiente al nerítico medio (Ortega *et al.*, 2014). También Vanegas *et al.*, (2014), reporta paleoambiente del nerítico medio, con algunas fluctuaciones de nerítico medio y nerítico medio a externo.

Con relación al análisis establecido en este estudio, se obtuvieron las siguientes asociaciones, siendo la más representativa la asociación nerítico medio con episódicos eventos de nerítico interno o externo, en la figura 4.28 se observa un modelo depositacional sugerido para esta distribución paleoambiental:

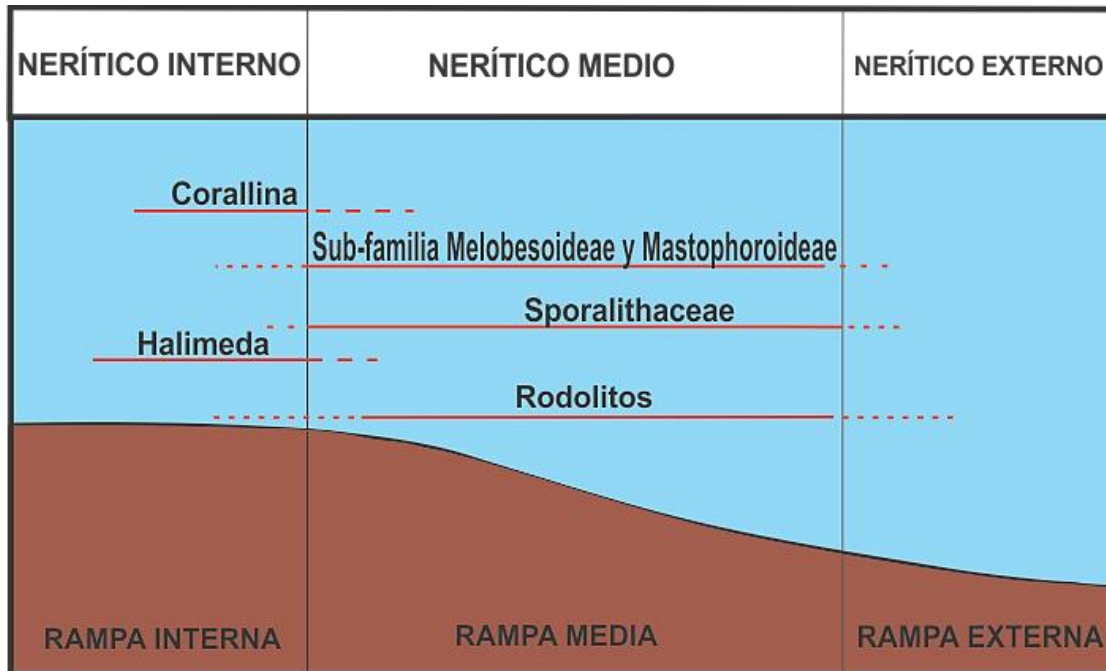


Figura 4. 28. Modelo depositacional sugerido para los pozos Perla y Coral.

Asociación Nerítico Medio

En esta asociación son abundantes las algas rojas, que según Pomar, (2001a), los fragmentos de algas rojas y macroforaminíferos predominan en los depósitos de rampa media lo que indica que esencialmente pertenecen a un paleoambiente nerítico medio.

Es común encontrar los géneros *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Lithophyllum*, y *Sporolithon*, pertenecientes a la Familia Corallinaceae, con profundidades que van de 0-40 metros; al igual que los géneros *Lithoporella*, *Neogoniolithon* y *Spongites*, su rango varía a partir de los 20 metros de profundidad de agua. Con respecto a los rodolitos se encuentran formados principalmente por algas rojas, observando para este estudio presencia de rodolitos simples y complejos, en muchos de los casos con inscrustaciones de briozoos. Las variaciones

relativamente más someras o profundas pueden inferirse por la presencia de estos rodolitos, y por las biohoradaciones persistentes en ellas.

El conjunto fósil que lo acompaña según Ortega y Vanegas (2014), es una abundante presencia de macroforaminíferos como *Amphistegina*, *Miogypsínidos*, *Lepidocyclínidos* y *Heterostegínidos*.

Asociación Nerítico Interno

Está conformada por una típica presencia de algas verdes de familia Halimedaceae (*Halimeda*), con poca presencia de algas rojas. En este estudio se infiere episódicos eventos asociado a este tipo de ambiente. Según Scholle Y Ulmer-Scholle (2003), las algas verdes poseen un rango de 0-30 metros de profundidad de agua.

Esta asociación según Ortega *et al.*, (2014) y Vanegas *et al.*, (2014), la conforma abundante presencia de corales, miliolidos, textuláridos, *sorites*, *miosorites*, presencia de foraminíferos bentónicos, entre otros, escasa presencia de foraminíferos plantónicos, equinodermos, balánidos, fragmentos de briozoarios y moluscos.

Asociación Nerítico Externo

Dentro de esta asociación se observó una disminución importante de algas rojas encontrándose estas en episódicos eventos. En esta asociación según Ortega (2014) y Vanegas (2014), observaron un aumento acentuado de foraminíferos plantónicos y una disminución progresiva de macroforaminíferos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área de estudio está caracterizado por una abundancia de algas rojas, específicamente la familia Corallinaceae y Sporalithaceae, principalmente no geniculadas; se identificaron 9 géneros de algas rojas tales como: *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Lithophyllum*, *Lithoporella*, *Neogoniolithon*, *Hidrolithon*, *Sporolithon* y *Spongites*. Dentro de las algas geniculadas se identifico el género *Corallina*.
- Con respecto a las algas verdes, su cantidad fue menor identificándose la familia Halimedaceae (*Halimeda*).
- Se determinó que las algas no geniculadas generalmente se encuentran de forma fragmentadas formando rodolitos en algunos de los casos, con presencia de macrohoradaciones y microhoradaciones causada por diferentes organismos.
- Con el estudio de las algas presentes se elaboraron las cartas bioestratigráficas con la finalidad de comprender el paleoambiente predominante, dando como resultado un ambiente nerítico medio con episódicos eventos del nerítico interno y externo.
- El paleoambiente predominante interpretado para estos carbonatos en el intervalo Oligoceno – Mioceno temprano, basados en el estudio de la asociación floral, es de rampa media. Esta interpretación concuerda con los trabajos previos realizados en el área sustentada en datos bioestratigráficos (foraminíferos) y sedimentológicos.
- Este trabajo demuestra la utilidad de las algas rojas para interpretaciones paleoambientales. Por tal motivo recomendamos profundizar los estudios en otras áreas, tomando en cuenta el catálogo de algas rojas realizadas para este trabajo, el cual permitió establecer un repositorio de datos que podría ser utilizados en futuras investigaciones como cartas guías para el reconocimiento de estos géneros.

- Se recomienda realizar un estudio a detalle sobre los tipos de horadaciones presentes en las algas y clasificación de los rodolitos, con el fin de obtener una mejor interpretación en las relaciones paleoecológicas.
- Este estudio podría ser complementado con la caracterización de otras formaciones carbonáticas, en cuanto al contenido de algas rojas, a lo largo de toda la cuenca de Falcón lo que permitiría aportar otros hallazgos sobre la evolución de la cuenca, y posiblemente discriminar la presencia de otros yacimientos tipo Perla-Coral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADEY, W.H. (1979). Crustose coralline algae as microenvironmental indicator for the Tertiary. *In*: J. Gray and A.J. Bouco (Eds.), *Historical biogeography*. Oregon State Univ. Press, pp.459- 464.

ADEY, W.H. (1986). Algal ridges of the Caribbean sea and West Indies. *Phycologia*, v. 17, pp. 361 – 367.

AGUIRRE, J., RIDING, R., BRAGA, J.C., (2000). Diversity of coralline red algae: origination and extinction patterns from the Early Cretaceous to the Pleistocene. *Paleobiology* 26, 651–667.

ALMARZA, R (1998). “Campos Petrolíferos de Venezuela, Golfo de Venezuela”. Código Geológico de Venezuela PDVSA-INTEVEP (1997). Consulta: 20 de Mayo de 2014, <http://www.pdvs.com/lexico/camposp/cp060.htm>.. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

ARELLANO, R Y UMÉREZ, J (2004). Interpretación estructural y restauración de dos secciones del flanco norte de la Sierra de San Luis ubicadas entre el Río Mitare y la carretera Coro – Cruz de Taratara, Estado Falcón. UCV – TEG.

AUDEMARD, F. (1993). Neotectonique, sismotectonique et aléa sismique du nordouest du Venézuéla (Système de failles d’Oca-Ancón). Ph.D. Tesis. Francia. Université de Montpellier. 369 p.

AUDEMARD, F. (1995). La cuenca terciaria de Falcón, Venezuela noroccidental, síntesis estratigráfica génesis e inversión tectónica. Ponencia presentada en el IX congreso latinoamericano de geología, Caracas.

AUDEMARD, F Y SINGER A. (1996). “Active Fault Recognition in the Northwestern of Venezuela and its Seismogenic Characterization: Neotectonic and Paleoseismic Approach”. *Geofísica Internacional*, 35 (3), pp. 245-255.

AUDEMARD, F (1997). “Tectónica activa de la región septentrional de la cuenca invertida de Falcón. Venezuela Occidental”. VIII Congreso Geológico Venezolano, Mem. 1: 93 – 100.

BRAGA, J.C., AGUIRRE, J., (2001). Coralline algal assemblages in upper Neogene reef and temperate carbonates in Southern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 175, 27–41.

BASSI, D., WOELKERLING, W.J., NEBELSICK, J.H., (2000). Taxonomic and biostratigraphical re-assessment of *Subterraniophyllum Elliott* (Corallinales, Rhodophyta). *Palaeontology* 43, 405–425.

BASSI, D., CHECCONI, A., GABRIELE, C., PAOLO, M. (2009). Re-deposited rhodoliths in the Middle Miocene hemipelagic deposits of Vitulano (Southern Apennines, Italy):

Coralline assemblage characterization and related trace fossils. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 83 (2008), 165–176.

BASSI, D., CHECCONI, A., CARANNANTE, G Y MONACO, P. (2010). Re-deposited rhodoliths in the Middle Miocene hemipelagic deposits of Vitulano (Southern Apennines, Italy): Coralline assemblage characterization and related trace fossils. *Sedimentary Geology*. 17p.

BALLANTINE, D.L., BOWDEN, A., APONTE, N.E., (2000). *Cruoriella* rhodoliths from shallow-water back reef environments in La Parguera, Puerto Rico (Caribbean Sea). *Coral Reefs* 19, 75–81.

BAQUERO, M., VALENCIA, V., URBANI, F., PINTO, J., CAMPOSANO, L., BRITO, J., GRANDE, S., MENDI, D., QUINTERO, F., CENTENO, J. (2013). Petrografía, geoquímica y geocronología UPb en zircón de rocas máficas de la península de Paraguaná, Estado Falcón. 33p.

BETZLER, C., BRACHERT, T.C. AND NEBELSICK, J. (1997a). The warm temperate carbonate province – a review of facies, zonations, and delimitations. *Cour. Forschs-Inst. Senckenb.*, 201, 83–99.

BOESI, T., Y GODDARD, D. (1991). A new geologic model related to the distribution of hydrocarbon source rocks in the Falcón Basin, Northwestern, Venezuela. I: Biddle, K. T. (ed) *Active Margin Basins*. American Association of Petroleum Geologists, memoirs, 52, 303-319.

BOLLA, E., BORROMEO, O., MIRAGLIA, S., SARTORIO, D., BERSANI, A., CECINATO, F., RADAELLI, F., ORTENZI, A. (2010). Well Perla 2ST1: Geological, petrophysical and geomechanical characterization of the cored interval. 141p.

BOLLA, E., BORROMEO, O., MIRAGLIA, S., SARTORIO, D., BERSANI, A., CECINATO, F., RADAELLI, F., ORTENZI, A. (2012) Venezuela – Cardon IV Block – Well Perla 3X Geological, petrophysical and geomechanical characterization of the cored interval. 248p.

BOSENCE, (1991). Coralline algae: mineralization, taxonomy and palaeoecology. In: R. Riding (Ed.) *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer, Berlin, pp. 98 – 113.

BURCHETTE, T.P., WRIGHT, V.P. (1992): Carbonate ramp depositional systems. *Sed. Geol.*, 79, 3-57.

BROMLEY, R.G., (1978). Bioerosion of Bermuda reefs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 23, 169–197.

CANUDO, J. (2002). Algas Calcáreas. *Micropaleontología*, Capítulo 19, pp. 365-384.

CHECCONI, A., MONACO, P., (2009). Trace fossil assemblages in rhodoliths from the Middle Miocene of Mt. Camposauro (Longano Formation, Southern Apennines, Italy). *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 83 (2008), 165–176.

DE LA CRUZ, L.A. (1993). "Algas calcáreas bentónicas fósiles". Cuadernos Lagoven, S.A. Filial de Petróleos de Venezuela, S.A. pp 16 – 48.

DÍAZ DE GAMERO, M. L., (1977). "Estratigrafía y micropaleontología del Oligoceno y Mioceno Inferior del centro de la Cuenca de Falcón, Venezuela". Escuela de Geología, Minas y Geofísica, GEOS 22: 3-60.

DÍAZ DE GAMERO, M. (1989). El Mioceno Temprano y Medio de Falcón Septentrional. Geos 29: 25-33, Memorias 50 aniversario de la escuela de Geología, minas y geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

DRECKMANN, K. M., SENTÍES, A Y NÚÑEZ, M.L., (2013). Manual de prácticas de laboratorio. Biología de Algas. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. pp13 – 35.

EKDALE, A.A., BROMLEY, R.G., PEMBERTON, S.G., (1984). Ichnology. Society of Sedimentary Geology S.E.P.M. Short Course No. 15, Tulsa. 317 pp.

EDWARDS, B.D., PERKINS, R.D., (1974). Distribution of microborings within continental margin sediments of the southeastern United States. Journal of Sedimentary Petrology 44, 1122–1135.

F. CH. DE RIVERO., Y P. J. BERMÚDEZ. (1963). Micropaleontología General. Universidad Central De Venezuela. Ediciones GEA. Caracas, Venezuela. pp 669-677.

FOSTER, MS. (2001). "Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation. Geol. Soc. Am Spec. Pap. 318: 127 – 139. Consulta: 27 de Mayo de 2014.

GONZÁLEZ DE JUANA, J.M. ITURRALDE DE AROZENA Y X. PICARD, C. (1980). "Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas". Ediciones Foninves. Caracas, Venezuela, 1031 p.

GHIRARDELLI, L.A., (2002). Endolithic microorganisms in live and thalli of coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta) in the northern Adriatic Sea. Acta Geologica Hispanica 37, 53–60.

GOLUBIC, S., PERKINS, R.D., LUKAS, K.J., (1975). Boring Micro-organisms and Microborings in Carbonate Substrates. In: Frey, R.W. (Ed.), The Study of Trace Fossils. New York, USA, Springer-Verlag, pp. 229–259.

GONZÁLEZ, P. (2013). Evolución sedimentaria de la sucesión carbonática Oligo – Miocena en la Serranía de San Luis, cuenca de Falcón, Venezuela. . Trabajo Especial de Grado UCV.

JOHNSON, J. H. (1961). A review of the Lower Cretaceous Algae. Prof. Contrib. Colorado School of Mines, no.6, pp.1-180.

KLEEMANN, K.H., (1994). Associations of coral and boring bivalves since the Late Cretaceous. *Facies* 31, 131–140.

KUNDAL, P. (2011). Generic Distinguishing Characteristics and Stratigraphic Ranges of Fossil Corallines: An Update. *GEOL. SOC. INDIA JOURNAL GEOLOGICAL SOCIETY OF INDIA*. Vol.78, pp.571-586.

LEAL, R. Y RIVERO, O. (2004). “Estudio de litofacies y quimioestratigrafía de la sesión superior de la Formación El Paraíso como herramienta para determinar posibles características de potencialidad generadora y/o almacenadora de hidrocarburos en la sesión geológica del Río Paraíso”. Trabajo Especial de Grado Universidad Central de Venezuela.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Miembro Cauderalito, (Formación Agua Clara)”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación El Paraíso”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación Pecaya”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación Churuguara”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación San Luis”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación Guarabal”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación Pedregoso”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (LEEV). “Formación Agua Clara”, (1999). *Léxico Estratigráfico de Venezuela versión digital*. Consulta: 19 de Mayo de 2014, <http://www.pdvsa.com/lexico>. Última modificación de la página: Mayo de 2010.

LUND, M., DAVIES, P.J., BRAGA, J.C., (2000). Coralline algal nodules off Fraser Island, Eastern Australia. *Facies* 42, pp 25–34.

- MACELLARI, C.E. (1995). "Cenozoic sedimentation and tectonics of the south western Caribbean pull – apart basin, Venezuela and Colombia". Sociedad Venezolana de Geólogos AAPG. Mem. 62: 757 – 780. Consulta 30 de Mayo de 2014.
- MÉNDEZ BAAMONDE, J. (2009). "Carbonatos, origen y sedimentación". Instituto de Ciencias de la Tierra. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, pp 111 – 130.
- MINNERY, G.A., REZEK, R. and BRIGHT, T.J. (1985). Depth zonation and growth forms of crustose coralline algae: Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. *In*: D.F. Toomey and M.H. Nitecki (Eds.), *Paleoalgology: Contemporary Research and Applications*. Springer-Verlag Berlin, pp.237-246.
- MINNERY, G.A. (1990). Crustose coralline algae from the Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico: Controls on distribution and growth morphology. *Jour. Sediment. Petrol.*, v.60(6), pp.992-1007.
- MISRA, P.K., JAUHRI, A.K., SINGH, S.K. AND KISHORE, S. (2006). Nongeniculate coralline algae from the Utattur Group (Early Cretaceous), S. India. *Palaeobotanist*, v.55 (1-3), pp.29-40.
- MUESSIG, K. (1984). Structure and Cenozoic Tectonics of the Falcon basin, Venezuela and adjacent areas, in W.E Bonini, R. B. Hargraves and Shagam, eds. *The Caribbean south American Plate boundary and regional tectonics*. GSA memoir 162, pp. 217-230.
- NEBELSICK, J. H., RASSER, M., Y BASSI, D. (2003). The marine Eocene-Oligocene transition as recorded in shallow water, circumalpine carbonates. In D. R. Prothero, L. C. Ivany, & E. Nesbitt (Eds.), *Greenhouse to icehouse: The marine eocene-oligocene transition*. New York: Columbia University Press.
- NEBELSICK, J. H., RASSER, M. W., & BASSI, D. (2005). Facies dynamics in Eocene to Oligocene circumalpine carbonates. *Facies*, 51, 197–216.
- OBRADOR, A., POMAR, L. AND TABERNER, C. (1992). Late Miocene breccia of Menorca (Balearic Islands): a basis for the interpretation of a Neogene ramp deposit. *Sed. Geol.*, 79, 203-223.
- OLDOW, J; BALLY, A; AVE, L; MANS. (1990) GSA Bowler Num. 19, 991 – 994.
- ORTEGA S, VASQUEZ J, MARTINEZ J, MEDINA C, CORTES S, BUSTAMENTE C. (2014). Estudio sedimentológico de los depósitos carbonáticos oligo-mioceno en los pozos perla-2st1, perla-3x, cor-1xst2, área del golfo de Venezuela. PDVSA-Intevep Informe Técnico INT-14179, 2013.
- PALACIOS, Y. (2013). Caracterización del sistema poroso en rocas carbonáticas mediante el análisis digital de imágenes de secciones delgadas en el Golfo de Venezuela. Trabajo Especial de Grado UCV.

- PINTO, J. (2011). "Controls on the Newly-Discovered Gas Accumulations in the Miocene "Perla" Carbonate Bank, Gulf of Venezuela: A Preliminary Assessment". Society of Petroleum Engineers. Western Venezuela Section. Maracaibo, Venezuela, pp. 18-21.
- PERRY, C.T., (1996). Distribution and abundance of macroborers in an Upper Miocene reef system, Mallorca, Spain: implication for reef development and framework destruction. *Palaios* 11, 40–56.
- PLEYDELL, S.M., JONES, B., (1988). Boring of various faunal elements in the Oligocene–Miocene Bluff Formation of Grand Cayman, British West Indies. *Journal of Paleontology* 62, 348–367.
- POIGNANT, A.F. (1974). Les algues calcaires fossils: leur intérêt stratigraphique. *Newsl. Stratigr.*, v.3(3), pp.181-192.
- POMAR, L. (2001a). Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 175, 249-272.
- POMAR, L. (2001b). Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Res.*, 13, 313–334.
- POMAR, L., OBRADOR, A. AND WESTPHAL, H. (2002). Sub-wave base cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49, 139-169.
- PORRAS, L. (2000). "Evolución tectónica y estilos estructurales de la región costa afuera de las cuencas de Falcón y Bonaire". VII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las cuencas subandinas. Mem. 1: 279 – 292.
- ROONEY, W.S., PERKINS, R.D., (1972). Distribution and geologic significance of microboring organisms within sediments of the Arlington reef complex, Australia. *Geological Society of America Bulletin* 83, 1130–1150.
- SCHOLLE, P., Y ULMER-SHOLLE, D. (2003). A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis. AAPG Memoir 77. Oklahoma, USA.
- SILVER, E. A., J.E. CASE Y H.J. MACGILAVRY (1975). Geophysical study of the Venezuelan borderland: *GSA Bulletin*. (86): 213 – 226.
- TUDHOPE, A.W., RISK, M.J., (1985). Rate of dissolution of carbonate sediments by microboring organisms, Davies Reef, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology* 55, 440–447.
- VANEGAS, J.; SOTO, G.; APARICIO, A.; FARÍAS, A.; CAÑIZARES, M.; Y CABRERA, D. (2011). Estudio bioestratigráfico del intervalo del núcleo 9143'4''-9991'8'' del pozo Perla 2st1 perteneciente al Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela. Informe Técnico. INT-137252011.

VANEGAS, J.; FARÍAS, A.; SOTO, G.; BENTACOURT, O.; ALFONZO, S.; Y CABRERA, D. (2014). Estudio Bioestratigráfico Integrado del intervalo del Núcleo (8828' – 9526'10'') del pozo Perla 3X, Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela. © 2014 Intevep, S.A.

VANEGAS, J.; FARÍAS, A.; SOTO, G.; APARICIO, A.; ALFONZO, S.; Y CABRERA, D. (2014). Estudio Bioestratigráfico Integrado del intervalo del Canal y Núcleo (626' - 10570') del pozo Perla 4X, Bloque Cardón IV, Golfo de Venezuela. © 2014 Intevep, S.A.

WHEELER, C. B. (1960). Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno inferior de Falcón occidental y nororiental. III Congreso Geológico Venezolano. Mem. 1: 407-465.

WHEELER, C. B. (1963). Oligocene and Miocene stratigraphy of western and northeastern Falcón Basin, Venezuela. Bol. Am. Asc. Petr. Geol., v.47, n1, pp.35-68.

WILSON, J.L. (1975). Carbonate Facies in Geologic History. Springer – Verlag. 471 p.

WOELKERLING, W. J., (1988). The Coralline Red Algae: an Analysis of the Genera and Subfamilies of Nongeniculate Corallinaceae. Oxford Univ. Press, London and Oxford. xi + 268 pp.

WOELKERLING, W.J., IRVINE, L.M., HARVEY, A.S., (1993a). Growth-forms in non-geniculate coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta). Australian Systematic Botany 6, 277–293.

WOMERSLEY, H.B.S. (1996). The marine benthic floras of southern Australia, Rhodophyta, Part IIIB. Floras of Australia supplementary series 5. Australian Biological Resources Study, Canberra, pp.1-392.

WORKU, T.; P, J.; MATEU, E.; TRITLLA, J.; FRANCOIS, J.; SEGURA, J.; NGUYEN, M.; LAKSHMIKANTHA, R.; ALVARELLOS, J., STOCKHAUSEN, H.; CAJA, M.; PÉREZ, J.; SANCHEZ, V.; RODRÍGUEZ, N., MUÑOZ, A.; RODRÍGUEZ, N.; RODRIGUEZ, R.; CAÑIZARES, M. (2014). Perla-4x core study project geological, petrophysical and geomechanical reservoir characterization study of the cored intervals, perla-4x well Perla field, Venezuela draft..

WRAY, J.L. (1977). Calcareous Algae, Developments in Paleontology and Stratigraphy. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, New York, 4, pp.1-185.

ANEXOS

- I. Tabla resumen de secciones delgadas de los pozos Perla y Coral
- II. Carta de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes del pozo A
- III. Carta de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes del pozo B
- IV. Carta de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes del pozo C
- V. Carta de distribución taxonómica de las algas rojas y verdes del pozo D
- VI. Carta de correlación pozo B, C D (Área Perla)
- VII. Carta bioestratigráfica del pozo A
- VIII. Carta bioestratigráfica del pozo B
- IX. Carta bioestratigráfica del pozo C
- X. Carta bioestratigráfica del pozo D
- XI. Catálogo de imágenes

Pozo	Prof. (Pies)	Algas Totales	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophyllum	Lithophorella
Pozo A (Coral)	13431,25	26	0	26	0	0	0	0
	13431,5	30	0	30	0	0	0	0
	13431,58	61	0	61	0	0	0	0
	13434,5	42	0	42	0	0	0	0
	13435,33	51	0	51	0	0	0	0
	13436,42	54	0	54	0	0	0	0
	13437,5	46	0	46	0	0	0	0
	13438,08	51	0	49	2	0	0	0
	13439,5	36	0	32	4	0	0	0
	13440,42	34	1	27	4	0	0	0
	13441,17	33	0	30	0	0	1	0
	13442,5	30	0	30	0	0	0	0
	13442,75	27	0	26	0	0	0	0
	13443,33	20	0	17	0	0	2	0
	13446,42	21	0	21	0	0	0	0
	13479,17	44	0	42	0	0	0	0
13479,5	60	0	60	0	0	0	0	
Pozo	Prof. (Pies)	Algas Totales	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophyllum	Lithophorella
	9147,17	59	0	50	8	0	0	0
	9163,33	61	0	55	6	0	0	0
	9181,75	68	0	61	4	0	1	0
	9197,25	70	0	61	8	0	1	0
	9215,92	69	0	67	0	0	0	0
	9231,42	58	0	56	0	0	1	0
	9251,33	30	0	30	0	0	0	0
	9269,58	55	0	52	0	0	0	0
	9291,25	28	0	26	2	0	0	0
	9311,17	62	0	45	16	0	1	0
	9328,33	45	5	40	0	0	0	0
	9347,33	33	0	33	0	0	0	0
	9369,33	29	0	27	0	0	0	0
	9388,67	39	0	39	0	0	0	0
	9403,33	56	0	52	2	0	1	0
	9421,17	27	0	27	0	0	0	0
	9440,33	38	0	36	0	0	0	0
	9458,33	23	3	20	0	0	0	0

Pozo B (Perla - 2ST1)

9474,25	53	0	46	6	0	0	1	
9628,33	32	3	28	0	0	0	0	
9638,42	18	0	18	0	0	0	0	
9650,67	25	0	24	0	0	0	0	
9670,42	38	0	38	0	0	0	0	
9693,25	43	2	41	0	0	0	0	
9694,50	61	0	61	0	0	0	0	
9696,00	18	0	18	0	0	0	0	
9718,67	64	5	58	0	0	1	0	
9740,33	52	0	52	0	0	0	0	
9759,33	71	0	69	0	0	2	0	
9778,42	54	0	54	0	0	0	0	
9798,42	37	0	37	0	0	0	0	
9819,25	58	0	57	0	0	0	1	
9842,33	20	7	13	0	0	0	0	
9844,58	15	0	15	0	0	0	0	
9863,33	18	0	18	0	0	0	0	
9877,42	22	0	22	0	0	0	0	
9881,33	16	0	16	0	0	0	0	
9903,17	55	6	41	6	0	0	2	
9923,25	10	0	10	0	0	0	0	
9941,25	62	0	62	0	0	0	0	
9956,33	8	0	8	0	0	0	0	
9965,00	16	0	16	0	0	0	0	
9977,25	21	0	21	0	0	0	0	
9989,50	65	0	65	0	0	0	0	
Pozo	Prof. (Pies)	Algas Totales	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophyllum	Lithophorella
8845,33	63	0	62	0	0	0	0	
8861,75	67	0	61	6	0	0	0	
8862,58	60	0	60	0	0	0	0	
8875,42	67	0	65	0	0	0	0	
8905	14	0	14	0	0	0	0	
8923,5	58	0	57	0	0	0	0	
8940,17	59	0	58	0	0	0	1	
8957,5	20	0	18	0	0	0	2	
8965,5	25	0	25	0	0	0	0	
8975,58	30	0	29	0	0	0	0	
9009,42	43	0	43	0	0	0	0	
9021,58	56	0	56	0	0	0	0	

Pozo C (Perla - 3X)

9040,5	35	2	32	0	0	0	1	
9061,33	53	0	53	0	0	0	0	
9089,33	35	3	31	0	0	0	0	
9106,67	60	3	56	0	0	0	1	
9127,17	52	0	52	0	0	0	0	
9141,25	32	2	26	3	1	0	0	
9167,25	52	0	52	0	0	0	0	
9181,33	62	0	61	0	0	0	0	
9205,5	53	0	53	0	0	0	0	
9220,42	65	0	64	0	0	0	1	
9247,5	50	0	48	0	0	0	0	
9285,5	38	2	35	0	0	0	0	
9299,08	19	5	14	0	0	0	0	
9304	41	2	38	0	0	0	1	
9321,17	41	0	41	0	0	0	0	
9332,42	48	0	48	0	0	0	0	
9340,67	56	0	53	3	0	0	0	
9364,5	53	6	43	0	0	0	4	
9385,75	55	27	28	0	0	0	0	
9401,5	50	0	50	0	0	0	0	
9418,42	54	0	51	0	0	0	0	
9422,5	33	5	24	3	0	0	1	
9444,17	43	28	15	0	0	0	0	
9458,33	51	0	46	5	0	0	0	
9487,33	55	0	50	4	0	0	1	
9501,25	48	2	44	0	0	0	0	
9520,33	51	0	49	0	0	0	1	
9526,42	36	0	26	9	0	0	1	
Pozo	Prof. (Pies)	Algas Totales	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophyllum	Lithophorella
	9260,90	17	0	17	0	0	0	0
	9263,00	30	0	30	0	0	0	0
	9274,55	68	5	63	0	0	0	0
	9287,08	53	0	52	0	0	0	0
	9294,17	32	0	32	0	0	0	0
	9302,00	22	0	22	0	0	0	0
	9313,90	27	0	26	0	0	0	0
	9324,90	32	0	28	4	0	0	0
	9335,50	51	0	50	0	0	0	0
	9346,95	59	1	53	4	0	0	0

Pozo D (Perla - 4X)

9349,20	63	2	59	2	0	0	0
9365,45	49	0	47	0	0	0	0
9370,10	36	0	36	0	0	0	0
9384,00	46	0	46	0	0	0	0
9390,05	53	0	53	0	0	0	0
9397,67	50	0	50	0	0	0	0
9410,15	59	0	59	0	0	0	0
9422,86	34	0	26	8	0	0	0
9432,89	8	0	8	0	0	0	0
9449,08	62	0	55	0	0	2	0
9452,00	10	0	10	0	0	0	0
9462,00	29	0	29	0	0	0	0
9480,58	38	0	38	0	0	0	0
9495,00	64	0	61	0	1	0	0
9503,12	60	0	60	0	0	0	0
9516,09	11	0	11	0	0	0	0
9521,56	20	0	19	0	0	0	0
9532,73	55	0	55	0	0	0	0
9544,90	63	0	62	0	0	1	0
9555,69	35	0	33	0	0	1	0
9564,00	13	0	13	0	0	0	0
9571,63	23	6	15	2	0	0	0
9587,81	41	9	30	0	0	0	2
9598,54	27	0	24	3	0	0	0
9610,00	36	0	36	0	0	0	0
9620,65	26	0	26	0	0	0	0
9632,20	32	0	30	0	0	0	0
9644,39	46	4	40	2	0	0	0
9658,90	7	0	7	0	0	0	0
9667,88	13	0	13	0	0	0	0
9673,17	37	0	35	0	0	0	0
9679,31	52	0	47	5	0	0	0
9684,43	41	0	39	0	0	0	0
9694,70	53	0	48	4	0	0	0

Hidrolithon	Spongites	Mesophyllum	Melobesia	Lithothamnion	Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microborings
0	0	0	0	0	0	0	3	9
0	0	0	0	0	0	2	2	17
0	0	0	0	0	0	0	2	22
0	0	0	0	0	0	2	2	12
0	0	0	0	0	0	1	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	23
0	0	0	0	0	0	0	4	20
0	0	0	0	0	0	1	0	5
0	0	0	0	0	0	1	2	19
0	0	0	0	2	0	3	3	8
0	0	1	0	0	1	1	2	14
0	0	0	0	0	0	1	3	23
0	0	1	0	0	0	1	0	19
0	1	0	0	0	0	2	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0	20
0	0	1	0	1	0	1	3	12
0	0	0	0	0	0	1	1	21
Hidrolithon	Spongites	Mesophyllum	Melobesia	Lithothamnion	Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microborings
0	0	1	0	0	0	4	6	4
0	0	0	0	0	0	0	2	5
0	1	1	0	0	0	4	3	10
0	0	0	0	0	0	1	0	15
0	0	1	0	0	0	3	5	20
0	0	0	0	0	1	2	9	20
0	0	0	0	0	0	2	0	6
0	1	0	0	0	1	5	4	22
0	0	0	0	0	0	2	4	16
0	0	0	0	0	0	1	3	21
0	0	0	0	0	0	0	5	11
0	0	0	0	0	0	1	4	22
0	0	1	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	2	3	21
1	0	0	0	0	0	1	3	7
0	0	0	0	0	0	5	2	20
0	0	0	0	0	0	3	0	17
0	0	0	0	0	0	2	0	14

0	0	0	0	0	0	0	6	17
0	0	0	0	0	0	2	5	10
0	0	0	0	0	1	5	4	20
0	0	0	0	0	0	0	0	27
0	0	0	0	0	0	2	5	28
0	0	0	0	0	0	1	0	28
0	0	0	0	0	0	1	0	24
0	0	0	0	0	0	1	1	32
0	0	0	0	0	0	0	0	29
0	0	0	0	0	0	3	3	24
0	0	0	0	0	0	7	0	28
0	0	1	0	0	0	0	4	26
0	0	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	2	0	29
0	0	0	0	0	0	1	3	27
0	0	0	0	0	0	1	4	28
0	0	0	0	0	0	2	3	27
0	0	0	0	0	0	2	4	10
0	0	0	0	0	0	0	7	17
0	0	0	0	0	0	1	1	27
0	0	0	0	0	0	0	2	15
0	0	0	0	0	0	0	2	10
0	0	0	0	0	0	0	3	10
0	0	0	0	0	0	4	1	18
0	0	0	0	0	0	1	7	25
0	0	0	0	0	0	4	5	28
1	0	0	0	0	0	2	2	18
0	0	0	0	0	0	0	9	26
Hidrolithon	Spongites	Mesophyllum	Melobesia	Lithothamnion	Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microborings
0	0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	0	2	25
0	0	0	0	0	0	2	3	24
0	0	0	0	0	0	1	5	40
0	0	0	0	0	0	0	2	21
0	0	0	0	0	0	0	2	29
0	0	1	0	0	0	0	1	18
0	0	0	0	0	0	2	1	27
0	0	0	0	0	0	0	2	20
1	0	0	0	0	0	3	3	22

0	0	0	0	0	0	2	3	25
0	0	0	0	0	0	2	1	21
0	0	0	0	0	0	0	2	24
0	0	0	0	0	0	0	2	10
0	0	0	0	0	0	2	2	16
0	0	0	0	0	0	2	4	27
0	0	0	0	0	0	0	3	19
0	0	0	0	0	0	5	4	23
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	2	2	27
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	2	11
0	0	0	0	0	0	0	3	25
0	0	0	0	0	0	2	2	13
0	0	0	0	0	0	0	2	31
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	15
0	0	0	0	0	0	2	3	16
0	0	0	0	0	0	1	3	25
0	0	0	0	0	1	0	2	24
0	0	0	0	0	0	0	3	21
0	0	0	0	0	0	0	1	10
0	0	0	0	0	0	0	2	27
0	0	0	0	0	0	0	3	28
0	0	0	0	0	0	0	2	23
0	0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	2	0	0	0	1	3	17
0	0	0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	36
0	0	2	0	0	0	0	0	18
0	0	1	0	0	0	0	0	21

Hole ID	Depth	Algas Totales	Algas Verdes	Algas rojas	Corallina	Neogoniolithon
Tesis	9260,90	17	0	17	0	0
Tesis	9263,00	30	0	30	0	0
Tesis	9274,55	68	5	63	0	0
Tesis	9287,08	53	1	52	0	0
Tesis	9294,17	32	0	32	0	0
Tesis	9302,00	22	0	22	0	0
Tesis	9313,90	27	0	26	0	0
Tesis	9324,90	32	0	28	4	0
Tesis	9335,50	51	0	50	1	0
Tesis	9346,95	59	1	53	4	0
Tesis	9349,20	63	2	59	2	0
Tesis	9365,45	49	0	47	2	0
Tesis	9370,10	36	0	36	0	0
Tesis	9384,00	46	0	46	0	0
Tesis	9390,05	53	0	53	0	0
Tesis	9397,67	50	0	50	0	0
Tesis	9410,15	59	0	59	0	0
Tesis	9422,86	34	0	26	8	0
Tesis	9432,89	8	0	8	0	0
Tesis	9449,08	62	0	55	4	0
Tesis	9452,00	10	0	10	0	0
Tesis	9462,00	29	0	29	0	0
Tesis	9480,58	38	0	38	0	0
Tesis	9495,00	64	0	61	2	1
Tesis	9503,12	60	0	60	0	0
Tesis	9516,09	11	0	11	0	0
Tesis	9521,56	20	1	19	0	0
Tesis	9532,73	55	0	55	0	0
Tesis	9544,90	63	0	62	0	0
Tesis	9555,69	35	0	33	0	0
Tesis	9564,00	13	0	13	0	0
Tesis	9571,63	23	6	15	2	0
Tesis	9587,81	41	9	30	0	0
Tesis	9598,54	27	0	24	3	0
Tesis	9610,00	36	0	36	0	0
Tesis	9620,65	26	0	26	0	0
Tesis	9632,20	32	0	30	0	0
Tesis	9644,39	46	4	40	2	0
Tesis	9658,90	7	0	7	0	0
Tesis	9667,88	13	0	13	0	0
Tesis	9673,17	37	0	35	2	0
Tesis	9679,31	52	0	47	5	0
Tesis	9684,43	41	0	39	0	0
Tesis	9694,70	53	0	48	4	0

Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microborings
0	0	0	13
0	0	2	25
0	2	3	24
0	1	5	40
0	0	2	21
0	0	2	29
0	0	1	18
0	2	1	27
0	0	2	20
0	3	3	22
0	2	3	25
0	2	1	21
0	0	2	24
0	0	2	10
0	2	2	16
0	2	4	27
0	0	3	19
0	5	4	23
0	0	0	0
0	2	2	27
0	0	0	0
0	1	2	11
0	0	3	25
0	2	2	13
0	0	2	31
0	1	0	0
0	0	1	15
0	2	3	16
0	1	3	25
1	0	2	24
0	0	3	21
0	0	1	10
0	0	2	27
0	0	3	28
0	0	2	23
0	0	0	13
0	1	3	17
0	0	0	8
0	0	0	0
0	0	0	5
0	0	0	10
0	0	0	36
0	0	0	18
0	0	0	21

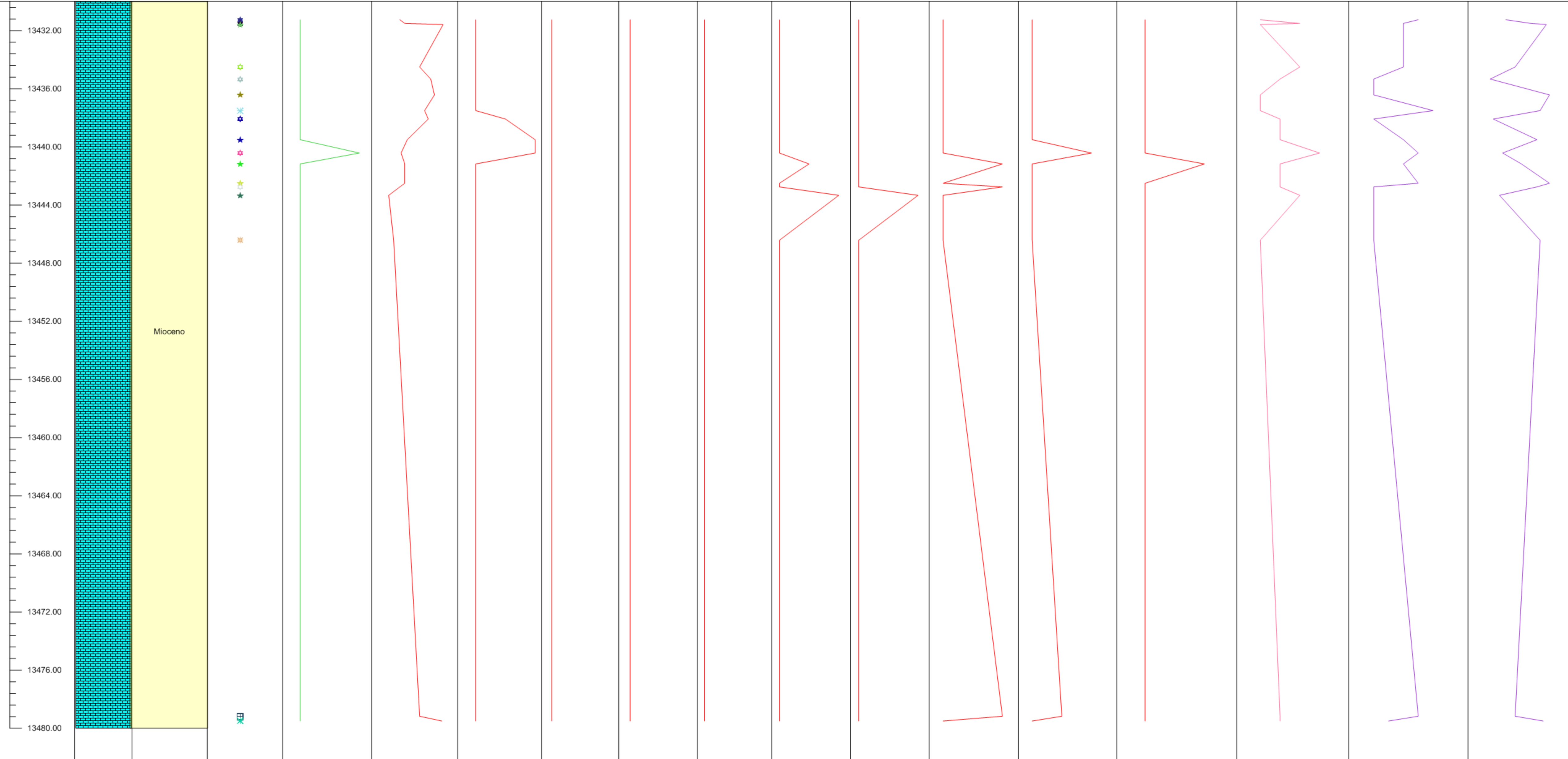
Hole ID	Depth	Algas Totales	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallina	Neogoniolithon
Tesis	8845,33	63	0	62	1	0
Tesis	8861,75	67	0	61	6	0
Tesis	8862,58	60	0	60	0	0
Tesis	8875,42	67	0	65	2	0
Tesis	8905	14	0	14	0	0
Tesis	8923,5	58	0	57	1	0
Tesis	8940,17	59	0	58	0	0
Tesis	8957,5	20	0	18	0	0
Tesis	8965,5	25	0	25	0	0
Tesis	8975,58	30	0	29	1	0
Tesis	9009,42	43	0	43	0	0
Tesis	9021,58	56	0	56	0	0
Tesis	9040,5	35	2	32	0	0
Tesis	9061,33	53	0	53	0	0
Tesis	9089,33	35	3	31	0	0
Tesis	9106,67	60	3	56	0	0
Tesis	9127,17	52	0	52	0	0
Tesis	9141,25	32	2	26	3	1
Tesis	9167,25	52	0	52	0	0
Tesis	9181,33	62	0	61	1	0
Tesis	9205,5	53	0	53	0	0
Tesis	9220,42	65	0	64	0	0
Tesis	9247,5	50	2	48	0	0
Tesis	9285,5	38	2	35	0	0
Tesis	9299,08	19	5	14	0	0
Tesis	9304	41	2	38	0	0
Tesis	9321,17	41	0	41	0	0
Tesis	9332,42	48	0	48	0	0
Tesis	9340,67	56	0	53	3	0
Tesis	9364,5	53	6	43	0	0
Tesis	9385,75	55	27	28	0	0
Tesis	9401,5	50	0	50	0	0
Tesis	9418,42	54	0	51	3	0
Tesis	9422,5	33	5	24	3	0
Tesis	9444,17	43	28	15	0	0
Tesis	9458,33	51	0	46	5	0
Tesis	9487,33	55	0	50	4	0
Tesis	9501,25	48	2	44	2	0
Tesis	9520,33	51	0	49	0	0
Tesis	9526,42	36	0	26	9	0

Lithophyllum	Lithophorella	Hidrolithon	Spongites	Mesophyllum	Melobesia	Lithothamnium
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0

Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microborings
0	3	0	29
0	5	0	28
0	3	2	15
0	4	2	25
0	0	0	14
0	6	2	26
0	7	0	20
0	3	4	14
0	0	0	6
0	0	0	15
0	1	2	3
0	0	3	26
0	0	6	17
0	2	5	10
1	5	4	20
0	0	0	27
0	2	5	28
0	1	0	28
0	1	0	24
0	1	1	32
0	0	0	29
0	3	3	24
0	7	0	28
0	0	4	26
0	0	0	4
0	2	0	29
0	1	3	27
0	1	4	28
0	2	3	27
0	2	4	10
0	0	7	17
0	1	1	27
0	0	2	15
0	0	2	10
0	0	3	10
0	4	1	18
0	1	7	25
0	4	5	28
0	2	2	18
0	0	9	26

Título:
Carta de distribución de algas rojas y verdes del pozo Perla-A

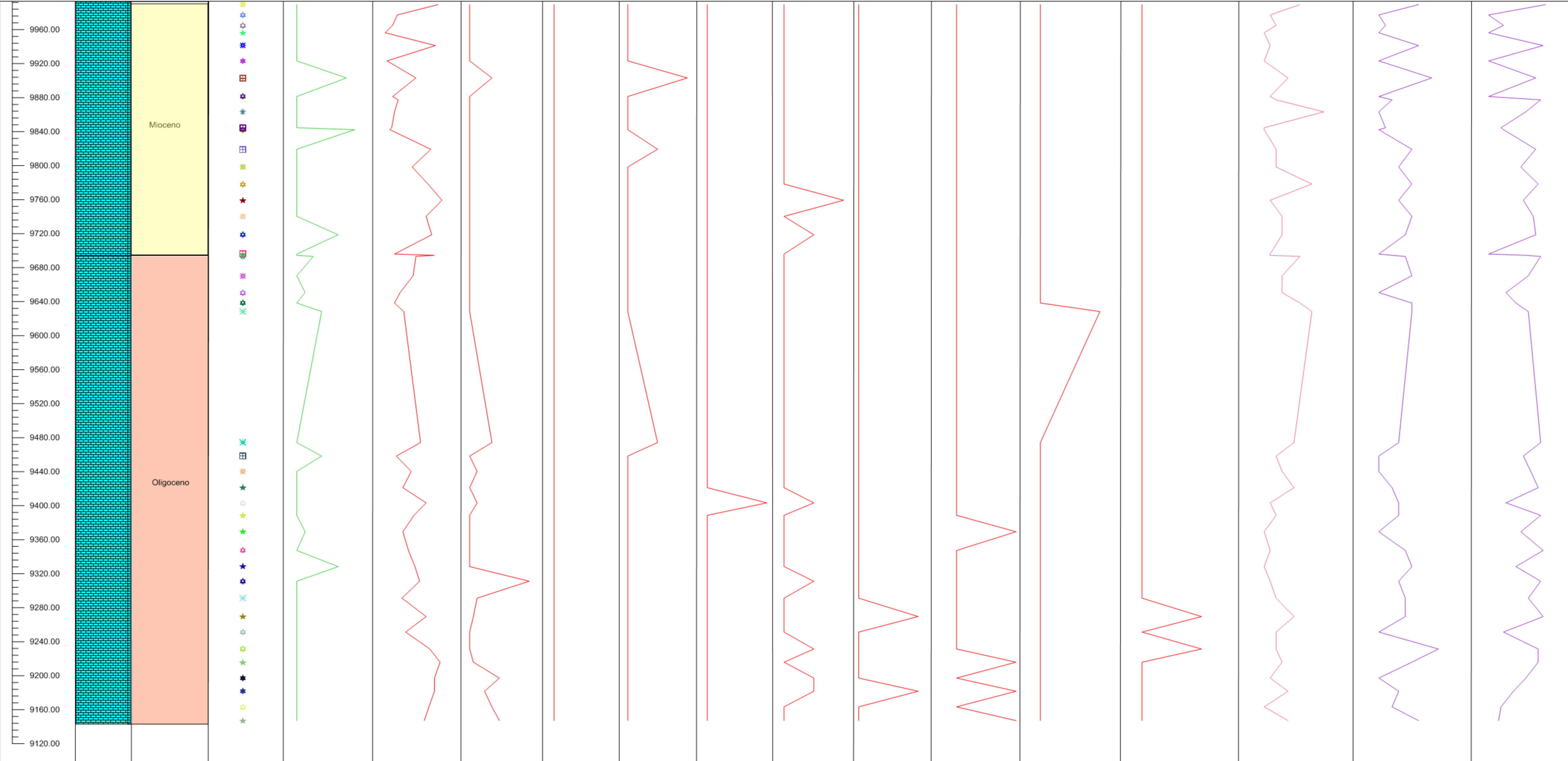
				Familia									Bioerosiones				
				Halimedaceae	Corallinaceae						Sporolithaceae						
				Halimeda	Corallinaceae	Sub. Familia Corallinoideae	Sub. Familia Mastophoroideae				Sub. Familia Melobesoideae						
Profundidad (Pies)	Litología	Edad	Secciones delgadas	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophorella	Hidrolithon	Lithophyllum	Spongites	Mesophyllum	Lithothamnium	Sporolithon	Rodolitos	Entobia	Microhoradación



- Leyenda**
- ★ 13431.25
 - ★ 13431.58
 - ★ 13435.33
 - ★ 13436.42
 - ★ 13437.5
 - ★ 13438.08
 - ★ 13439.5
 - ★ 13440.42
 - ★ 13441.17
 - ★ 13442.5
 - ★ 13442.75
 - ★ 13443.33
 - ★ 13446.42
 - 13479.17
 - ★ 13479.5
 - ★ 13431.5
 - ★ 13434.5

Título:
Carta de distribución de algas rojas y verdes del pozo Perla-B

				Familia												Bioerosiones			
				Halimedeaceae		Corallinaceae						Sporolithaceae							
				Halimeda		Corallinaceae		Sub. Familia Corallinoideae			Sub. Familia Mastophoroideae			Sub. Familia Melobesoideae					
Profundidad (Pies)	Litología	Edad	Secciones delgadas	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallina	Neogoniolithon.1	Lithophorella	Hidrolithon	Lithophyllum	Spongites	Mesophyllum	Lithothamnion	Sporolithon	Rodolitos	Entobia	Microborings		

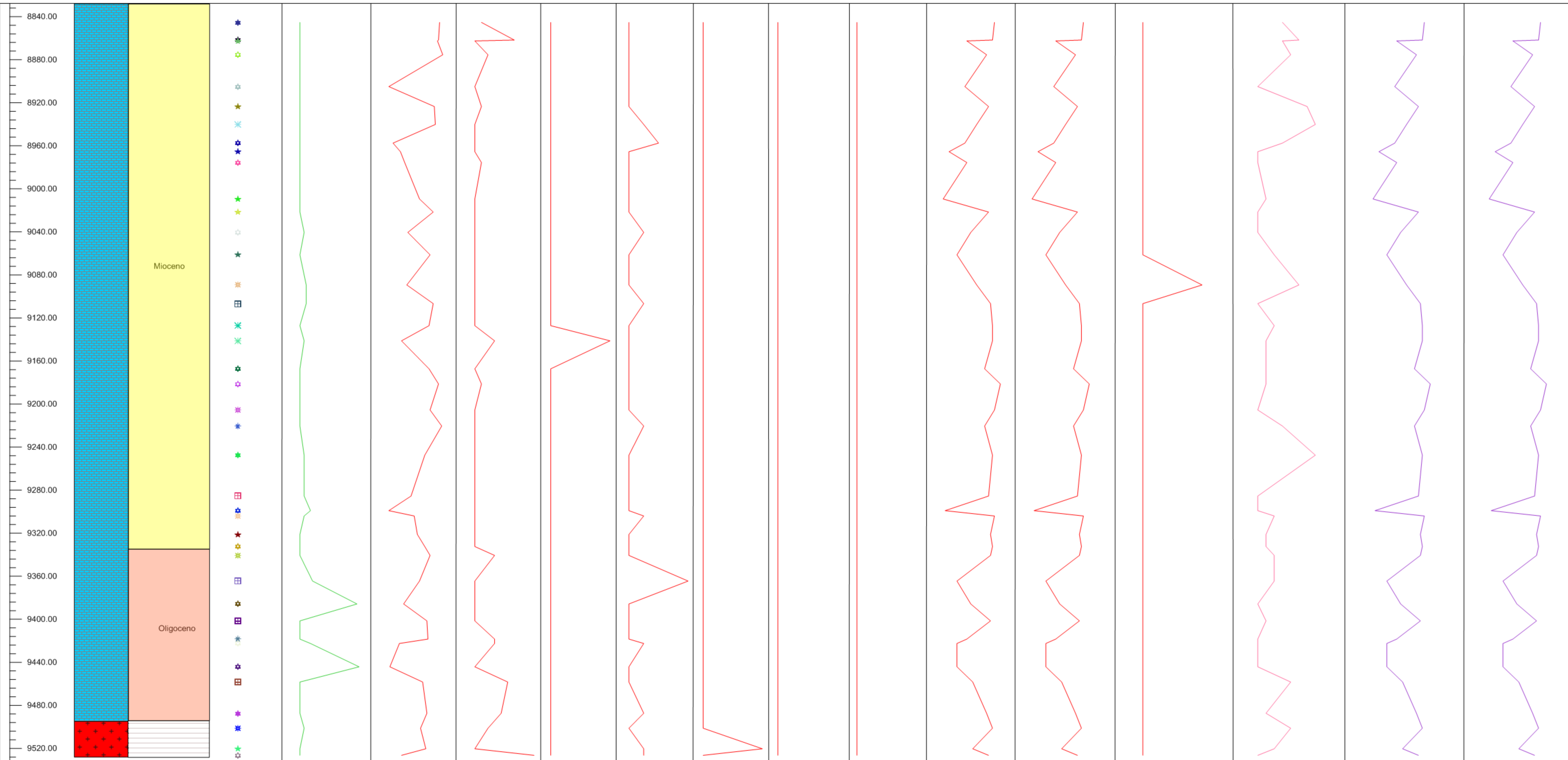


Leyenda

★ 9147.17	★ 9197.25	★ 9251.33	★ 9311.17	★ 9369.33	★ 9421.17	★ 9474.25	★ 9650.67	★ 9694.5	★ 9740.33	★ 9798.42	★ 9844.58	★ 9881.33	★ 9941.25	★ 9977.25
★ 9163.33	★ 9215.92	★ 9269.58	★ 9328.33	★ 9388.67	★ 9440.33	★ 9628.33	★ 9670.42	★ 9696	★ 9759.33	★ 9819.25	★ 9863.33	★ 9903.17	★ 9956.33	★ 9989.5
★ 9181.75	★ 9231.42	★ 9291.25	★ 9347.33	★ 9403.33	★ 9458.33	★ 9638.42	★ 9693.25	★ 9718.67	★ 9778.42	★ 9842.33	★ 9877.42	★ 9923.25	★ 9965	

Título:
Carta de distribución de algas rojas y verdes del pozo Perla-C

				Familia													
				Halimedaceae	Corallinaceae						Sporolithaceae			Bioerosiones			
				Halimeda	Corallinaceae	Sub. Familia Corallinoideae	Sub. Familia Mastophoroideae				Sub. Familia Melobesoideae		Sporolithon				
Profundidad (Pies)	Litología	Edad	Secciones delgadas	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophorella	Hidrolithon	Lithophyllum	Spongites	Mesophyllum	Lithothamnium	Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microhoradación
				0.00 10.00 20.00	12.00 32.00 52.00	0.00 2.50 5.00 7.50	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	0.00 1.00 2.00 3.00 4.00	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	2.00 12.00 22.00 32.00	2.00 12.00 22.00 32.00	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	0.00 2.00 4.00 6.00	2.00 12.00 22.00 32.00	2.00 12.00 22.00 32.00

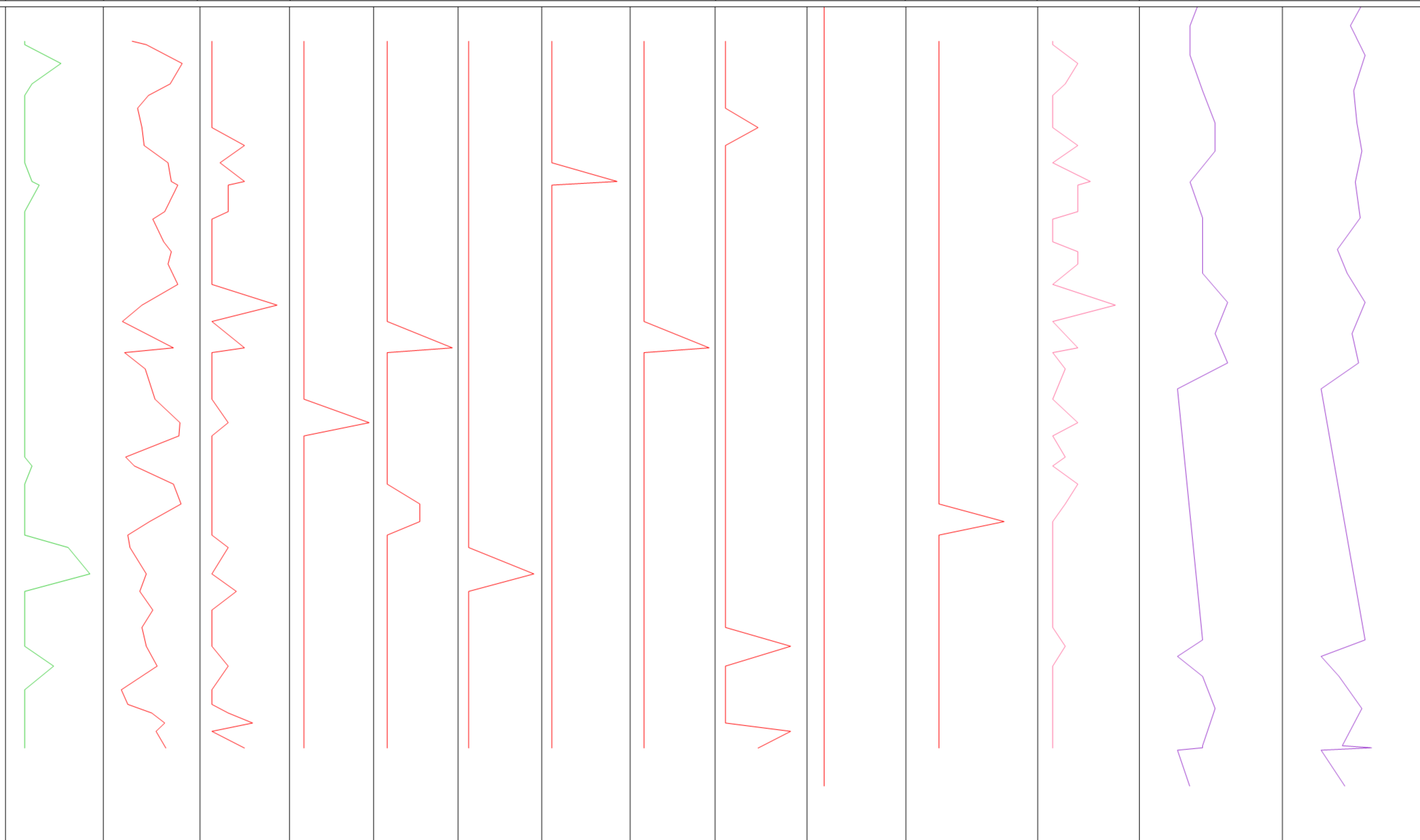


Legenda

- ★ 8845.33
- ★ 8861.75
- ★ 8862.58
- ★ 8875.42
- ★ 8905
- ★ 8923.5
- ★ 8957.5
- ★ 8965.5
- ★ 8975.58
- ★ 9009.42
- ★ 9021.58
- ★ 9040.5
- ★ 9061.33
- ★ 9089.33
- ★ 9106.67
- ★ 9127.17
- ★ 9141.25
- ★ 9167.25
- ★ 9220.42
- ★ 9247.5
- ★ 9285.5
- ★ 9321.17
- ★ 9332.42
- ★ 9340.67
- ★ 9364.5
- ★ 9385.75
- ★ 9401.5
- ★ 9418.42
- ★ 9422.5
- ★ 9444.17
- ★ 9458.33
- ★ 9487.33
- ★ 9501.25
- ★ 9520.33
- ★ 9526.42

Título:
Carta de distribución de algas rojas y verdes del pozo Perla-D

				Familia										Bioerosiones			
				Halimedaceae	Corallinaceae							Sporolithaceae					
				Halimeda	Corallinaceae	Sub. Familia Corallinoideae	Sub. Familia Mastophoroideae				Sub. Familia Melobesoideae		Sporolithon				
Profundidad (Pies)	Litología	Edad	Secciones delgadas	Algas Verdes	Algas Rojas	Corallinas	Neogoniolithon	Lithophyllum	Lithoporella	Hidrolithon	Spongites	Mesophyllum	Lithothamnion	Familia Sporolithaceae	Rodolitos	Entobia	Microhoradación

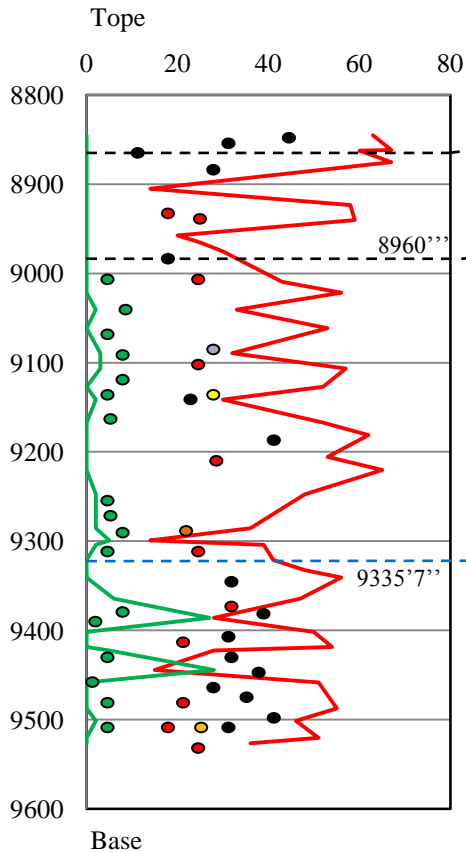


Leyenda

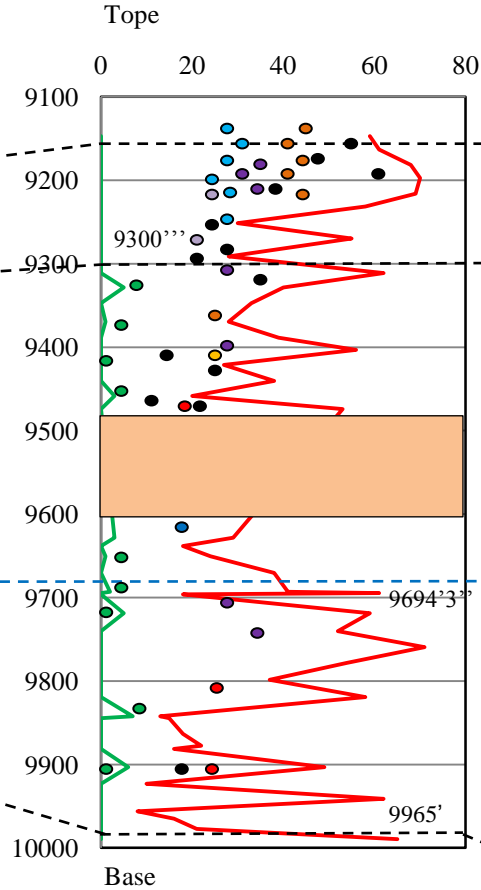
- | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ★ 9260.9 | ★ 9287.08 | ★ 9313.9 | ★ 9346.95 | ★ 9370.1 | ★ 9397.67 | ★ 9432.89 | ★ 9462 | ★ 9503.12 | ★ 9532.73 | ★ 9564 | ★ 9598.54 | ★ 9632.2 | ★ 9667.88 | ★ 9684.43 |
| ★ 9263 | ★ 9294.17 | ★ 9324.9 | ★ 9349.2 | ★ 9384 | ★ 9410.15 | ★ 9449.08 | ★ 9480.58 | ★ 9516.09 | ★ 9544.9 | ★ 9571.63 | ★ 9610 | ★ 9644.39 | ★ 9673.17 | ★ 9694.7 |
| ★ 9274.55 | ★ 9302 | ★ 9335.5 | ★ 9365.45 | ★ 9390.05 | ★ 9422.86 | ★ 9452 | ★ 9495 | ★ 9521.56 | ★ 9555.69 | ★ 9587.81 | ★ 9620.65 | ★ 9658.9 | ★ 9679.31 | |

Gráficos de correlación Pozos Perla

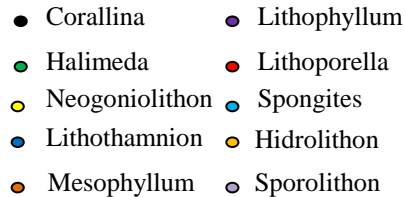
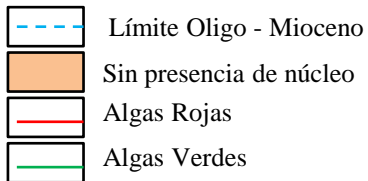
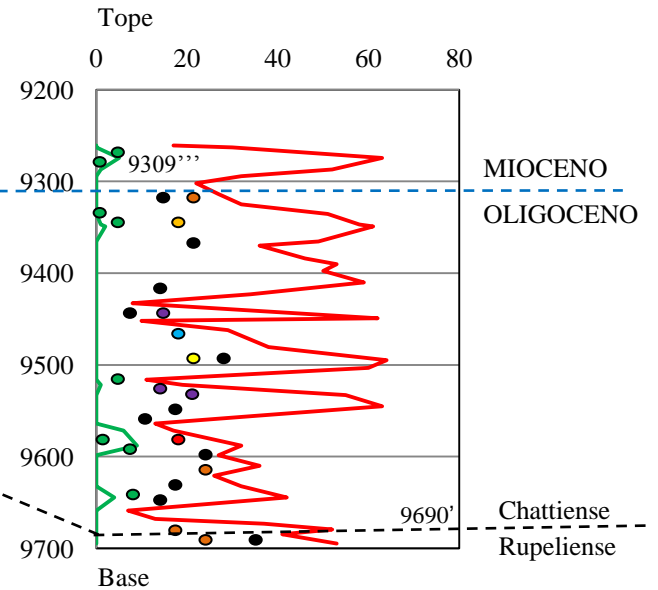
POZO C



POZO B



POZO D



Límite Oligo – Mioceno (Vanegas *et al.*, 2011)

Límite Chattiense - Rupeliense (Vanegas *et al.*, 2011)

CARTA BIOESTRATIGRÁFICA POZO A

EDAD	MUESTRAS		ALGAS ROJAS							Familia Corallinaceae	Abundancia	Diversidad	A.V	Bioer.		Rodolitos	Ambiente		
			Géneros						Halimeda				Microhoradaciones	Macrohoradaciones	Nerítico interno		Nerítico medio	Nerítico externo	
			<i>Lithothamnion</i>	<i>Mesophyllum</i>	<i>Lithophyllum</i>	<i>Sporolithon</i>	<i>Spongites</i>	<i>Corallina</i>											
Mioceno temprano	13431,3	13431'3"	0	0	0	0	0	0	26	26	1	0	9	3	0				
	13431,5	13431'6"	0	0	0	0	0	0	30	30	1	0	17	2	2				
	13433,1	13433'1"	0	0	0	0	0	0	61	61	1	0	22	2	0				
	13434,5	13434'6"	0	0	0	0	0	0	42	42	1	0	12	2	2				
	13435,3	13435'4"	0	0	0	0	0	0	51	51	1	0	4	0	1				
	13436,4	13436'5"	0	0	0	0	0	0	54	54	1	0	23	0	0				
	13437,5	13437'6"	0	0	0	0	0	0	46	46	1	0	20	4	0				
	13438,1	13438'1"	0	0	0	0	0	2	49	51	2	0	5	0	1				
	13439,5	13439'6"	0	0	0	0	0	4	32	36	2	0	19	2	1				
	13440,4	13440'5"	2	0	0	0	0	4	27	33	3	1	8	3	3				
	13441,2	13441'2"	0	1	1	1	0	0	30	33	3	0	14	2	1				
	13442,5	13442'6"	0	0	0	0	0	0	30	30	1	0	23	3	1				
	13442,8	13442'9"	0	1	0	0	0	0	26	27	2	0	19	0	1				
	13443,3	13443'4"	0	0	2	0	1	0	17	20	3	0	7	0	2				
	13446,4	13446'5"	0	0	0	0	0	0	21	21	1	0	20	0	0				
	13479,2	13479'2"	1	1	0	0	0	0	42	44	3	0	12	3	1				
13479,5	13479'6"	0	0	0	0	0	0	60	60	1	0	21	1	1					

CATÁLOGO DE IMÁGENES

GÉNERO *NEOGONIOLITHON*

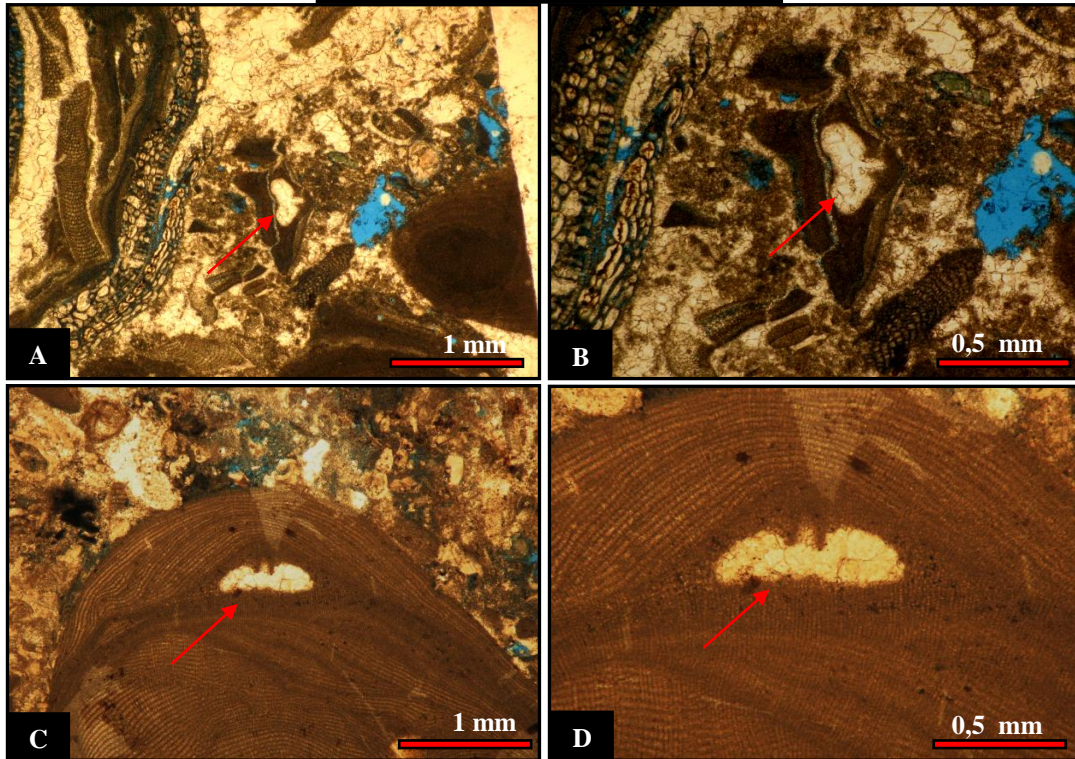


Figura 1. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Neogoniolithon*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo uniporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Masthophoroideae

Género *Neogoniolithon*

Características particulares:

El género *Neogoniolithon*, posee un hábito incrustante no geniculado, talo monomérica, núcleo coaxial y presenta fusión celular. El tipo de conceptáculo es uniporado.

Rango de profundidad: su rango es más abundante a los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *LITHOPHYLLUM*

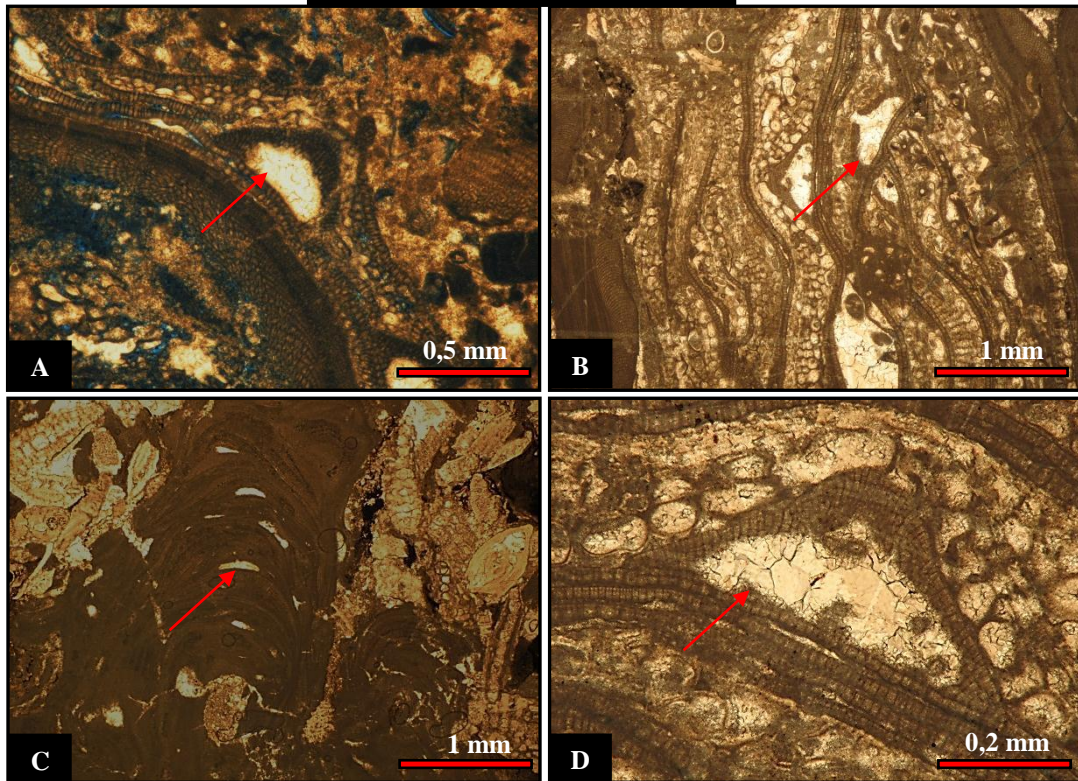


Figura 2. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Lithophyllum*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo uniporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Mastophoroideae

Género *Lithophyllum*

Características particulares:

Este género presenta hábito incrustante no geniculado, en cuanto al talo este puede ser dimérico o monomérico. El tipo de conceptáculo es uniporado.

Rango de profundidad: su rango es más abundante por encima de los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *LITHOPORELLA*

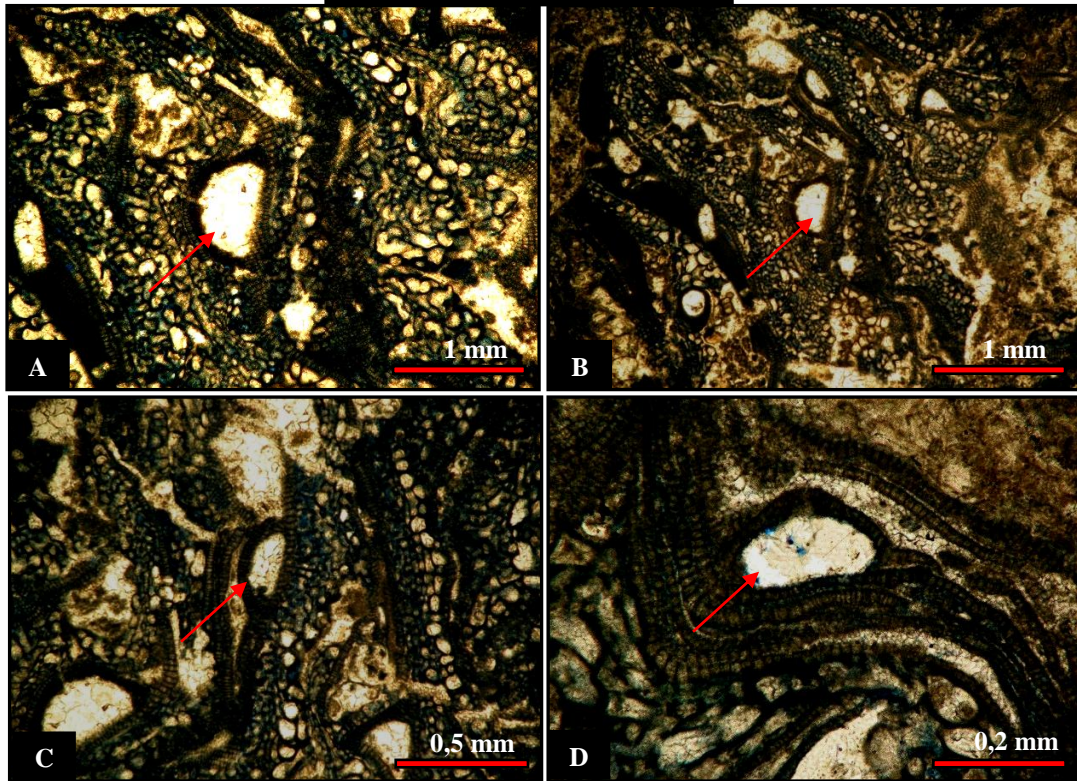


Figura 3. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Lithoporella*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo uniporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Mastophoroideae

Género *Lithoporella*

Características particulares:

El género *Lithoporella* posee hábito incrustante no geniculado, fusión celular y talo dimérico. El tipo de conceptáculo presente en este género es uniporado.

Rango de profundidad: su rango es más abundante por encima de los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *HIDROLITHON*

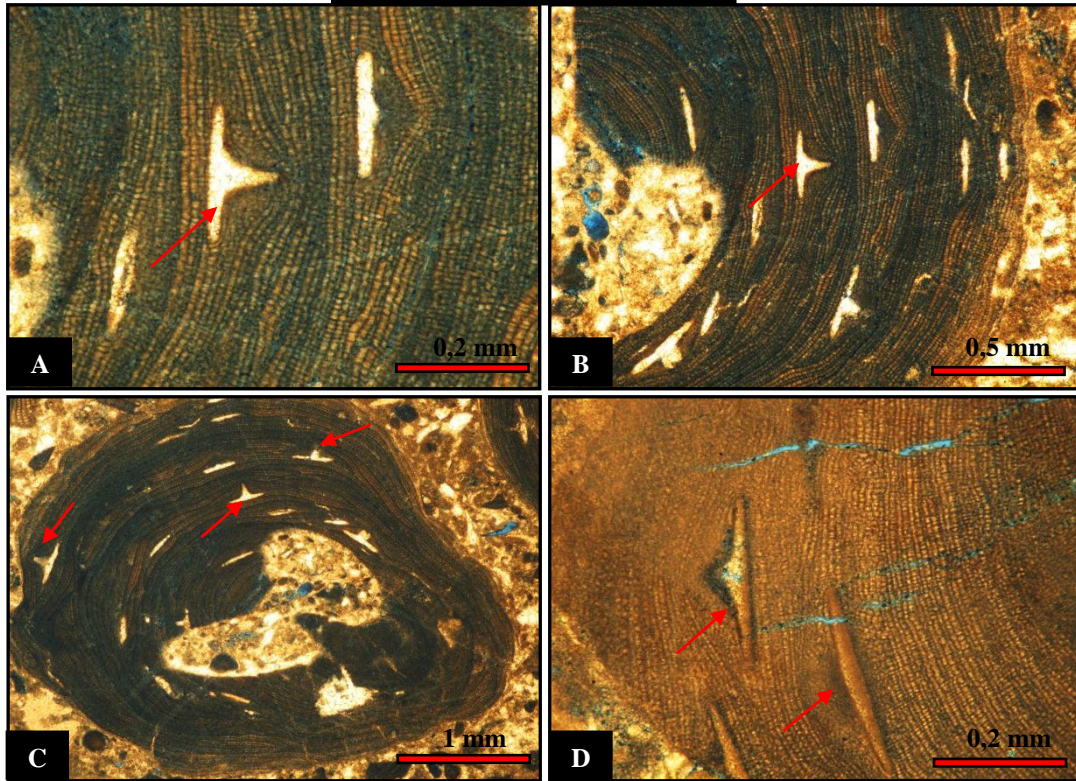


Figura 4. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Hidrolithon*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo uniporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Mastophoroideae

Género *Hidrolithon*

Características particulares:

Las estructuras reproductoras forman pequeñas protuberancias, posee fusiones celulares de talo dimérico, presentan células filamentosas adyacentes de forma rectangular o subcuadradas. El tipo de conceptáculo es tetrasporangial.

GÉNERO *SPONGITES*

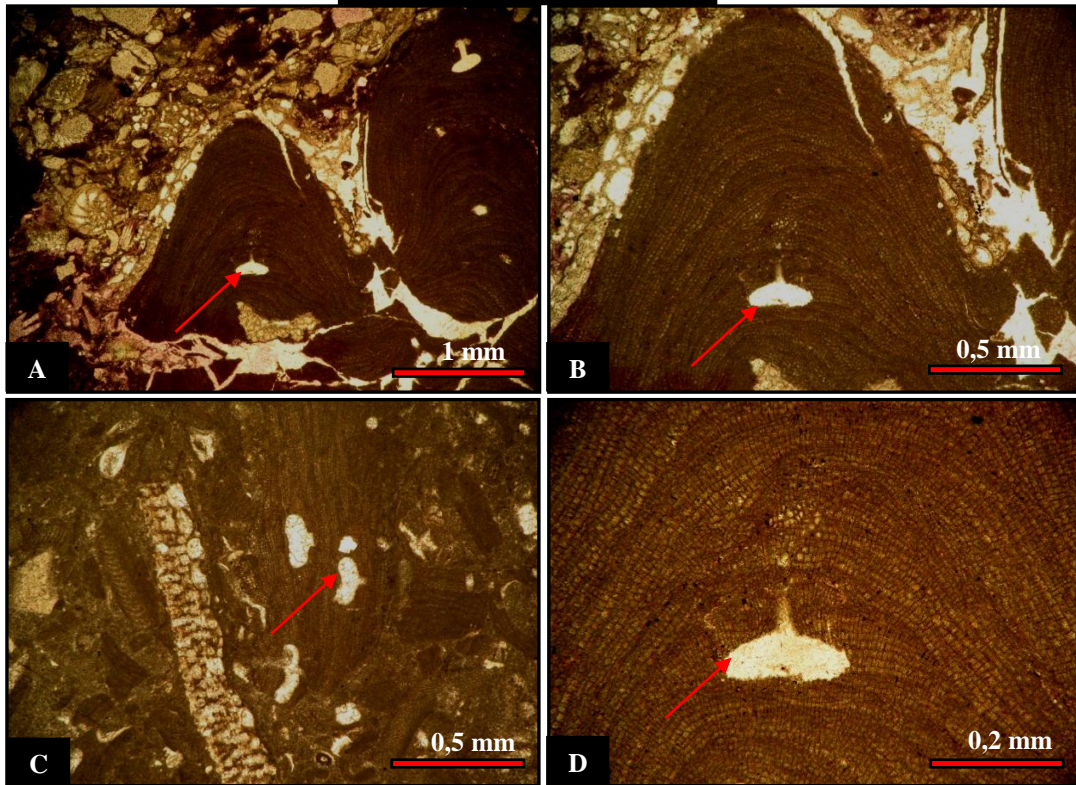


Figura 5. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Spongites*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo uniporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Mastophoroideae

Género *Spongites*

Características particulares:

Este género posee en su forma de crecimiento talos incrustantes, no geniculados, pueden poseer ambos tipos de talos dimérico o monomérico. El tipo de conceptáculo es uniporado.

Rango de profundidad: su rango es más abundante por encima de los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *LITHOTHAMNION*

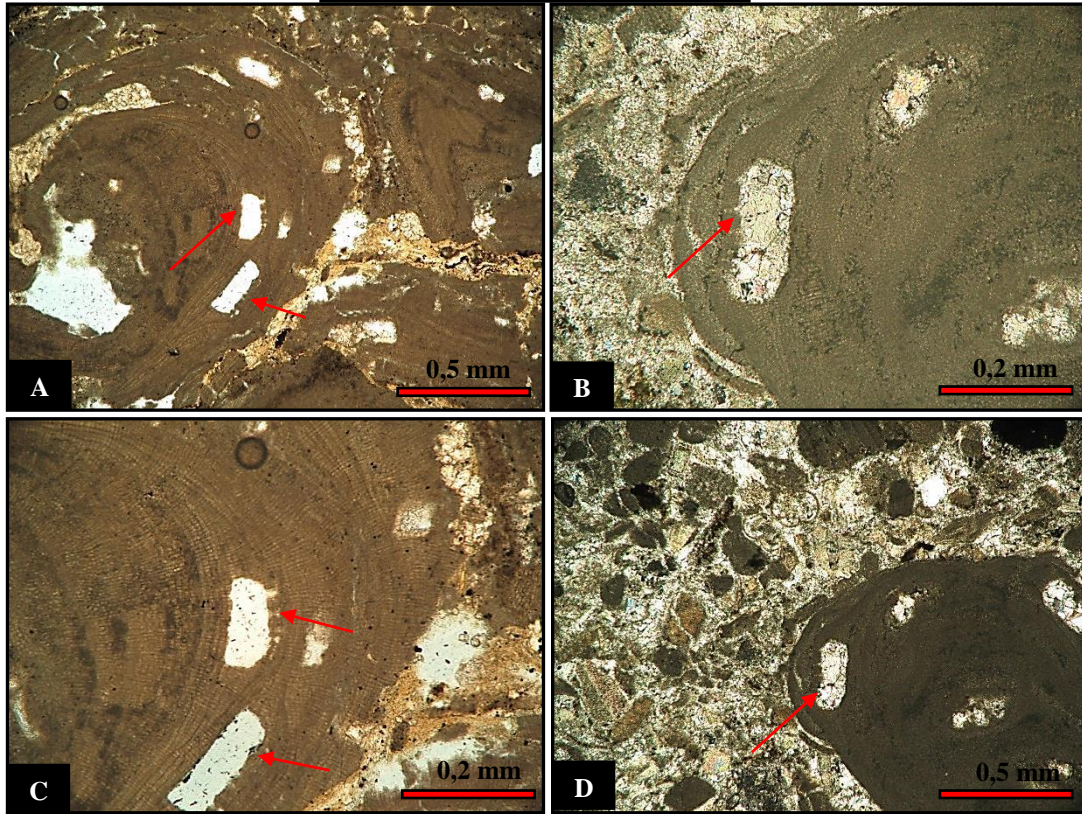


Figura 6. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Lithothamnion*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo multiporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Melobesoideae

Género *Lithothamnion*

Características particulares:

Este género posee en su forma de crecimiento talos incrustantes, no geniculados, el tipo de talo presente es monomérico de núcleo coaxial. El tipo de conceptáculo es multiporado.

Rango de profundidad: su rango es mayor a los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *MESOPHYLLUM*

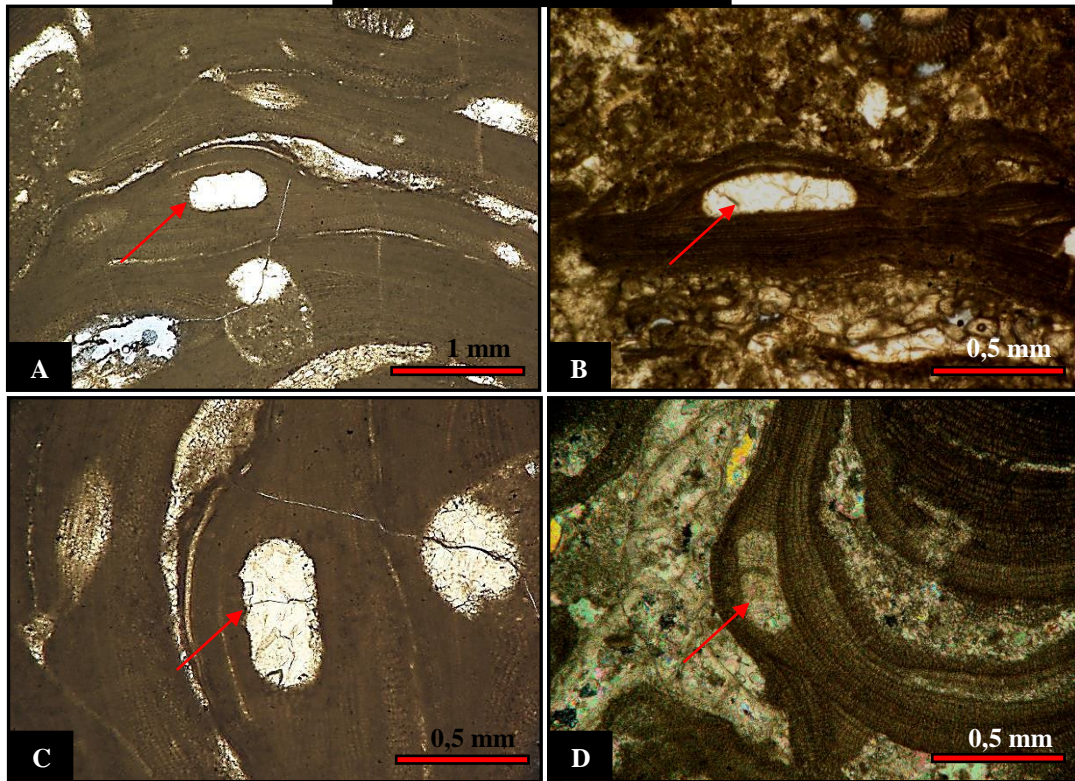


Figura 7. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Mesophyllum*. La flecha señala el órgano reproductor (conceptáculo multiporado).

Familia Corallinaceae

Subfamilia Melobesoideae

Género *Mesophyllum*

Características particulares:

El género *Mesophyllum* presenta hábito incrustante no geniculado, el talo es monomérico coaxial, conceptáculo multiporado y posee fusión celular.

Rango de profundidad: su rango es mayor a los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *CORALLINA*

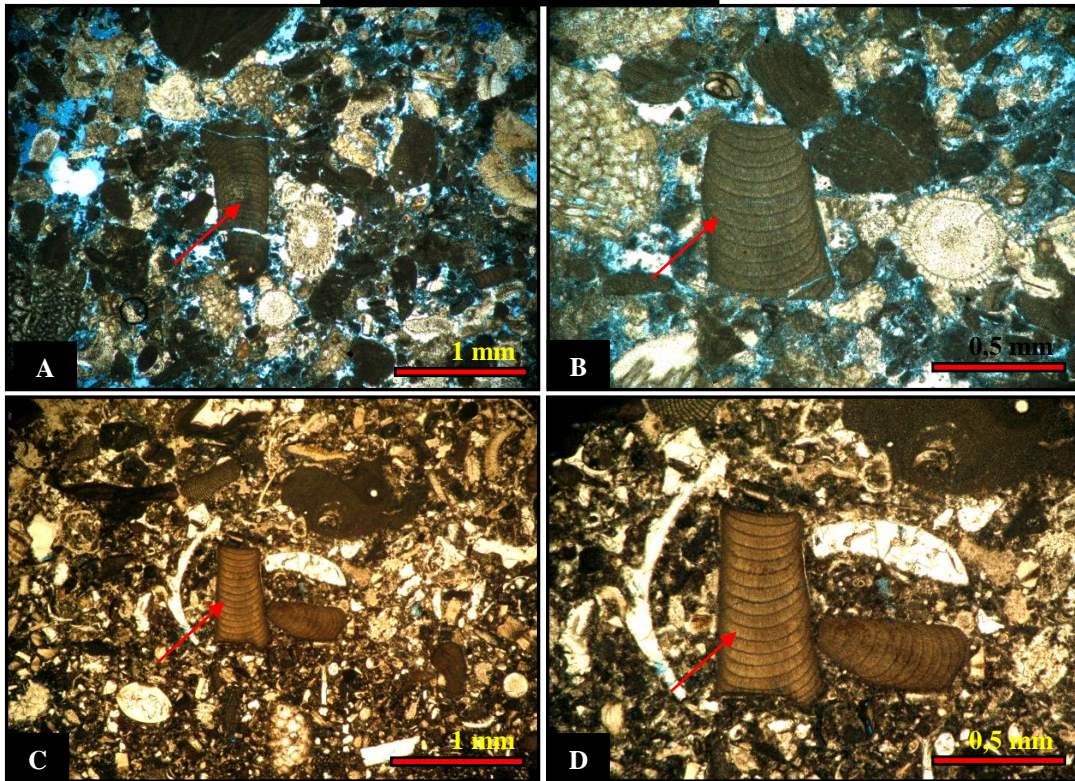


Figura 8. Fotomicrografías de algas Corallinaceae, género *Corallina*.

Familia Corallinaceae

Subfamilia Corallinoideae

Género *Corallina*

Características particulares:

Son algas geniculadas de talos erguidos, por lo general solo preserva la intergenicula, posee fusión celular, el tipo de conceptáculo en este género es desconocido. En cuanto a su ambiente por lo general en aguas someras y templadas, siendo más abundantes en los medios someros de alta energía.

GÉNERO *SPOROLITHON*

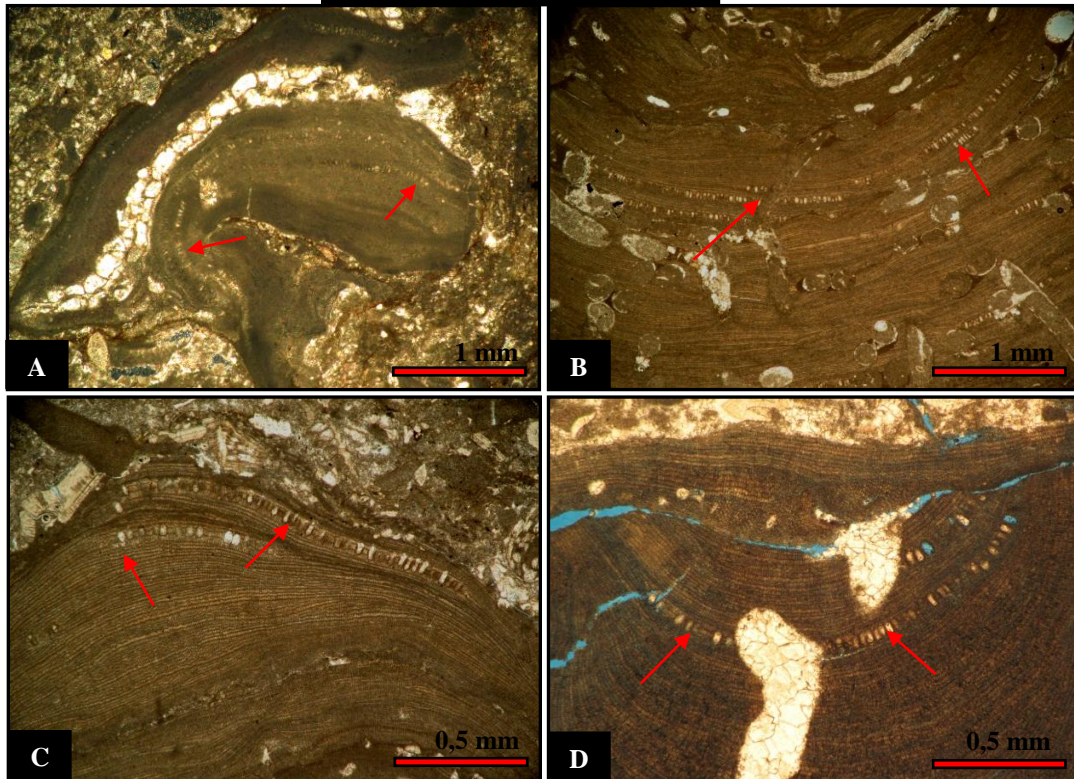


Figura 9. Fotomicrografías del género *Sporolithon*, subfamilia Sporolithaceae.

Familia Sporolithaceae

Género *Sporolithon*

Características particulares:

El género geniculados, su forma de crecimiento varia de talos in crustante a fructicoso, su talo es monomérico de núcleo coaxial, el tipo de conceptáculo es forma de soros.

Rango de profundidad: su rango es mayor a los 20 m de profundidad de agua (Adey, 1979; Minnery *et al.*, 1985; Adey, 1986; Minnery, 1990).

GÉNERO *HALIMEDA*

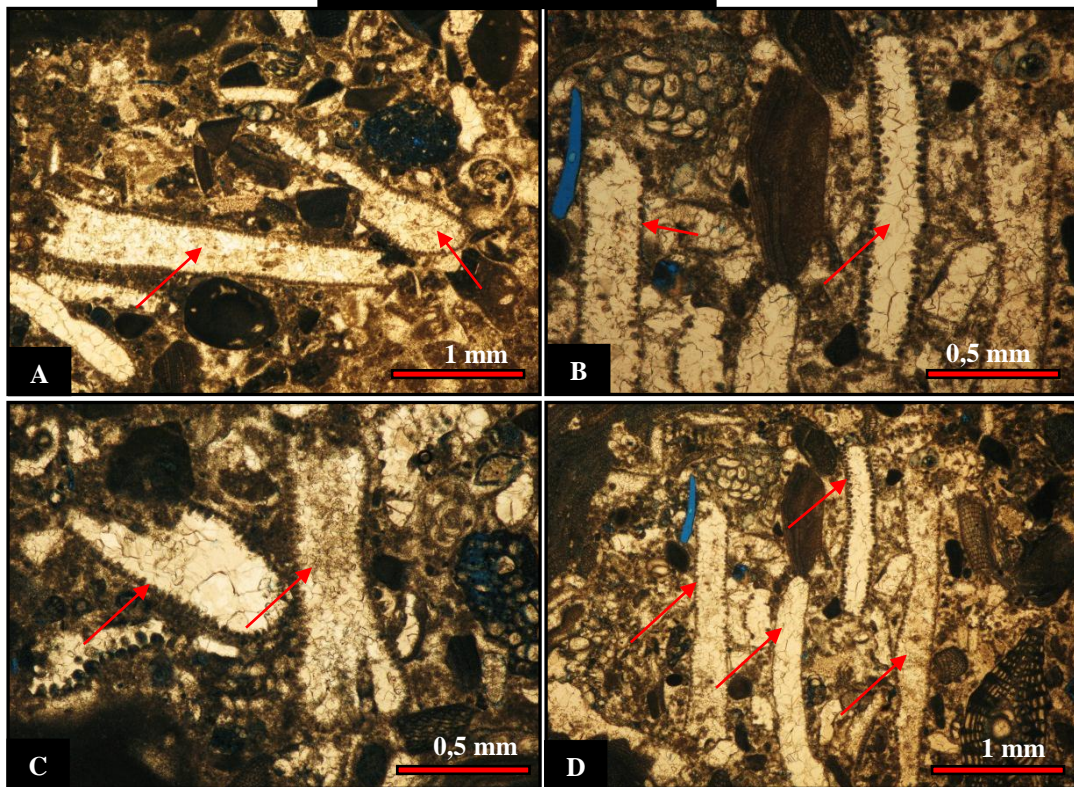


Figura 10. Fotomicrografías del género *Halimeda*, Familia Halimedaceae.

Familia Halimedaceae

Género *Halimeda*

Características particulares:

En este género el crecimiento varía de segmentos achatados y subcilíndricos, no posee órgano reproductor (conceptáculo). Las algas verdes son abundantes en sedimentos detríticos de medios relativamente someros o en lagunas costeras, siendo raras a mayor profundidad.

Rango de profundidad: de 0-30 m de profundidad de agua (Scholle Y Ulmer-Scholle., 2003).

RODOLITOS

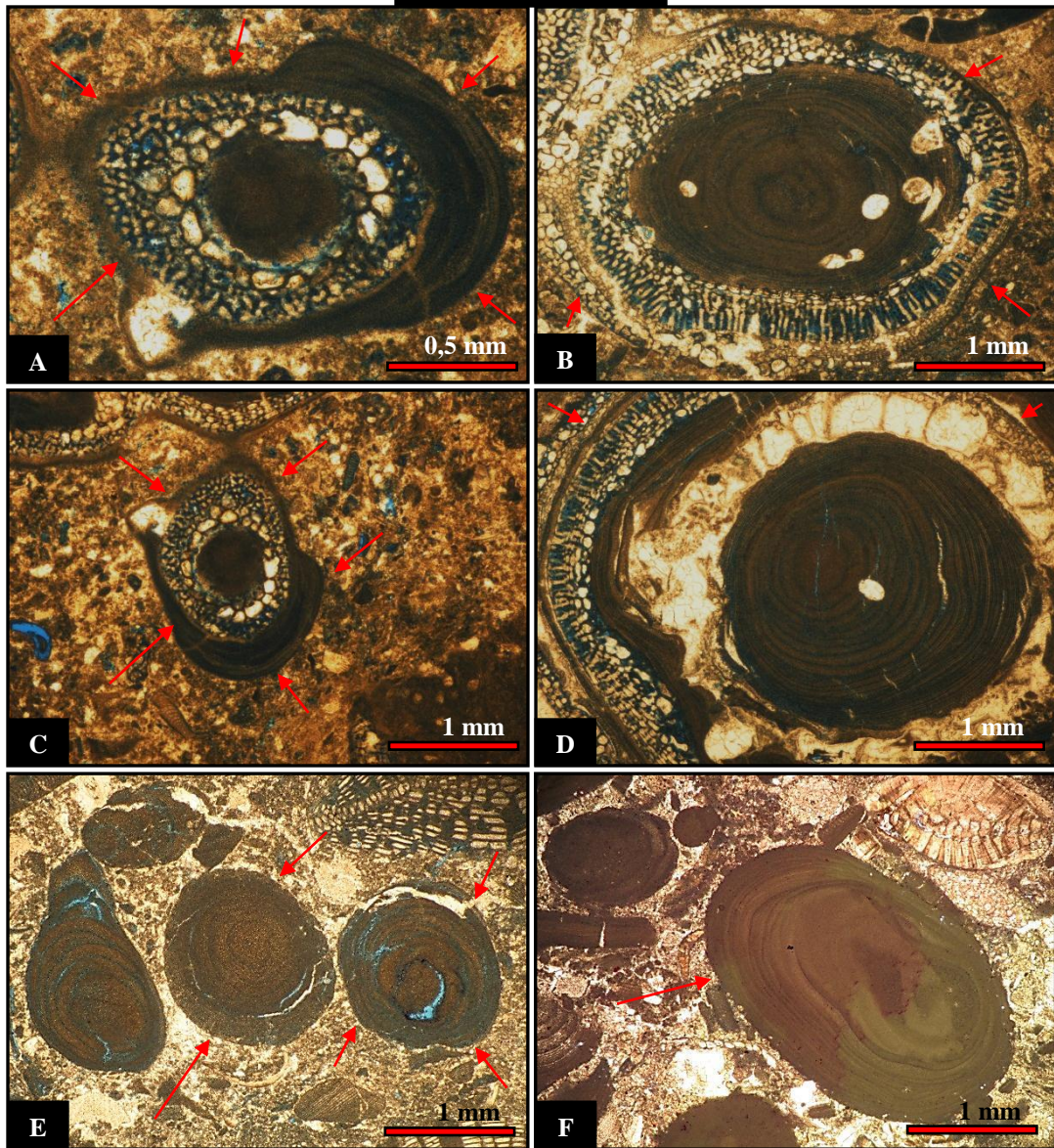


Figura 11. A, B, C, D) Fotomicrografías de Rodolitos complejos. E, F) Rodolitos simples.

ENTOBIA

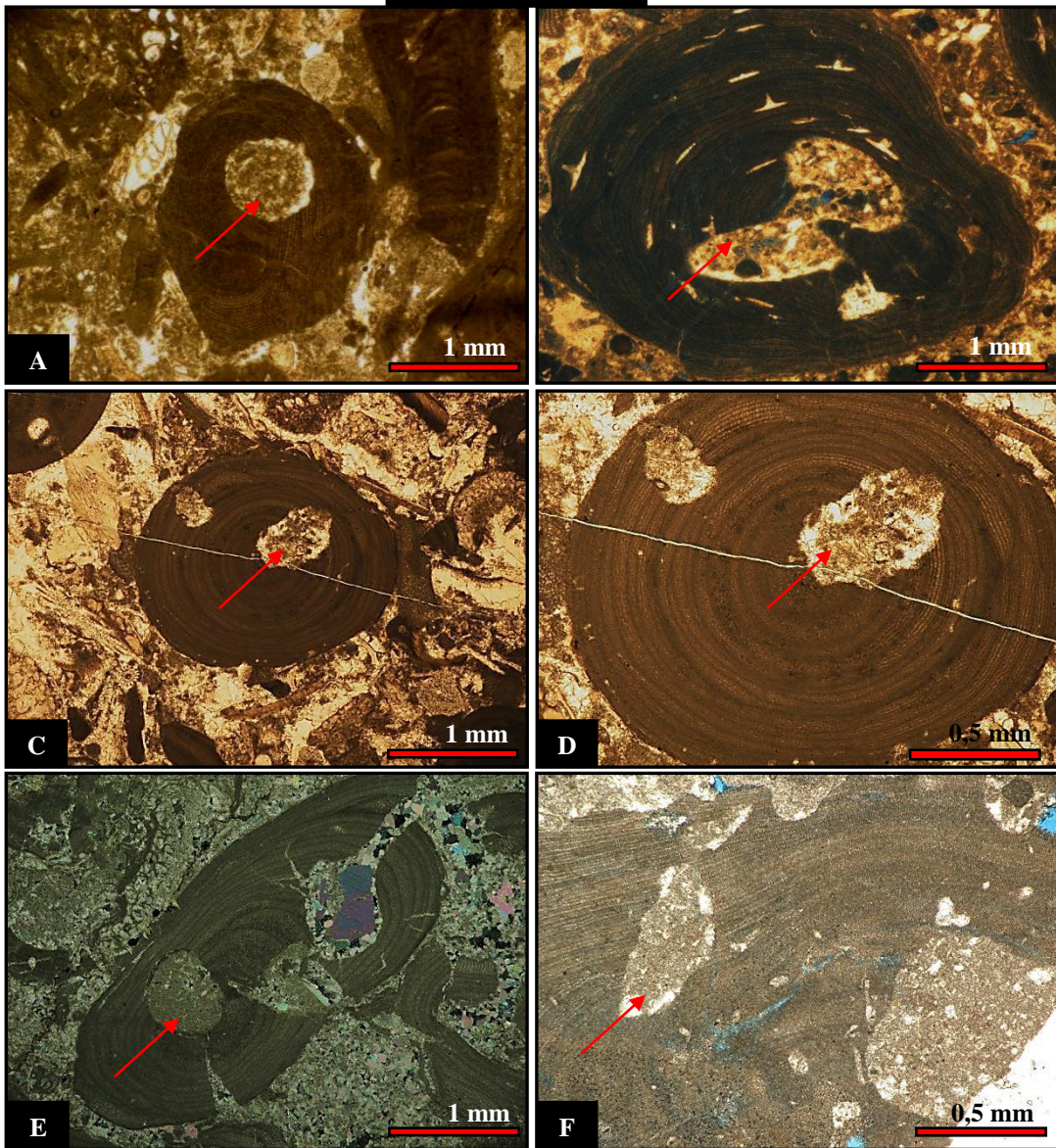


Figura 12. Fotomicrografías de Macrohoradaciones (*Entobia*)

MICROHORADACIÓN

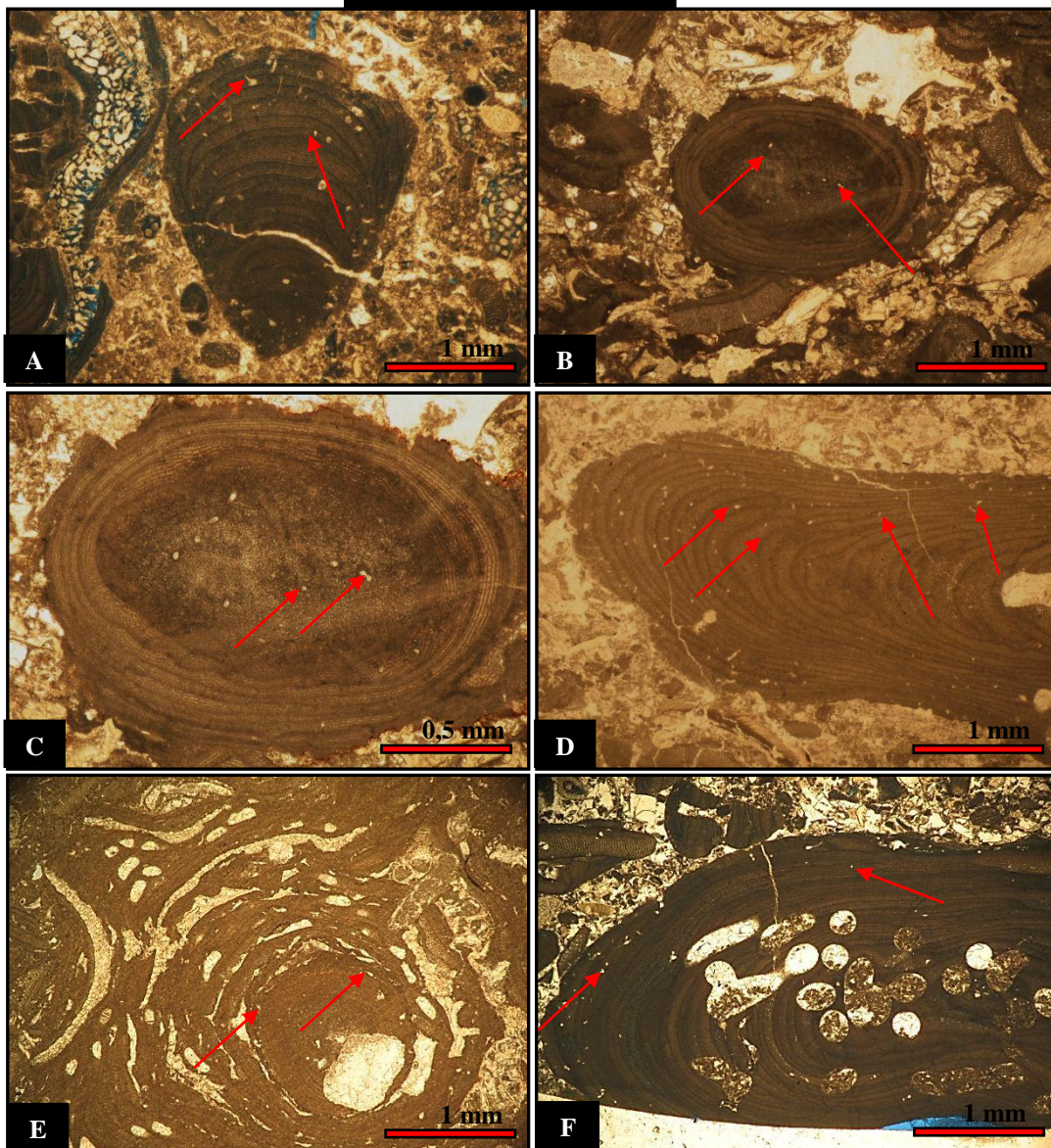


Figura 13. Fotomicrografías de Microhoradación.