

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN  
CAPADARE EN LA CUENCA DE FALCÓN**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Lárez G, Katheanny J  
para optar al Título de  
Ingeniero Geólogo

Caracas, 2023

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN  
CAPADARE EN LA CUENCA DE FALCÓN**

Tutor Académico: Prof. Lenín González

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Lárez G, Katheanny J  
para optar al Título de  
Ingeniero Geólogo

Caracas, 2023

Caracas, 3 de noviembre de 2023

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 la bachiller Katheanny J. Lárez G. titulado:

**“ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CAPADARE EN  
LA CUENCA DE FALCÓN”**

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 el autor, lo declaran APROBADO.

---

Prof. Rosa Aquino

Jurado

---

Prof. Angela Rojas

Jurado

---

Prof. Lenín González

Tutor Académico

## DEDICATORIA

*A Dios*, porque contigo todo y sin ti nada.

*A mi madre*, quien por sobre todas las cosas nunca dejó de creer en mí.

*A mi padre*, por siempre estar presente a su manera.

*A mi hermano*, por todo el amor brindado.

*A ti Katheanny*, porque solo tú has sido testigo de las batallas que se desarrollan dentro de ti. Que sea testigo el papel de que todo lo que yo quiera en mi vida lo puedo lograr.

*“Aquellos que trabajan en sus sueños, están propensos a cumplirlos”*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por bendecirme enormemente, por siempre darme la fuerza para continuar y cumplir cuanto anhelo hay en mi corazón, porque todo en tus tiempos y a tu manera es perfecto.

A la Universidad Central de Venezuela, mi casa de estudio, por darme la oportunidad de instruirme para mi desarrollo personal y profesional, por todas las vivencias y experiencias bonitas que me brindó, y por sobre todo regalarme mis amistades más atesoradas.

A mi tutor Lenín González, gracias por permitirme ser su preparadora y tesista, por ser un profesional que inspira a siempre dar lo mejor, por toda la paciencia y compromiso, mi admiración total.

A mi mamá Mery, gracias por siempre orar por mí y motivarme, por ser mi apoyo, por cuidarme, por estar a mi lado en todo este largo camino, por tus sacrificios, por creer en mí, por tu valioso amor y comprensión. A mi papá Cleto, por ser parte fundamental en este recorrido, por tu trabajo arduo, por siempre estar pendiente de mí, por creer en tu jefecita. Este logro es de ambos. Los amo.

A mi hermano Anibal, mi ayi mi choco, por todo el apoyo, motivación y ánimo, por la complicidad y las alegrías, por los consejos, porque la vida sin ti no sería igual.

A mi Tía Lenys, por ser una segunda madre para mí, y mi primo Jhoandry por ser mi compinche desde que llegué a Caracas. Gracias totales a mi familia.

A mi querido Prof. Ricardo Alezones, por todas las veces que me aconsejó y ayudó siempre de buena manera, por las charlas y risas, por los conocimientos transmitidos, y especialmente por todos los abrazos y muestras de cariño que más de una vez salvó mi día.

A los profesores Alfredo Mederos, David Mendi, Enzo Caraballo, Mauricio Hernández, Ruthman Hurtado, Enrique Toribio, Carolina Machillanda, Angela Rojas, Marianela González, Rafael De Guglielmo, Enrique Rodríguez y Miguel Castillejo, excelentes profesionales que en su enseñar nutrieron de conocimientos mi andar hacia la meta de ser ingeniera. A todos los que hacen funcionar a la escuela de GMG.

A Daniel Melendres, por ser esa persona especial que llegó a mi vida para quererme, cuidarme, consentirme, protegerme, ayudarme, alegrarme y sobretodo para ser mi cable a tierra, mi refugio personal.

A Alejandra Díaz, la hermana que la vida me regaló, gracias infinitas por tu energía bonita, tus palabras de ánimo y consuelo, por no juzgarme, por tu amistad tan sincera, por todas las cositas y locuritas tuyas que siempre alegran la vida.

A Henry Cáceres, mi hermano de vida, gracias por todas las veces que me demostraste lo fuerte, sincera y desinteresada que es nuestra amistad, que estaremos el uno para el otro siempre que nos busquemos, porque juntos nos alegramos los días.

A Eduardo González, mi frenchi, gracias por ser de esas amistades frontales, pero con un cariño y apoyo incondicional, por siempre estar y ayudar, por no dejar que perdiera el foco y brindarme herramientas, soluciones y buenos momentos.

A Aquiles Salazar y Cesar Álvarez, por ser luz todas las veces que se me vino el mundo abajo y estuvieron allí para sostenerme.

A todos los amigos que conocí en la carrera, en especial a Yulian G, Mayrelis M, Naliesky S, Josué S, Diego M, Jorge De Quintal, Daniel S, Denis M, Luis C, Ana C, Elvi M, Anny A, Alejandro P, Franyelis C, Keiber R, Priscilla M, Jessica M, Gilberto R, Jesús A, Merlyn P, Maurizio C, Yenifer A, Andreina O, Geilin Q, Katherine P, Gladys M, David S, María H, Jospel R, Marielys C, Willdave B, Nathalya L, Heidi H, Fadhia A, Gabriela G, Alaila L, Carlos P, David C, Samuel H, Marianyelis R, Osberth G, Adelmara, Alejandro E, Beiker E, Javier B, Jesimar C, Glycer, Yara S, Damon A, por todos los momentos compartidos, por las experiencias, por las salidas, por la compañía, porque hicieron bonito y agradable este paso por la universidad.

A mis amigos Manuel Villarroel, Jorge González y Pedro Guipe, por recordarme siempre que yo puedo y soy capaz de todo lo que me propongo.

A mis compañeros de trabajo y jefes, en especial Luis Sandoval, Edwar Vargas, Anayra Cáceres, Luis Díaz, Alejandra Rada, Paola Mangelli y Martha Rosales, por la comprensión y apoyo durante la realización y finalización de este trabajo.

Gracias a todos y cada una de las personas que aportaron algún granito de arena en mi desarrollo tanto personal como profesional.

**Lárez G., Katheanny J.**

## **ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CAPADARE EN LA CUENCA DE FALCÓN**

**Tutor Académico: Prof. Lenín González. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de  
Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2023, 129 págs.**

**Palabras claves:** Formación Capadare, calizas, rocas híbridas, litofacies, esquema evolutivo, petrografías, diagénesis, procedencia.

### **Resumen**

El análisis sedimentológico de la Formación Capadare se lleva a cabo a través del estudio geológico de tres regiones en Venezuela. Estas regiones incluyen una al noreste y otra al sureste, ambas ubicadas en el estado Falcón, así como una tercera al norte del estado Lara. La primera región, conocida como la región de Capadare, se encuentra entre las poblaciones de Capadare y Mirimire, en los cerros del mismo nombre, en los municipios de Acosta y San Francisco, respectivamente. La segunda región se encuentra en la localidad de Lizardo, en el Municipio Cacique Manaure. Por último, las quebradas La Isla y La Torta se encuentran en la región de Macuere, en el municipio Urdaneta, al noroeste de la población de Siquisique.

La metodología utilizada implicó la recopilación de una variedad de fuentes bibliográficas para establecer un conjunto de criterios unificados sobre los estudios previos realizados en la Formación Capadare. Además, se llevaron a cabo observaciones petrográficas, comparaciones de columnas estratigráficas, correlaciones y cartografía a diferentes escalas para complementar la información existente.

Con base en las correlaciones y la comparación de las columnas litoestratigráficas de estudios previos, se ha identificado y definido una serie de facies para esta formación. Se definió en Capadare una facies: Facies I: rocas carbonáticas

entre secuencias de lutitas. Para Lizardo se distingue tres facies: Facies I, rocas carbonáticas muy fosilíferas con impregnaciones fosfáticas locales; Facies II, rocas carbonáticas fosfáticas muy fosilíferas y Facies III, rocas híbridas. En la sección de Macuere, se han identificado tres facies distintas: Facies I, que consiste en rocas carbonáticas intercaladas entre secuencias de lutitas; Facies II, compuesta por rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca; y Facies III, caracterizada por rocas carbonáticas compactas intercaladas con lutitas.

Las observaciones petrográficas realizadas permitieron clasificar las muestras y determinar la abundancia de los diferentes tipos de rocas presentes en la Formación Capadare. Según la clasificación de DUNHAM (1962) para rocas carbonáticas, se identificaron principalmente rocas packstone, seguidas de grainstone, y en menor medida wackestone y mudstone. En términos de la clasificación de FOLK (1962), las rocas carbonáticas se componen principalmente de bioesparita, seguidas de biomicrita, con algunas muestras de intraesparita y micrita fosilífera en proporciones menores. En cuanto a las rocas híbridas, se identificaron principalmente como caliza aloquímica arenosa según MOUNT (1985), seguidas de micrita arenosa, y finalmente arenisca aloquímica.

La identificación de las litofacies permitió desarrollar un esquema de sedimentación para estas secuencias, el cual está influenciado por las fluctuaciones en el nivel del mar y la paleogeografía, donde se han identificado varios ambientes de depositación, que van desde una laguna interna próxima a la línea de costa hasta la zona delante del arrecife.

A partir del análisis de la fracción siliciclástica en las rocas híbridas, se pudo identificar la presencia de tres rocas fuente: el Gneis de Yaritagua, la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare y el Esquisto de Aroa.

En definitiva, la Formación Capadare se caracteriza como una secuencia de rocas carbonáticas fosilíferas y niveles dolomíticos, intercaladas con rocas híbridas y niveles de fosfáticos y lutíticos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
I.1 GENERALIDADES .....	16
I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
I.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
I.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
I.5 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	3
I.6 OBJETIVOS .....	4
I.6.1 Objetivo General.....	4
I.6.2 Objetivos Específicos .....	5
I.7 ANTECEDENTES .....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
II.1 METODOLOGÍA.....	8
II.1.1 Etapa I.....	9
II.1.2 Etapa II .....	11
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>13</b>
<b>MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....</b>	<b>13</b>
III. 1 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL .....	13
III.1.1 Modelo Pull-apart .....	13
III.1.2 Modelo de Rifting e Inversión .....	15
III.1.3 Modelo de Orógeno en flotación.....	17
III.2 SEDIMENTACIÓN Y TECTÓNICA DE LA CUENCA DE FALCÓN .....	18
III.3 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL .....	22
III.3.1 Formación La Luna (Cretácico Tardío) .....	23
III.3.2 Formación Matatere (Paleoceno-Eoceno Medio) .....	24
III.3.3 Formación Casupal (Mioceno Temprano – Mioceno Medio).....	25
III.3.4 Formación Agua Linda (Mioceno Medio) .....	26
III.3.5 Formación Capadare (Mioceno Medio) .....	27
III.3.6 Formación Ojo de Agua (Mioceno Tardío) .....	30
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS E INTERPRETACIONES.....</b>	<b>32</b>
IV.1 PETROGRAFÍAS (CLASIFICACIÓN).....	32

IV.1.1 Capadare, estado Falcón .....	32
IV.1.2 Depósitos de Lizardo, estado Falcón .....	35
IV.1.3 Macuere, estado Lara .....	40
IV.1.4 Comparación entre las zonas .....	45
IV.1.5 Aspectos generales.....	46
IV.2 CORRELACIÓN POR MACROZONAS .....	49
IV.3 LITOFACIES.....	50
IV.3.1 Generalidades.....	50
IV.3.2 Capadare, edo. Falcón.....	50
IV.3.3 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.....	51
IV.3.4 Macuere, edo. Lara .....	54
V.3.5 Comparaciones de las zonas.....	59
IV.4 ESQUEMA EVOLUTIVO DE LA SEDIMENTACIÓN.....	60
IV.4.1 Capadare, edo. Falcón.....	60
IV.4.2 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.....	61
IV.4.3 Macuere, edo. Lara. ....	61
IV.4.4 Discusiones .....	62
IV.5 RELACIÓN ESTRUCTURAL.....	63
IV.6 DIAGÉNESIS .....	65
IV.5.3 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.....	67
IV.5.4 Macuere, edo. Lara. ....	68
IV.5.5 Comparación entre las áreas estudiadas.....	72
IV.7 PROCEDENCIA.....	72
IV.7.1 Generalidades.....	72
VI.7.2 Asociación litológica .....	73
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>VII. APÉNDICES.....</b>	<b>83</b>
7.1 Apéndice I. Consideraciones teóricas (definiciones) .....	83
7.2 Apéndice II. Observaciones petrográficas. Depósitos de Lizardo, estado Falcón. 91	
7.3 Apéndice III. Observaciones petrográficas. Capadare, estado Falcón. ....	95
7.4 Apéndice IV. Observaciones petrográficas. Macuere, estado Lara.....	115
<b>VI. ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación de la Formación Capadare con base cartográfica del mapa generalizado de Pernía & Tirado (2011) generado de los mapas de la Creole Petroleum Corporation, hojas C-5 y C-6. ....	4
Figura 2. Esquema metodológico .....	8
Figura 3. Evolución de la cuenca pull apart en el noroccidente de Venezuela. (Tomado de Rodríguez, J. & Sousa, J. 2003) .....	14
Figura 4. Estructura tipo graben, dado por fallas normales paralelas de buzamiento opuesto. (Tomado de <a href="https://www.americaspace.com/2012/02/20/nasa-spacecraft-reveals-recent-geological-activity-on-the-moon/623707main_p1_graben_diagram_lgweb/">https://www.americaspace.com/2012/02/20/nasa-spacecraft-reveals-recent-geological-activity-on-the-moon/623707main_p1_graben_diagram_lgweb/</a> ) .....	15
Figura 5. Modelo de orógeno en flotación para la Cuenca Falcón-Bonaire. A) Configuración tectónica para el Paleoceno-Eoceno Medio. B) Configuración tectónica para el Eoceno Superior. SB: Surco de Barquisimeto, CP: Cuenca 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. (Tomado de González, 2009) .....	18
Figura 6. Tabla de correlación de la estratigrafía del Eoceno Superior - Reciente, para el área de la Cuenca de Falcón (Tomado de P. González, 2009) .....	19
Figura 7. Configuración de la cuenca de Falcón para el Oligoceno (Tomado de González, 2009).....	20
Figura 8. Configuración de la cuenca de Falcón durante el Mioceno Inferior (Tomado de González, 2009).....	21
Figura 9. Configuración de la cuenca de Falcón durante el Mioceno Medio a Superior. (Tomado de González, 2009) .....	22
Figura 10. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) (izquierda) y Dunham (1962) (derecha). Capadare, estado Falcón. ....	33
Figura 11. Grupo de rocas clasificadas según la abundancia de su contenido fósil: a) Muestra CP-61, packstone que pertenece al primer grupo. b) Muestra CP-39, packstone que pertenece al segundo grupo. c) Muestra CP-34, grainstone que pertenece al tercer grupo.....	34

Figura 12. Gráfico de distribución de litologías según los resultados petrográficos para la zona de Lizardo, estado Falcón. ....	35
Figura 13. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) (izquierda) y Dunham (1962) (derecha). Depósitos de Lizardo, estado Falcón. ....	36
Figura 14. Grupo de rocas clasificadas según la abundancia de su contenido fósil: a) Muestra CP-29, packstone que pertenece al primer grupo. b) Muestra CP-48, wackestone que pertenece al segundo grupo. c) Muestra CP-45, grainstone que pertenece al tercer grupo. ....	37
Figura 15. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Lizardo, edo. Falcón. ....	38
Figura 16. Rocas híbridas en los depósitos de Lizardo según Mount (1985). Muestra CP-46: caliza aloquímica arenosa (izquierda). Muestra CP-47: micrita arenosa (derecha). ..	39
Figura 17. Roca fosfática. Muestra CP-38 en nicoles paralelo (izquierda) y en nicoles cruzados (derecha). ....	40
Figura 18. Distribución de litologías según resultados petrográficos. Macuere, edo. Lara .....	40
Figura 19. Clasificación de rocas carbonáticas según Folk (1962) y Dunham (1962). Macuere, edo. Lara .....	41
Figura 20. Proceso de dolomitización en muestra CP-18 en nicoles cruzados. ....	42
Figura 21. Contenido variado de aloquímicos observados en la muestra CP-22 (izquierda, np) y muestra CP-26 (derecha, nx). ....	43
Figura 22. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Macuere, edo. Lara .....	44
Figura 23. Variedad de porosidades observadas en las muestras de la Formación Capadare (izquierda en NP y derecha en NX). a) Porosidad por disolución en muestra CP-5 de la quebrada La Isla, Macuere, estado Lara. b) Porosidad móldica en muestra CP-22 del Cerro Mirimire, Capadare, estado Falcón. c) Porosidad en canal observada en la muestra CP-9A del Cerro Capadare, estado Falcón .....	47
Figura 24. Ejemplos de reemplazamiento por fosfatización (izquierda en NP, derecha en NX). a) Fosfatización en fragmento de alga en la muestra CP-5 del Cerro Capadare, edo. Falcón. b) Fosfatización en fragmento de alga en la muestra CP-4 de Macuere, edo. Lara. ....	48
Figura 26. Silicificación en muestra CP-11 de la quebrada La Isla, Macuere, edo. Lara (izquierda en NP, derecha en NX). ....	49

Figura 25. Ejemplos de reemplazamiento por glauconitización. a) Glauconitización en la muestra CP-48 y b) Glauconitización en fragmento de aloquímico en la muestra CP-5. Ambas muestras son del Cerro Capadare, edo. Falcón. ....	49
Figura 27. Columna generalizada de la sección levantada en Capadare, estado Falcón ..	52
Figura 28. Columna generalizada de la sección levantada al norte de Tucacas (Lizardo), estado Falcón. ....	53
Figura 29. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies I definida. ....	56
Figura 30. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies II definida. ....	57
Figura 31. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies III definida. ....	58
Figura 32. Bloque diagramático general de la sedimentación de las zonas en estudio. Sin escala. ....	63
Figura 33. Corte geológico generalizado de la región de Mirimire. (Tomado y modificado de Lorente, M (1978)). ....	64
Figura 34. Corte geológico generalizado de una zona al norte de Tucacas (Tomado y modificado de Lamus, A. & La Cruz, Neri (1986)) ....	64
Figura 35. Fragmento de molusco fracturado en muestra CP-48 en NX del Cerro Capadare, edo. Falcón. ....	66
Figura 36. Recristalización de la composición original del foraminífero bético <i>Amphistegina</i> sp. a) Muestra CP-61 del Cerro Mirimire, edo Falcón. b) Muestra CP-36 del Cerro Capadare, edo Falcón. ....	67
Figura 37. Ejemplos de cementos equigranular o mosaico (fotomicrografías en nícoles cruzados). a) Muestra CP-2 y b) Muestra CP-8, ambas de la quebrada La Isla. c) Muestra CPT-11 de la quebrada La Torta. ....	69
Figura 38. Compactación en Muestra CP-7A de la quebrada La Isla. Presenta gran cantidad de fósiles muy próximos entre ellos. ....	70
Figura 39. Ejemplos de inversión heteroaxial en fragmentos de moluscos (fotomicrografías en nícoles cruzados). Muestra CP-7B (quebrada La Isla, izquierda) y Muestra CPT-11 (quebrada La Torta, derecha). ....	71
Figura 40. Poliquetos (anélidos) observados en muestra CP-5 de la quebrada La Isla, Macuere, edo. Lara. ....	71

Figura 41. Distintos componentes extraclásticos. Muestra CPT-7(izquierda) de la quebrada La Torta y muestra CP-18 de la quebrada La Isla (derecha), ambas en la región de Macuere, edo. Lara (imágenes en nícoles cruzados) .....	73
Figura 42. Ejemplo de fragmento de cuarzo en muestra CP-23 de Macuere, edo. Lara (izquierda en NP, derecha en NX).....	74
Figura 43. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962).....	86
Figura 44. Clasificación textural de rocas carbonáticas según Folk (1962) .....	88
Figura 45. Tetraedro propuesto por MOUNT (1985) que muestra las 8 subdivisiones de sedimentos .....	89
Figura 46. Esquema propuesto por MOUNT (1985) para la clasificación de rocas híbridas .....	90

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Secciones finas estudiadas de la Formación Capadare .....	<b>11</b>

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **I.1 GENERALIDADES**

La Formación Capadare, objeto de investigación de este proyecto, se sitúa dentro de la Cuenca de Falcón. Dicha cuenca se extiende sobre el noroccidente de Venezuela, abarcando un área de 26.000 km<sup>2</sup> aproximadamente y cubre casi en su totalidad al estado Falcón, el este del estado Zulia y ciertas áreas al norte de los estados Lara y Yaracuy. La compleja evolución geológica de la Cuenca de Falcón la convierte en un modelo conveniente para el estudio de procesos tectónicos, sedimentológicos y estratigráficos. También es importante destacar que el potencial interés de explotación petrolera en la Cuenca de Falcón produjo la perforación de 200 pozos exploratorios y la adquisición de más de 12.000 km de líneas sísmicas (BOESI & GODDARD, 1991) durante el periodo comprendido entre 1912 y 1980. En general, la exploración geológica se enfocó en la planicie costera y áreas cercanas a la costa del noroeste de Venezuela, mientras que la región interna del estado Falcón sigue estando poco estudiado. Sin embargo, son numerosos los trabajos investigativos e informes que arrojaron años de estudios de la cuenca por parte de diferentes autores como GONZÁLEZ DE JUANA (1938), MACELLARI (1995), WHEELER (1963), BOESI & GODDARD (1991), AUDEMARD (1995), GHOSH et al. (1997), PORRAS (2000), entre otros, en donde se presentan los diferentes modelos evolutivos que pretenden explicar su génesis y estratigrafía, lo que ha creado discrepancias y falta de unificación de criterio entre varios autores a lo largo de muchos años; no obstante, la mayoría de estos autores concuerdan que para el periodo Mioceno dentro de la cuenca se desarrollaron cuerpos aislados de carbonatos (Formación Capadare).

## **I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Formación Capadare se compone de grandes cuerpos carbonáticos aislados, dispuestos de manera subhorizontal y claramente distintivos; esta ha sido estudiada especialmente en su localidad tipo en el cerro Capadare, municipio Acosta del estado Falcón. Según DÍAZ DE GAMERO (1985) ofrece las mejores exposiciones y puede muestrearse con facilidad en toda su extensión vertical, lo que en un inicio produjo el nombramiento informal de esta formación como “Capadare-serie” a los cuerpos calcáreos que afloran al norte del oriente del estado Falcón (WIEDENMAYER, 1924). También fue estudiada en las secuencias que afloran en los cerros Mirimire, Jacura, Píritu y El Caballo; no obstante, la información que existe de otras zonas donde aflora esta formación es muy general, dispersa y variable de acuerdo a distintos autores, desde el punto de vista de nomenclatura, miembros y correlaciones; lo que no permite establecer de manera consolidada la relación entre los cuerpos dispuestos al norte con los de la parte sur de la cuenca; es por ello, que este trabajo pretende unificar criterios con base a una recopilación bibliográfica, soportada por un análisis sedimentológico del área total comprendida por la formación en estudio.

En relación a las unidades estratigráficas es común encontrar nombres inválidos o informales, descripciones litológicas que varían dependiendo de los autores, lo que genera confusión y contradicciones, además el mapa geológico de la zona data del año 1962. Por lo antes mencionado, es pertinente ordenar y actualizar las unidades, para lograr un marco sedimentológico más preciso de la Formación Capadare.

## **I.3 JUSTIFICACIÓN**

En el área no está claramente definida la relación sedimentológica que contemple las diferencias litológicas a lo largo y ancho de la Formación Capadare. Por ello esta investigación apunta a dar respuesta a dichas variaciones litológicas apoyándose en un modelo que pueda sintetizar toda la información disponible por diferentes autores y ser un marco de referencia que permita aclarar las incongruencias para futuras investigaciones.

Es por ello que el estudio petrográfico de secciones finas es esencial para la construcción del modelo sedimentológico que expondrá los factores que intervinieron en la depositación de estas rocas sedimentarias, su formación y la relación que guarda con su entorno, para así poder establecer los límites de estas variaciones litológicas dentro de la formación. Para este estudio se analizaron petrográficamente 61 secciones finas.

#### **I.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Con el presente trabajo se pretende caracterizar las rocas carbonáticas de la zona comprendida por la Formación Capadare para reconstruir las condiciones de sedimentación y ambientes diagenéticos por medio del análisis sedimentológico, correlación litoestratigráfica, relación espacial y paleoambiente de la Cuenca de Falcón, así como también la extensión geográfica aflorante de dicha formación.

#### **I.5 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Los mapas geológicos de la *Creole Petroleum Corporation* de 1962 permiten estimar que la Formación Capadare se dispone dentro de la Cuenca de Falcón, ya que sus secuencias litoestratigráficas se observan a lo largo del oriente Falconiano, al noreste de Lara y noroeste de Yaracuy. La figura 1 muestra la ubicación de la zona de estudio, al mismo tiempo refleja la distribución cartográfica de la Formación Capadare propuesta en la recopilación de los mapas geológicos de la *Creole Petroleum Corporation* a escala 1:50.000 y en donde se exhibe la disposición espacial con orientación este-oeste aproximadamente y su extensión en varios estados.

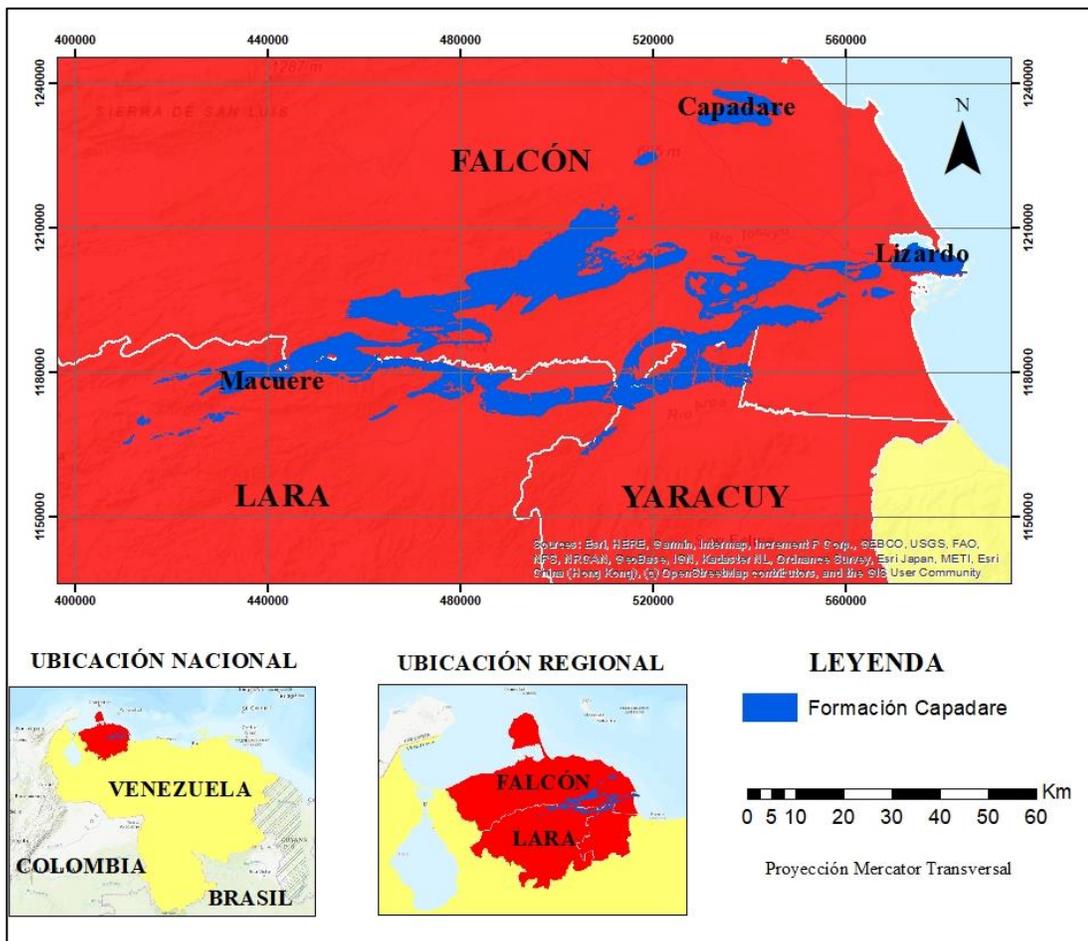


Figura 1. Ubicación de la Formación Capadare con base cartográfica del mapa generalizado de Pernía & Tirado (2011) generado de los mapas de la Creole Petroleum Corporation, hojas C-5 y C-6.

## I.6 OBJETIVOS

### I.6.1 Objetivo General

Analizar la evolución sedimentológica de la Formación Capadare en la Cuenca de Falcón, mediante la integración de datos de geología de superficie, petrografías y secciones estratigráficas.

## **I.6.2 Objetivos Específicos**

- Actualizar la cartografía geológica a escala 1:25000 del área de afloramientos de la Formación Capadare.
- Analizar bajo microscopio petrográfico muestras del área de trabajo recolectadas en trabajos previos, con el fin de contribuir con la caracterización de las microfacies definidas.
- Contribuir en la caracterización de los fenómenos diagenéticos a partir de la reinterpretación de los análisis petrográficos de las muestras tomadas en trabajos previos.
- Efectuar una revisión bajo el microscopio petrográfico de los componentes extraclásticos existentes en los carbonatos estudiados para establecer posibles fuentes de aporte sedimentario siliciclástico.
- Elaborar un modelo sedimentológico a partir de la integración de información de geología de superficie y datos analizados.

## **I.7 ANTECEDENTES**

La Formación Capadare fue objeto de estudio previamente a Lorente, en donde se menciona la existencia o presencia de la misma. Sin embargo, no era catalogada formalmente como una formación, en algunos casos era tomada como miembro de otras formaciones o las descripciones solo se limitaban al área que ahora representa su localidad tipo; por estas razones no fueron reseñadas.

**LORENTE (1978).** *“La caliza de Capadare y sus relaciones con la cuenca de Agua Salada, edo. Falcón”*; estudió las rocas carbonáticas aflorantes entre las poblaciones de Capadare y Mirimire catalogadas como Caliza de Capadare, para conocer las relaciones existentes con la parte norte de la cuenca de Agua Salada, mediante un estudio petrográfico y de la microfauna para identificar el tipo de desarrollo carbonático y las zonas bioestratigráficas existentes que permitan datar los episodios ocurridos en la cuenca. Además, propuso establecer formalmente como

Formación Capadare a la llamada en la literatura Caliza de Capadare, tras corroborar que es una facies carbonática dentro del Grupo Agua Salada.

**DÍAZ DE GAMERO (1985).** *“Estratigrafía de Falcón Oriental”*; investiga la secuencia estratigráfica de la región nororiental de Falcón por medio de datos obtenidos en Trabajos Especiales de Grado, reestudio de muestras, criterios sedimentológicos y la utilización de microfauna de foraminíferos; interpretando así la historia geológica de la región y encontrando que la Formación Capadare son masas aisladas de calizas que se formaron como plataformas carbonáticas lejos de la zona costera y alrededor de un mar relativamente profundo.

**LAMUS, A., LA CRUZ, N. & SCHERER, W. (1989).** *“Estudio geológico y ubicación de depósitos de fosfato al norte de Tucacas, Distrito Silva, estado Falcón”* realizan el estudio geológico de una zona al norte de Tucacas, en la parte oriental del estado Falcón. En esta zona indican que se encuentra una secuencia carbonática de unos 144 metros aflorando, compuesta por calizas, calizas dolomíticas y calizas fosfáticas, que forma parte de la Formación Capadare, con edad Miocena y depositada en un periodo de regresión marina con intervalos de transgresión, en un ambiente de plataforma con una profundidad que no sobrepasó los 150 metros. Además, recalcan la importancia geoeconómica de los yacimientos de calizas fosfáticas de Lizardo, acusando buenas condiciones de explotabilidad y con reservas en el orden de los 39 millones de toneladas métricas de roca de alto tenor fosfórico.

**LÓPEZ (2005).** *“Integración y actualización geológico cartográfica de una zona ubicada al noreste del estado Falcón entre los distritos: Zamora, Acosta, Miranda y Colina”*; compila e integra estudios geológicos existentes entre los distritos Zamora, Acosta, Miranda y Colina del estado Falcón para generar una actualización de la información geológica-cartográfica de la zona. Agrupa y describe a las unidades litoestratigráficas que caracterizan su zona de estudio en orden ascendente, encontrándose dentro de este grupo a la Formación Capadare. Así mismo, elabora paneles de correlación a partir de columnas estratigráficas, arrojando que la Formación Capadare se correlaciona cronoestratigráficamente con el Miembro Huso de la Formación Pozón, al este.

**PENÍN & VILLARROEL (2005).** *“Integración y actualización geológica del área de Jacura y Capadare, estado Falcón”*; unifican los estudios geológicos que han sido realizado por diferentes autores al noreste del estado Falcón, entre la población de Jacura y Capadare, para la obtención de una actualización geológica-cartográfica. Reúnen a las unidades litoestratigráficas presentes en su zona de estudio conforme a su edad, presentando una descripción amplia de las secuencias sedimentarias, donde incluyen a la Formación Capadare. Basándose en fotointerpretación y data geológica obtenida en campo, redefinen el contacto de la Formación Capadare.

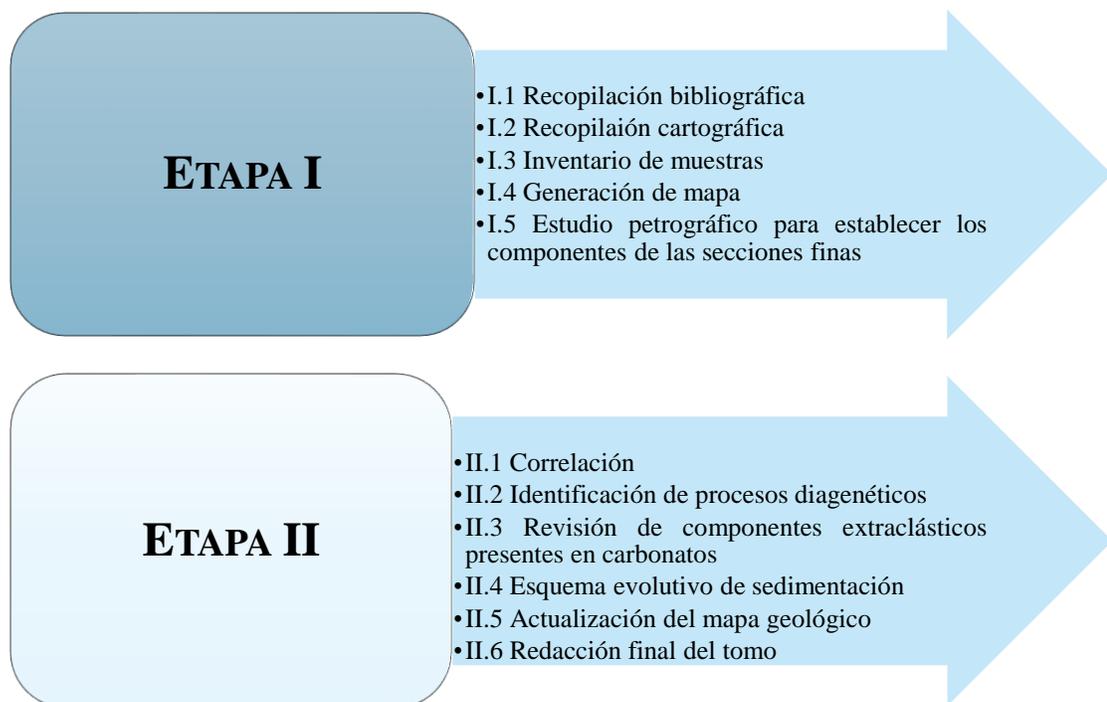
**PERNÍA & TIRADO (2011).** *“Caracterización geológica y análisis sedimentológico de la Formación Capadare en las regiones de Macuere, estado Lara y Riecito, estado Falcón”*; plantean la caracterización geológica y el análisis sedimentológico de la Formación Capadare a partir del levantamiento geológico del cerro Riecito en el estado Falcón y la región de Macuere en el estado Lara. Establecen por medio de correlaciones y columnas litoestratigráficas, tres litofacies para la sección levantada de Macuere (Facies I, roca híbrida intercalada con carbonato limpio; Facies II, roca híbrida intercalada con limolita y niveles de arenisca; y Facies III, roca carbonática compacta intercalada con lutita) y cuatro litofacies para Riecito (Facies I, rocas híbridas con niveles carbonáticos; Facies II, carbonato tipo caliza lodogranular (packstone); Facies III, rocas híbridas con niveles de carbonatos limpios, ambas con fosfatización lenticular; y Facies IV, intercalación de carbonatos tipo caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular). También clasificaron en orden de abundancia los litotipos y asociaron para la secuencia una diagénesis de intermedia a levemente tardía. Generaron un esquema de sedimentación condicionado por variaciones en el nivel del mar y paleogeografía, donde definieron varios ambientes de depositación entre laguna interna proximal a la línea de costa y delante del arrecife. De igual forma, realizaron el estudio de la fracción siliciclástica contenida en las rocas híbridas, permitiendo a través de la asociación litológica designar como roca fuente a: el Gneis de Yaritagua, la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare y el Esquisto de Aroa. Finalmente, describen a la Formación Capadare como una secuencia de rocas carbonáticas fosilíferas y niveles dolomíticos, intercaladas con rocas híbridas y niveles de lutita.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### II.1 METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos etapas (ver Fig. 2) siguiendo el cumplimiento de varias actividades. La primera etapa se llevó a cabo mediante la revisión de material bibliográfico, cartográfico, petrográficos, pozos, etc., estos datos se recopilaron de un conjunto de investigaciones realizadas; mientras que en la segunda etapa se procedió a la interpretación y realización del esquema evolutivo sedimentológico junto a la actualización del mapa geológico.



*Figura 2. Esquema metodológico*

### II.1.1 Etapa I

– **Recopilación bibliográfica:** Esta actividad se efectuó a través de la búsqueda, revisión y selección de fuentes de información bibliográfica de interés de la zona en estudio; la cual comprendió la recopilación de publicaciones hechas en trabajos especiales de grado, congresos geológicos nacionales e internacionales, boletines geológicos de fuentes confiables, artículos en publicaciones seriales, y cualquier otra información al respecto.

Se buscó en la bibliografía a los autores que contemplaron los diferentes aspectos geológicos de la Formación Capadare, así como también del este de la Cuenca de Falcón, cuyos aportes sirvieron para definir aspectos sedimentológicos, y además fueron de apoyo para el desarrollo del presente estudio por medio de las semejanzas y diferencias en la información que presentaron estos autores.

– **Recopilación cartográfica:** se realizó análogamente a la recopilación bibliográfica, y en ella se seleccionaron los distintos mapas topográficos y geológicos del área en estudio. Este trabajo utilizó dos mapas topográficos producidos por Cartografía Nacional a escala 1:25.000 de siglas 6448 y 6449. En el caso de los mapas geológicos fueron tomados en cuenta los generados en los trabajos especiales de grado de LORENTE (1978), PERNÍA & TIRADO (2011), LAMUS & LA CRUZ (1986), además el realizado por KUGLER (1989) para MARAVEN.

Asimismo, se incorporaron datos geológicos obtenidos de una campaña de campo realizada por el Prof. Lenin González, la cual aportó descripciones y muestras.

– **Inventario de secciones finas:** se revisaron secciones finas (68) para comprobar su estado y posterior a ello se seleccionaron 61 secciones de estas, siendo las que aportaron mayor información y se encontraban en un óptimo estado para su estudio, además se verificó la numeración y ubicación de las mismas en columnas y mapa, por medio de los trabajos especiales de grado de LORENTE (1978) y PERNÍA & TIRADO (2011).

– **Generación de mapa:** para esta tarea se trabajó con un *software* que permite el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para este caso fue seleccionado ArcGis en su versión 10.5. Fue elaborado un mapa a escala 1:150.000 de fondo aportado por imagen satelital y georreferenciado para mostrar mediante la vectorización de polígonos irregulares la extensión total de la Formación Capadare. Asimismo, se generó un mapa para plasmar la ubicación de las muestras estudiadas.

– **Estudio petrográfico para establecer los componentes de las secciones delgadas:** se efectuó en 61 secciones finas (ver tabla 1) por medio del uso de un microscopio petrográfico convencional de luz polarizada, donde se estudiaron e identificaron porcentualmente los componentes principales de rocas carbonáticas, donde se tienen aloquímicos, ortoquímicos (matriz y cemento), tipo de extraclastos, tipo de porosidad (primaria y secundaria) y aspectos diagenéticos. Se registró toda la información en tablas organizadas en cada zona estudiada (ver Anexo 8.1. Tablas de resultados petrográficos). También se capturaron imágenes microscópicas de las características y detalles más relevantes de las muestras para agregar al apéndice petrográfico.

### **Criterios para la clasificación litológica**

Una vez estimado el valor porcentual de los componentes principales en la etapa anterior, se procedió a la clasificación de las muestras tomando en cuenta dos aspectos:

- a. Si el porcentaje de extraclásticos es menor o igual al 10%, se considera como un carbonato puro y se clasificara de acuerdo a DUNHAM (1962) y FOLK (1962).
- b. Si el porcentaje de extraclásticos es mayor al 10%, se considera como una roca híbrida y se hace la clasificación según MOUNT (1985).

SECCIONES FINAS SEGÚN LAS ZONAS EN DONDE SE UBICAN							
Estado Falcón					Estado Lara		
Capadare				Lizardo	Macuere		
Cerro Capadare		Cerro Mirimire		Cerro Lizardo	Qda. La Isla		Qda. La Torta
CP-3	CP-39	CP-13	CP-59	CP-29	CP-1	CP-18	CPT-3
CP-5	CP-40	CP-14	CP-61	CP-38	CP-2	CP-19	CPT-4
CP-9a	CP-41	CP-15	CP-63	CP-45	CP-4	CP-20	CPT-5
CP-10	CP-42b	CP-21	CP-65	CP-46	CP-5	CP-21	CPT-6a
CP-34	CP-43	CP-22	CP-66	CP-47	CP-7a	CP-22	CPT-7
CP-36	CP-46	CP-23	CP-67	CP-48	CP-7b	CP-23	CPT-11
CP-37	CP-48	CP-56	CP-68		CP-8	CP-23a	
CP-38		CP-57	CP-70		CP-9	CP-24	
					CP-11	CP-26	

Tabla 1. Secciones finas estudiadas de la Formación Capadare

## II.1.2 Etapa II

- **Correlación:** la Formación Capadare fue correlacionada mediante la información brindada por las columnas estratigráficas generadas en los trabajos de grado de Lorente (1978), Lamus & La Cruz (1986) y Pernía & Tirado (2011). De esta manera, se podrán establecer las condiciones de sedimentación de la Formación Capadare y proponer un esquema evolutivo de depositación y etapas diagenéticas tanto a nivel particular por cada sección como a nivel general.
- **Identificación de procesos diagenéticos:** a partir del reconocimiento de los procesos que alteraron a las rocas como la compactación, cementación, presión-disolución, recristalización, porosidad, glauconitización, fosfatización, entre otros, se interpretaron y establecieron los ambientes diagenéticos.

- **Revisión de componentes extraclásticos presentes en carbonatos:** tras el estudio llevado a cabo en la fase del estudio petrográfico, fueron seleccionadas las secciones finas que presentaron un porcentaje de componentes extraclásticos superior o igual al 20%, y con ello se establecieron las posibles fuentes de aporte clástico de la cuenca.
  
- **Esquema evolutivo de sedimentación:** con base a la integración de los datos generados e interpretados en apartados previos se definió el esquema evolutivo sedimentológico en el área de desarrollo de la Formación Capadare mediante la observación de características mineralógicas y texturales de la roca, tamaño y morfología del grano, madurez textural, grado de bioturbación y estructuras sedimentarias para la reconstrucción del ambiente de sedimentación y las facies propias del ambiente, donde se vincularon parámetros como espesores, diseño interno, distribución y geometría de los cuerpos sedimentarios, partiendo de las correlaciones realizadas entre las secciones estudiadas.
  
- **Actualización del mapa geológico:** fue realizado a través del programa ArcGIS 10.5 a partir de la georreferenciación de los mapas geológicos de la *Creole Petroleum Corporation* (Hojas C-5 y C-6) a escala 1:50.000, donde se delimitó la extensión de la Formación Capadare en un mapa regional a escala 1:150.000 con aporte del mapa generalizado generado por PERNÍA & TIRADO (2011), así como también dentro de ella en mapas a detalle a escala 1:25.000.
  
- **Redacción final del tomo:** posterior al análisis e interpretaciones geológicas finales fue plasmada de forma ordenada y lógica toda la información generada del trabajo de investigación, cumpliéndose todos los objetivos pautados, y con ello fue desarrollado el capítulo dedicado a las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, se realizó la redacción final del tomo para dar lugar al trabajo especial de grado con toda la información integrada y cumpliendo con los parámetros exigidos.

## CAPÍTULO III

### MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

#### III. 1 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

La cuenca de Falcón es muy compleja a lo largo de su evolución tectónica, es por ello que cuenta con diversos modelos estructurales que intentan explicar la génesis de esta, además evidencia la disyuntiva que existe entre los autores que la han estudiado. A continuación, se describe brevemente el principio de los modelos estructurales más destacados:

##### III.1.1 Modelo Pull-apart

Propuesta por BOESI & GODDARD (1991), indican que la historia geológica de la Cuenca de Falcón parte de la formación de una cuenca *pull-apart* (ver Fig. 3), limitada por las placas Suramericana y del Caribe, con orientación este-oeste y con desplazamiento de componente dextral, por lo que la sedimentación está controlada principalmente por tectonismo, evidenciado por los datos estratigráficos y estructurales; a su vez por dichos esfuerzos corticales de desplazamiento se desarrollaron tres sistemas estructurales.

El primer sistema estructural consiste en el origen de una serie de fallas normales con rumbo que generan *horst* y *graben*, evidenciando la extensión de la cuenca durante el periodo Oligoceno-Mioceno. El segundo sistema es el anticlinorio de Falcón que incluye pliegues paralelos de rumbo este-noreste, localizado en el centro de la cuenca. El tercer sistema estructural está asociado a la actividad de fallas transcurrentes dextrales de rumbo este-oeste, donde la falla de Oca es la más importante.

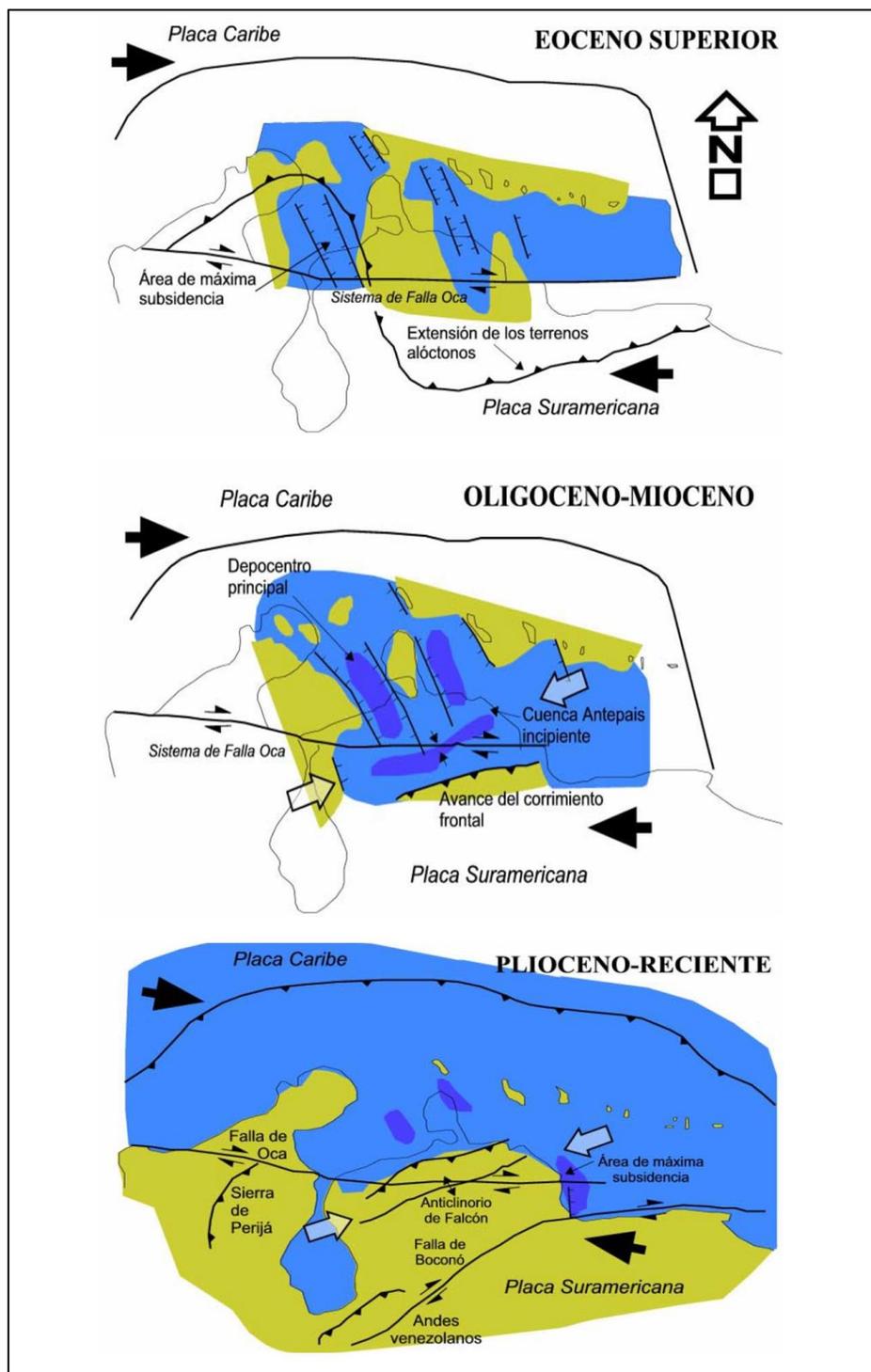


Figura 3. Evolución de la cuenca pull apart en el noroccidente de Venezuela. (Tomado de Rodríguez, J. & Sousa, J. 2003)

### III.1.2 Modelo de Rifting e Inversión

AUDEMARD (1995) señala que el desplazamiento hacia el norte de la sedimentación de la cuenca de Falcón evidencia claramente el proceso de inversión tectónica de la misma, y explica su evolución tectónica indicando varias fases resumidas a continuación:

#### Fase 1: Rifting Oligoceno-Mioceno Inferior

A partir del Oligoceno, como consecuencia de un margen regional de esfuerzos distensivos se estructura la cuenca de Falcón, desarrollándose un graben (ver Figura 4) estrecho y muy alargado en dirección este-oeste, cuyos primeros depósitos se ubican hacia el este (Formación Cerro Misión).

Este *goben* es limitado por fallas normales de buzamiento opuesto, donde evoluciona debido al ensanchamiento en un *rift* en el cual ocurrieron eventos intrusivos y vulcanismo submarino motivado a un adelgazamiento crustal.

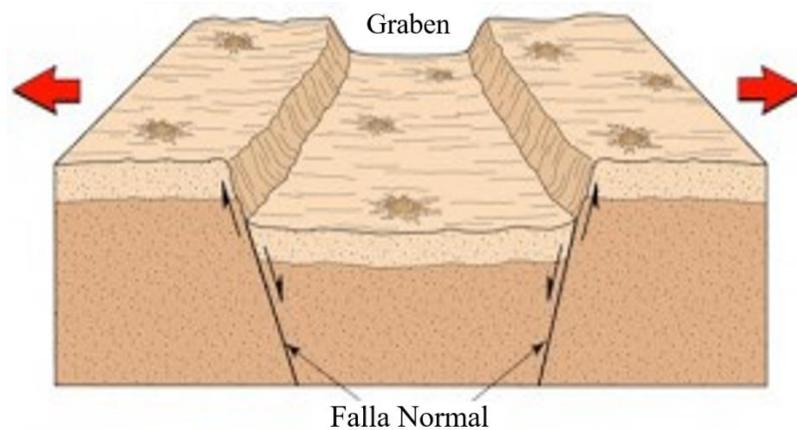


Figura 4. Estructura tipo graben, dado por fallas normales paralelas de buzamiento opuesto. (Tomado de [https://www.americaspace.com/2012/02/20/nasa-spacecraft-reveals-recent-geological-activity-on-the-moon/623707main\\_p1\\_graben\\_diagram\\_lgweb/](https://www.americaspace.com/2012/02/20/nasa-spacecraft-reveals-recent-geological-activity-on-the-moon/623707main_p1_graben_diagram_lgweb/))

La sedimentación durante este periodo Oligo-mioceno se vio marcada por la invasión marina desde el este, hasta alcanzar la plataforma de Dabajuro al oeste. De manera general la depositación en este periodo se ve dominada por la geometría de la

cuenca, en el eje sometido a subsidencia se deposita material marino profundo, en los bordes sur y oeste se sedimentan facies marinas que pasan progresivamente a sedimentos con influencia terrígena y una unidad de calizas de plataforma.

### **Fase 2: Cierre de la cuenca de Falcón**

La cuenca de Falcón inició su cierre en el límite entre el Mioceno Inferior y el Mioceno Medio, donde se distinguen tres fases tectónicas de diferente edad, desde un punto de vista general, como lo son:

- Mioceno Medio a Superior: durante este periodo ocurre la inversión positiva de la cuenca, la cual fue originada por un campo de esfuerzos subhorizontales que deformó a la misma en un gran anticlinorio acompañado de pliegues cilíndricos; tal deformación es la que conlleva a que los procesos sedimentarios se desplacen hacia el flanco norte del anticlinorio, con sedimentación de secuencias de llanura costera y de plataforma marina.
- Mioceno – Plioceno: En esta fase se origina las discordancias entre formaciones como La Puerta superior, Codore y El Veral con las Formaciones La Puerta inferior, Urumaco y Caujarao. Esta discordancia regional no es observable en la Plataforma de Coro, lo cual sugiere que la zona estuvo sometida a una fase continua de compresión en el límite Mio-Plioceno, ya que no se observa los distintivos esfuerzos de dirección N110-120° de esta fase tectónica. El surco de Urumaco se invierte por la compresión asociada a la transurrencia del sistema de fallas Oca-Ancón y al campo de esfuerzos dominantes en esta fase tectónica. La secuencia sedimentaria es generalmente marina, en el área oriental al fin existe un cambio de marino profundo a sedimentos de plataforma interna.
- Plioceno – Pleistoceno - Cuaternario: el régimen tectónico continúa siendo compresivo y caracterizado por esfuerzos máximos ubicados en el cuadrante NW, aunque esta es la fase más sub-meridiana de las tres. Esta fase es la responsable de la configuración actual de la cuenca y de la actividad cuaternaria hoy día activa. La Formación La Vela está verticalizada debido a que la

sedimentación de la Formación Coro produjo su basculamiento progresivo. Las secuencias sedimentarias son continentales menos en las áreas sumergidas.

### **III.1.3 Modelo de Orógeno en flotación**

PORRAS (2000) indica que la Cuenca de Falcón y su extensión costa afuera hacia la Fosa de Bonaire, se desarrolló a partir del Eoceno Tardío como resultado de un colapso tectónico detrás de un arco de islas, en un orógeno en flotación que colisionó oblicuamente con el extremo norte de la Placa Suramericana y se suturó diacrónicamente de oeste a este entre el Cretácico Superior hasta inicios del Mioceno Inferior, dando origen a una serie de estructuras extensionales de tipo “grabens” y “half-grabens” con un sentido preferencial este-oeste. En la figura 5 se muestra la configuración de la cuenca propuesta por PORRAS (2000) para el periodo Paleoceno-Eoceno Medio y para el Eoceno Superior.

Posteriormente, se origina la inversión tectónica de forma progresiva de suroeste a noreste de la Cuenca de Falcón a finales de Mioceno Inferior hasta el Mioceno Superior a causa del levantamiento andino, causando el avance de la línea de costa y el cierre progresivo de la cuenca, generándose en la porción centro-occidental de la cuenca el anticlinorio de Falcón. Durante este período se sedimentaron las formaciones Socorro, Caujarao, La Vela y sus equivalentes laterales en un periodo regresivo.

Para el Plioceno el avance del frente de deformación andino alcanzó la costa oriental actual del estado Falcón, provocando en el proceso la desestabilización de taludes preexistentes y la generación de fallas normales lítricas con buzamientos hacia la cuenca que culminaron en estructuras compresivas de pie de talud. Para este periodo se señala el cierre de la porción occidental de la cuenca, donde la depositación estuvo dada por las secuencias de las formaciones Codore, La Vela y El Veral, de oeste a este, evidenciando condiciones de mar abierto en el este y cierre de cuenca en el oeste.

Finalmente, en el Plioceno Superior–Pleistoceno, el régimen tectónico transtensivo de los sistemas de fallas de Boconó y San Sebastián dieron lugar a estructuras extensionales.

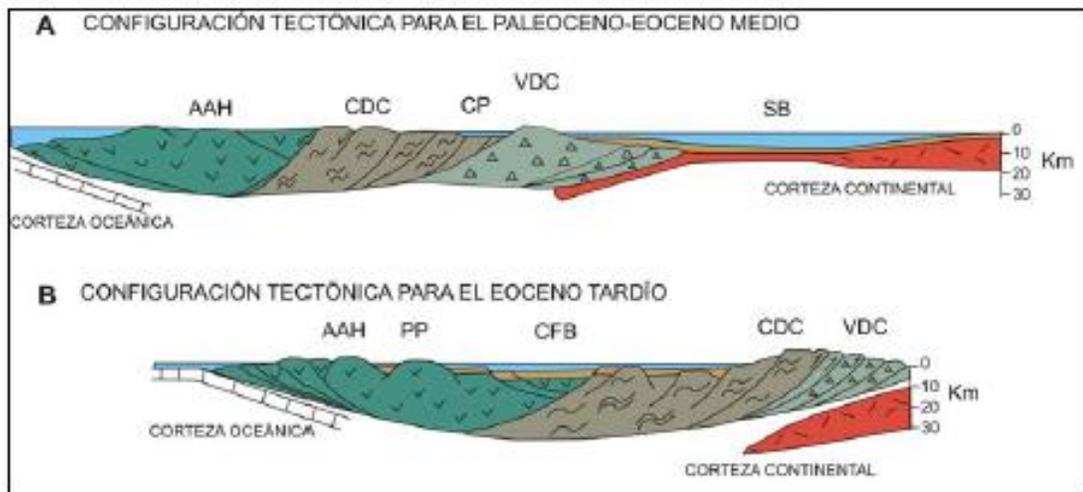


Figura 5. Modelo de orógeno en flotación para la Cuenca Falcón-Bonaire. A) Configuración tectónica para el Paleoceno-Eoceno Medio. B) Configuración tectónica para el Eoceno Superior. SB: Surco de Barquisimeto, CP: Cuenca Retroarco de Paracotos, VDC: Arco de islas de Villa de Cura, CDC: Terrenos de la 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. (Tomado de González, 2009)

### III.2 SEDIMENTACIÓN Y TECTÓNICA DE LA CUENCA DE FALCÓN

Estudios realizados por *GHOSH et al.* (1997) y *MACELLARI* (1995), indican que las zonas de depositación de mayor espesor de la Cuenca de Falcón variaron en el tiempo como consecuencia de la dinámica del marco tectónico de la región; para explicar esta dinámica se han establecido cinco etapas de actividad sedimentaria.

#### **Primera etapa: Eoceno Inferior**

Para este momento la Cuenca de Falcón estaba muy enlazada con la Cuenca de Maracaibo, por lo tanto, la actividad tectónica tenía un impacto en la sedimentación de ambas cuencas por igual, esto se evidencia porque los sedimentos relacionados a la formación inicial en el occidente de la Cuenca de Falcón están constituidos por sedimentos de ambiente marino del Grupo Agua Negra, los cuales son parcialmente correlacionables con la secuencia superior de la Formación Paují y la Formación Misoa de la Cuenca de Maracaibo (Ver Figura 6). Para el Eoceno Medio no se tiene certeza de la extensión y continuidad de la secuencia en la región falconiana.

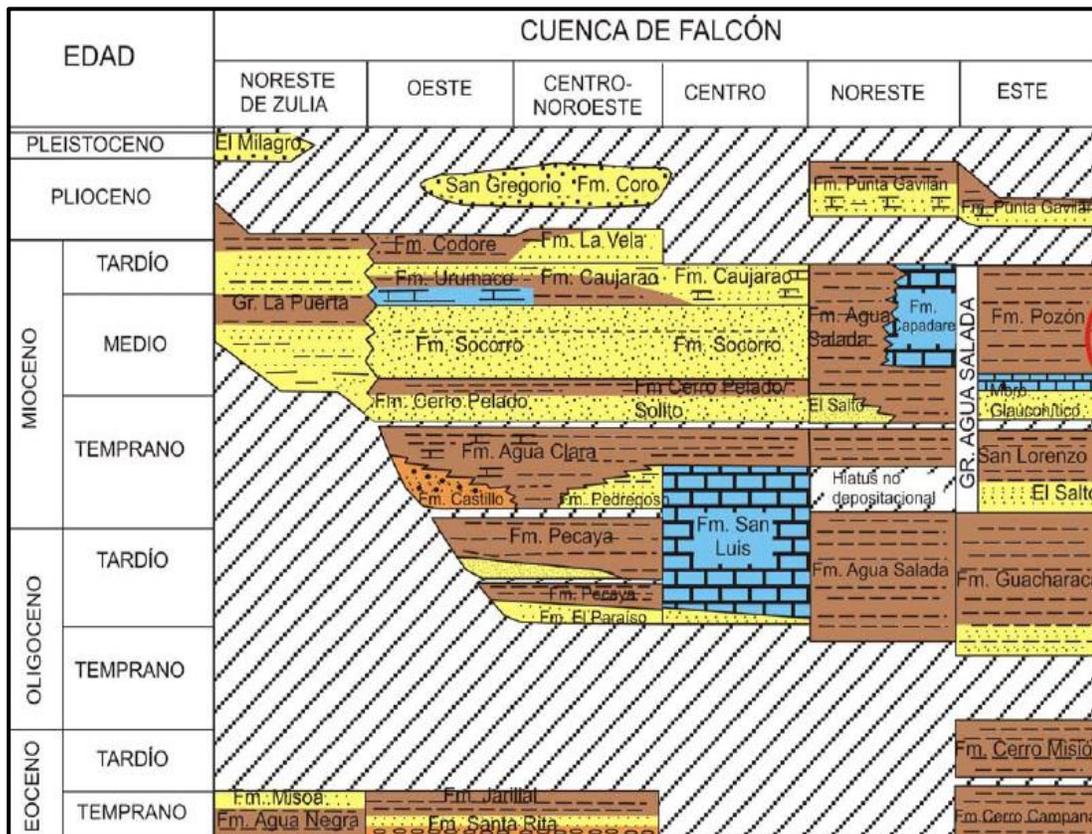


Figura 6. Tabla de correlación de la estratigrafía del Eoceno Superior - Reciente, para el área de la Cuenca de Falcón (Tomado de P. González, 2009)

## Segunda etapa: Eoceno Superior

El emplazamiento de las Napas de Lara representa el evento tectónico ocurrido en el Eoceno Superior, este se caracterizó por los esfuerzos extensivos que generaron depresiones y grábenes fallados, propiciando así la depositación de las formaciones Cerro Campana, Cerro Misión, Esperanza, Mene Grande, La Victoria, etc., estas a su vez estuvieron influenciadas por el movimiento de la Falla de Oca, la cual inicia en este periodo a moverse de manera transcurrente en el sur de la cuenca, de allí se derivan las secuencias sedimentarias de origen turbidítico en áreas restringidas que corresponden para esta etapa.



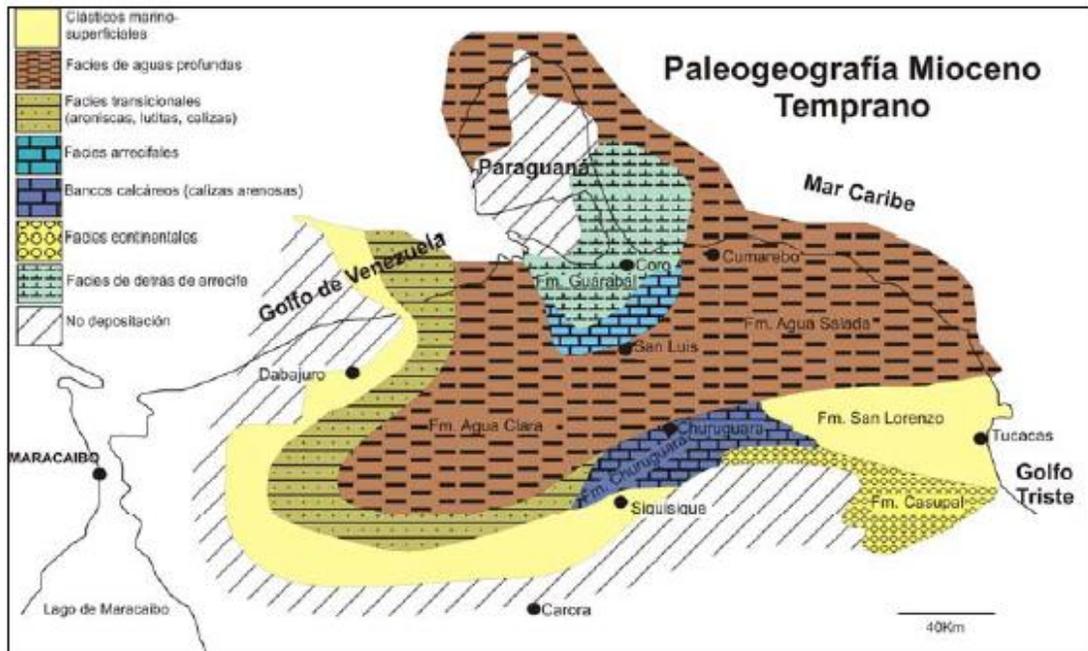


Figura 8. Configuración de la cuenca de Falcón durante el Mioceno Inferior (Tomado de González, 2009)

#### Cuarta etapa: Mioceno Medio – Superior

El patrón de sedimentación de la Cuenca de Falcón cambia significativamente como resultado de un rápido levantamiento o de una caída relativa del nivel de mar asociada a etapas tempranas de deformación (orogénesis andina). Posterior a este evento se inicia un nuevo ciclo de sedimentación producto de un periodo de subsidencia que cubre toda la cuenca e incluso relieves topográficos como la Península de Paraguaná y la Plataforma de Dabajuro. Además, la cuenca recibió un considerable aporte sedimentario por parte de las recientes regiones levantadas al sur. Los ambientes restringidos o superficiales marcaron este ciclo de sedimentación, exceptuando el noreste de la cuenca y el norte de la Península de Paraguaná donde siguió predominando las facies de aguas profundas (ver Fig. 9).

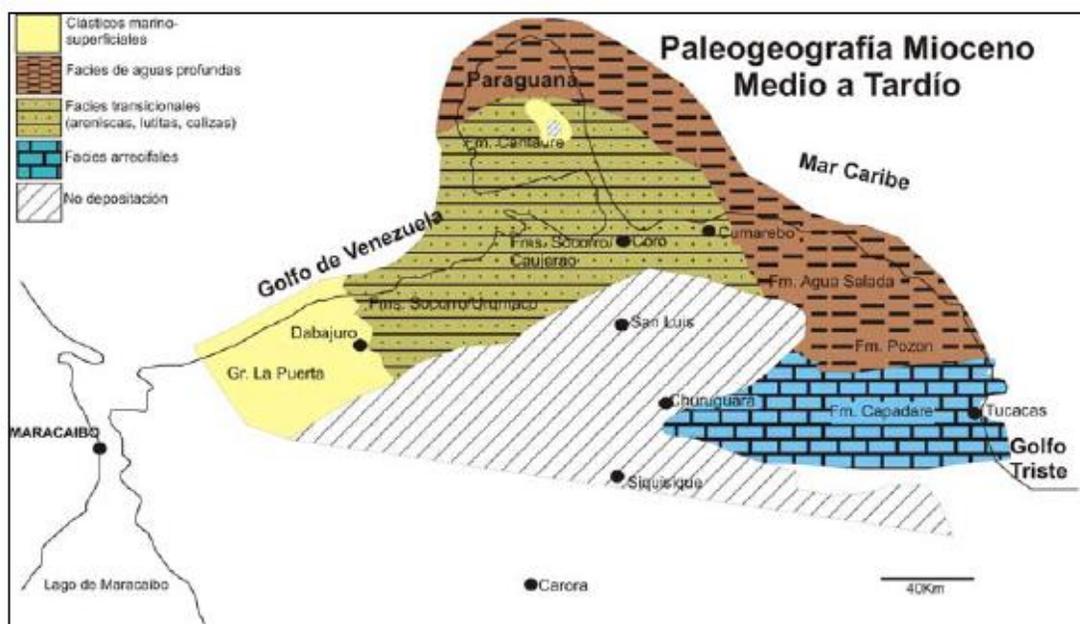


Figura 9. Configuración de la cuenca de Falcón durante el Mioceno Medio a Superior.  
(Tomado de González, 2009)

### Quinta etapa: Plioceno

Los sedimentos de esta etapa están representados por facies clásticas gruesas al norte del anticlinorio de Falcón, dan lugar a las formaciones Coro y San Gregorio. En la costa oriental se sedimentan lutitas calcáreas, calizas argiláceas y margas fosilíferas de la Formación Punta Gavilán.

### III.3 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

Se presenta una visión general de las unidades geológicas presentes en las áreas de investigación, con un mayor enfoque en la descripción detallada de la Formación Capadare por ser la formación geológica principal que se estudia, destacando que la misma se extiende en dos bloques tectónicos, presentándose hacia el sur en contacto discordante y de falla con las formaciones La Luna y Matatere, mientras que hacia el norte su contacto inferior es discordante con las formaciones Casupal y Agua Linda (MÉNDEZ, 1967) y el contacto superior, con la Formación Ojo de Agua es concordante y transicional diacrónico (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980). A continuación, se

describen en orden de depositación a las formaciones que se encuentran en contacto con la Formación Capadare.

### **III.3.1 Formación La Luna (Cretácico Tardío)**

La Formación La Luna se extiende por toda la cuenca del Lago de Maracaibo, en el estado de Zulia, así como en varios otros estados de Venezuela, como Falcón, Lara, Trujillo, Mérida, Táchira y Barinas. También se encuentra presente en la península de La Guajira, Colombia. Es un conjunto de rocas sedimentarias compuestas principalmente por calizas y lutitas calcáreas, que suelen tener un fuerte olor a materia orgánica dispersa. Estas rocas son densas, finamente estratificadas y laminadas, y pueden ser de color gris oscuro a negro. Las vetas de ftanita negra son comunes, al igual que las concreciones elipsoidales y discoidales de 10 a 80 cm de diámetro, que contienen amonites y otros fósiles. Las capas de caliza varían en espesor de 1 a 50 cm y tienen una estratificación uniforme y monótona. Las fracturas frescas de las calizas emiten un olor fuerte y característico a bitumen.

Ha sido subdividida en tres miembros en la región de Trujillo-Lara, llamados La Aguada, Chejendé y Timbetes en orden ascendente, según O. RENZ en 1959. En la región de Táchira-Barinas, se encontró la Lutita de La Morita, nombrada por Renz y considerada por autores posteriores como miembro local de las formaciones La Luna y Navay. El Chert (Ftanita) de Táchira es otra unidad que algunos consideran como miembro de la Formación La Luna. En general, la litología descrita es característica de la Formación La Luna, aunque el Miembro Machiques de la Formación Apón, apreciablemente más antiguo, ha causado confusión e identificaciones erróneas en algunas publicaciones tempranas debido a su similitud con las calizas de la Formación La Luna.

La Formación La Luna se cree que se depositó en un ambiente marino restringido y tiene pocos fósiles bentónicos. Los foraminíferos planctónicos, como *Rotalipora*, *Globotruncana* y *Guembelina*, son comunes, así como los restos de peces. Los amonites, como *Coilopoceras*, *Barroisiceras*, *Hoplitoides*, *Neoptychites*, *Peroniceras* y *Texanites*, son comunes en algunas áreas. La presencia del

lamelibranquio de concha tenue *Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM es un indicador del Turoniense. Además, se han identificado numerosas especies de amonites, como *Texanites texanum* ROEMER y *Parelasticeras sieversi* GERDHART, que se consideran índices del Santoniense. Según ROMERO y GALEA (1995), en el Miembro Tres Esquinas, en la parte superior de la formación, se han encontrado fósiles de *Bolivinooides culverensis* y *Bolivinooides sirticus* del Campaniense, junto con abundantes bioturbaciones producidas por *Planolites* y *Thalassinoides*, que aumentan en tamaño hacia el tope de la sección.

### **III.3.2 Formación Matatere (Paleoceno-Eoceno Medio)**

Es una formación geológica que se encuentra en la región central-occidental de Venezuela, específicamente entre las poblaciones de Barquisimeto, Siquisique y Carora, en el estado Lara. Su descubrimiento se remonta a 1928 durante los trabajos de las empresas petroleras en la zona, siendo cartografiada inicialmente como "Formación Misoa/Trujillo" por la Creole Petroleum Corporation. Más tarde, el Ministerio de Minas e Hidrocarburos la cartografió como Formación Matatere (Urbani, 2010).

Según Wheeler (1958), la Formación Matatere consiste principalmente en una secuencia de lutitas intercaladas con areniscas y conglomerados, cuya edad oscila entre el Paleoceno Medio y el Eoceno Superior.

Fue descrita por BELLIZIA & RODRÍGUEZ en 1966 y 1967 como una gruesa sección de turbiditas, con un espesor estimado de 3.000 metros y edad Paleoceno-Eoceno. La formación está compuesta por areniscas variables, que van desde impuras líticas a impuras feldespáticas, y presenta varios horizontes de areniscas conglomeráticas y conglomerados líticos. Las rocas están compuestas principalmente de cuarzo, feldespatos, micas y fragmentos líticos de composición variable, incluyendo caliza, filita, esquisto, cuarcita, lutita y, en menor proporción, rocas volcánicas y gneises. La matriz arcillosa, a veces arcilloso-carbonática, constituye el 10-25% del volumen de la roca.

Las areniscas suelen encontrarse en capas delgadas, aunque a veces pueden tener un espesor de más de 2 metros. Representan del 25 al 35% del volumen total de

la secuencia y suelen ser de color gris verdoso o marrón, con granos de tamaño medio y un escaso grado de selección. Predominan los granos subangulares y angulares. Se observa una buena gradación y marcas de flujo y carga de deslizamiento, pliegues en convoluta, estructura de desgarre y deslizamiento, así como clastos de arcilla, láminas y escamas de filitas y lutitas, características típicas de las secuencias turbidíticas.

Las lutitas de la Formación Matatere son rocas sedimentarias que suelen ser limolíticas o arenáceas y tienen un color negro en su estado fresco. Con el tiempo, su color se desvanece a un tono verdoso o marrón. Estas rocas presentan irregularidades en su estratificación y fracturas muy cercanas entre sí, lo que las hace propensas a fragmentarse en lápices. Los bloques deslizados de la Formación Matatere se presentan en diferentes tamaños, desde peñones hasta bloques montañosos completos, y se originan a partir de la Formación Barquisimeto, así como de rocas areniscas, graníticas y gnéicas del Cretáceo Inferior ubicadas al norte de Bucarito. También se pueden encontrar bloques de rocas volcánicas ácidas en el Alto de Siquisique. La sección Paleoceno-Eoceno presenta múltiples horizontes de capas de bloques.

### **III.3.3 Formación Casupal (Mioceno Temprano – Mioceno Medio)**

La localidad tipo de la Formación Casupal fue establecida en la región al norte del rancho Casupal, al sur de Cerro Misión, distrito Silva del estado Falcón. La quebrada La pluma representa la mayor sección tipo de referencia, entre los cerros Misión y Riecito, a unos 8km al sur de la colonia agrícola de Araurima (MÉNDEZ, 1967). Se extiende en el borde surcentral y suroriental de la cuenca de Falcón, aflorando en la región comprendida por cerro Riecito, cerro Misión y montañas de Agua Linda, entre los ríos Tocuyo y Aroa.

La Formación Casupal en su área tipo se divide en dos miembros: el inferior se caracteriza por la predominancia de areniscas carbonáceas de grano fino a medio interestratificadas con lutitas gris a negro, jarosíticas, masivas y carbonáceas, presencia de material carbonoso y por la estratificación en capas delgadas a medias; y aunque no muy comunes, se encuentran unas pocas calizas densas intercaladas en las lutitas. El miembro superior contiene areniscas de grano grueso y conglomerados

interestratificados con areniscas micáceas y arcillas grises a gris azulado y gris oscuro, localmente calcáreas, pero raramente fosilíferas, menos material carbonoso hacia el tope, ausencia de carbones y estratificación en capas masivas. En términos generales, la formación se hace de grano más grueso hacia el tope. El contacto entre ambos miembros se basa en la predominancia del material carbonáceo en el miembro inferior. Hacia el oeste, en la región de Churuguara, la unidad no puede ser subdividida en dos miembros. Las areniscas tienen textura de "sal y pimienta". Los conglomerados están dispuestos en lentes y capas, presentando guijarros de ftanita negra y cuarzo.

La sección basal de esta formación se encuentra fallada en todos sus afloramientos, imposibilitando conocer el espesor exacto de ella; sin embargo, varios autores estiman un espesor entre 1000 a 3500 metros. En cuanto al contenido fósil se hallan gasterópodos *Ampullinopsis spenceri*, *Sinum multilineatum*, *Turritella andreas* y *T. filacarmenensis*, también foraminíferos *Ammonia becarii*, *Ammotium sp.*, *Trochammina sp.* y *Miliammina sp.*, y polen. La evidencia paleontológica y palinológica le otorgan a la Formación Casupal una edad probable entre Mioceno Temprano a Mioceno Medio.

MÉNDEZ (1967) muestra que la base está en contacto de falla en las quebradas La Pluma y Bachacal, mientras que es discordante sobre lutitas paleocenas con bloques alóctonos del Cretácico en la quebrada Chapano, o sobre metamórficas de la Serranía de Aroa en la quebrada San Antonio, también indica un contacto superior concordante con la Formación Agua Linda en las tributarias sur de la quebrada Casupal, mientras que es discordante con la Formación Capadare en la quebrada La Pluma, discordante con la caliza de Riecito en la quebrada Bachacal y discordante con la Formación Agua Linda en el río Los Cumarebos y la quebrada San Antonio. Por último, la sedimentación de la Formación Casupal está representada por facies de depositación piemontina-costera con influencia marina litoral restringido.

#### **III.3.4 Formación Agua Linda (Mioceno Medio)**

Según MÉNDEZ (1967), la sección tipo de esta formación aflora en la quebrada El Silencio, tributaria del río Guachípano, a 2 km al este de la confluencia de dicho río

con el río Los Cumarebos, donde se origina el río Agua Linda, al sur de cerro Misión, distrito Silva, estado Falcón. La Formación Agua Linda se conforma de una intercalación de arcillas, lutitas y calizas; en menor proporción se encuentran conglomerados calcáreos, areniscas calcáreas y limolitas. Las lutitas y arcillas que constituyen la mayor parte de la formación son calcáreas, limosas o arenosas, micáceas y/o yesíferas, presentando concreciones, restos de plantas y conchas pequeñas; las cuales tienen a menudo olor a petróleo. Intercaladas se hallan lentes y capas de unos 20 a 40 cm de espesor de calizas grises a pardo amarillentas y limolitas grises. Hacia la parte inferior, media y superior de la formación se observan intervalos más duros formados por calizas grises a pardo amarillentas en capas gruesas, potentes, arenosas a guijarrosas, arcillosas, asociadas con capas calcáreas de areniscas, conglomerados y arcillas. Las calizas se hacen más arenosas hacia el este y pasan a areniscas calcáreas.

MÉNDEZ (1967) indica para la formación un espesor estimado de unos 1300m, ya que en su sección tipo no aflora ni la base ni el tope de la unidad. Su extensión geográfica hacia el sur abarca el área entre cerro Misión y las montañas de Agua Linda, mientras que hacia el este comprende una estrecha franja entre cerro Misión y Sanare, hasta la costa al sur de Chichiriviche. Presenta micro y macrofauna en las calizas, lutitas y arcillas. La edad de la formación está dada por la microfauna planctónica de las zonas de *Globorotalia fohsi peripheroronda* y de *Globorotalia fohsi fohsi*, indicativas del Mioceno Medio. La Formación Agua Linda presenta un contacto basal concordante con la Formación Casupal, y un contacto superior discordante con la Formación Capadare.

### **III.3.5 Formación Capadare (Mioceno Medio)**

WIEDENMAYER (1924) inicialmente la describe como una caliza arrecifal de colores claros, además le asigna como localidad tipo al cerro Capadare, municipio Acosta del estado Falcón. También indica que su extensión geográfica abarca los municipios Acosta y Silva del estado Falcón, en donde se observan secciones de referencia en los cerros Jacura, Mirimire, Guaidima y Chichiriviche, aflorando como bancos calcáreos y complejos arrecifales.

LORENTE (1978) señala en el cerro Capadare una secuencia sedimentaria de colores frescos con tonalidades mostaza, que meteorizan a colores claros, blanquecinos o crema, que inicia con un intervalo de biocalcirudita porosa con fragmentos de conchas, luego una biocalcirudita con abundantes fragmentos de equinoides irregulares aplanados y estructuras de bioturbación de tipo *Thalassinoides*, sigue una litología semejante a la anterior, con menor proporción de equinodermos; continua una calcarenita porosa y una caliza formada de fragmentos y conchas completas de bivalvos. Finalmente, la secuencia termina en una capa formada casi exclusivamente por conchas de ostreidos.

DÍAZ DE GAMERO (1985) estudia a la Formación Capadare en las secuencias expuestas en los cerros Capadare, Mirimire, Jacura, Píritu y el Caballo, exponiendo que todos consisten de acumulaciones carbonáticas similares y de igual posición estratigráfica. Describe calizas de colores claros enteramente bioclásticas (fragmentos esqueléticos de equinodermos, bivalvos, algas calcáreas, gasterópodos, conchas enteras de foraminíferos y algunos ostrácodos) y presencia de niveles de entramados de madrigueras tipo *Thalassinoides*; además indica que los granos de minerales no autógenos como el cuarzo, son prácticamente inexistentes, exceptuando algunas trazas encontradas en los cerros Mirimire y Capadare. Asigna una edad que va de la zona de *Globorotalia fohsi fohsi* a la Zona de *Globorotalia menardii* del Mioceno Medio.

En el cerro Chichiriviche, la sección basal se compone de una secuencia de arenas limosas de color amarillo terroso, cuarzosas y micáceas, intercaladas con calizas marrones, delgadas y lenticulares. Continúan calizas dolomíticas de color blanquecino de grano muy fino, densas, compactas, mal estratificadas. Por encima se halla un paquete de calizas arrecifales, de color crema, densa, brechoide con textura sacaroidea, las cuales se hacen muy fosilíferas hacia el tope y localmente se encuentran reemplazamientos fosfáticos. Sigue una unidad de rocas fosfáticas cuyo espesor promedio es de 38 metros, presenta colores variables de violeta a marrón parduzco, es cuarzosa y conglomerática hacia la base y muy fosilífera hacia la sección superior. El tope de la secuencia en este cerro está constituido por una capa de caliza parecida a la

anterior, pero más arenosa y cavernosa, de color marrón claro a pardo amarillento (LEV, 1997).

PERNÍA & TIRADO (2011) señalan en su trabajo investigativo que la Formación Capadare presenta dos litologías tipo, con base a lo propuesto por Natera (1967), indicando:

- a) Caliza masiva de capas delgadas, limpias, compuesta de algas o arenas coralinas, localmente ricas en macrofósiles, con una expresión morfológica de crestas altas, pendientes escarpadas y acantilados verticales.
- b) Intercalación de arcillas, grises a verde-gris, carbonáticas, limosa a arenosa y grava, localmente fosilífera. Los intervalos de arcilla se disipan o desaparecen en ciertas zonas y no está restringida a ninguna posición estratigráfica particular. En algunas partes es 100% caliza y en otras se presenta 50% arcillosa.

Asimismo, revelan que en la sección aflorante en la carretera Barquisimeto-Churuguara, sur de río Tocuyo, se observa un conglomerado basal de 5 a 6 m de espesor discordante al Eoceno. El conglomerado se compone de cuarzo, areniscas y guijarros de chert derivados del Eoceno en una matriz altamente ferruginosa. Del mismo modo, el autor encuentra que la Formación Capadare parece ser por lo menos parcialmente equivalente de Agua Clara (Miembro Santiago), la Formación Castillo o a ambas.

PERNÍA & TIRADO (2011) describen para la región de Macuere en el estado Lara, comprendida por las quebradas La Isla, La Torta y Topeye, una secuencia de rocas carbonáticas (carbonatos y rocas híbridas) de color fresco gris con tono rosado, intercaladas con lutitas carbonáticas de color gris. Las calizas son masivas, bien consolidadas y con fósiles de variable tamaño que van desde pocos milímetros a centímetros; mientras que las rocas híbridas presentan laminación, mayor porcentaje de extraclásticos y menos contenido fosilífero. De igual forma, definen 3 facies litológicas basadas en el contenido de extraclásticos y asociadas a un ambiente de sedimentación particular, teniendo: Facies I, rocas híbridas intercaladas con carbonato limpio; Facies II, rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca de

grano muy fino a fino y Facies III, rocas carbonáticas compacta intercaladas con lutitas. En la región de Riecito en el estado Falcón, indican la presencia de una secuencia de rocas carbonáticas intercaladas con rocas híbridas, lutitas, niveles dolomíticos y fosfáticos, compactas y colores frescos que van del gris claro a marrón amarillento. Igualmente, para esta sección definen 4 litofacies: Facies I, rocas híbridas con niveles carbonáticos; Facies II, carbonato tipo caliza lodogranular (*packstone*); Facies III, rocas híbridas con niveles de carbonatos limpios (ambas con fosfatización lenticular) y Facies IV, intercalación de carbonatos tipo caliza lodosa (*wackstone*) y caliza lodogranular (*packstone*).

DÍAZ DE GAMERO (1985) deduce que las calizas de los cerros Mirimire, Capadare y Jacura, son el resultado de desarrollos carbonáticos aislados, sin influencia de la costa y del continente, en condiciones de mar completamente abierto, de aguas claras y energía moderada, bien oxigenadas, en un clima tropical. De igual forma, señala que la caliza de Jacura muestra un nivel de energía más bajo y una influencia mayor de condiciones pelágicas. En el cerro de Píritu observa una cantidad mayor de foraminíferos, estimando de condiciones de mar abierto. Además, destaca que en ninguno de los cuerpos calcáreos estudiados se observaron desarrollos de tipo arrecifal, el depósito fue siempre de acumulación mecánica de restos esqueléticos.

### **III.3.6 Formación Ojo de Agua (Mioceno Tardío)**

Presenta su localidad tipo en el cerro de mismo nombre en el distrito Acosta del estado Falcón. GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* (1980) la caracterizan como una unidad de areniscas micáceas intercaladas con arcillas, conglomerados y calizas arenosas y nodulares; considerada de edad Miocena Superior por sus relaciones estratigráficas concordantes sobre el Miembro de arcillas de Huso de la Formación Pozón. Esta representa facies de ambientes marino someros a salobres cercanos a la costa, y una presencia fósil limitada principalmente a semillas de Chara, al foraminífero *Ammonia beccarii*, *Ostrea sp.* y otros moluscos. El espesor de esta formación varía entre 0 y 200 metros (LEV I, 1956).

La Formación Ojo de Agua tiene un contacto inferior con la Formación Pozón en la región de El Mene de Acosta donde es concordante y diacrónico, observándose interdigitación con las arcillas de Pozón. Hacia el flanco sur de la Cuenca de Agua Salada y Subcuenca de Casupal suprayace concordantemente a la Formación Capadare y más al sur es discordante sobre rocas metamórficas. El contacto superior es con sedimentos cuaternarios y de manera discordante (GONZÁLEZ DE JUANA, *et. al.*, 1980).

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS E INTERPRETACIONES**

#### **IV.1 PETROGRAFÍAS (CLASIFICACIÓN)**

Partiendo de las clasificaciones propuestas por DUNHAM (1962), FOLK (1962) y MOUNT (1985), las 61 muestras estudiadas fueron nombradas siguiendo los principios enunciados (ver sección VII. Apéndice 1 Consideraciones teóricas) y los criterios establecidos para la clasificación de muestras planteados en la metodología.

##### **IV.1.1 Capadare, estado Falcón**

La zona de Capadare está representada por las 31 secciones finas seleccionadas de las muestras recolectadas en los cerros Capadare y Mirimire, donde el estudio petrográfico arroja que la litología está dada en un 100% por rocas carbonáticas.

Partiendo de ello, estas rocas carbonáticas están comprendidas según la clasificación de FOLK (1962) por 78% de bioesparita, 19% de biomicrita y 3% de micrita fosilífera (ver Figura 10, izquierda); mientras que la clasificación según DUNHAM (1962) está dada por 64% de packstone, 23% de grainstone, 10% de wackestone y 3% de mudstone (ver Figura 10, derecha).

En conformidad con lo anterior, se puede apreciar una correspondencia entre las dos clasificaciones (DUNHAM (1962) Y FOLK (1962)), donde la sumatoria de los porcentajes de grainstone y packstone (81%) corresponde con el porcentaje de la bioesparita, de igual manera el porcentaje de wackestone (16%) corresponde al porcentaje de la biomicrita y, por último, el porcentaje de mudstone (3%) corresponde con el porcentaje de la micrita fosilífera. Esto se puede interpretar como que en una roca con mayor porcentaje de aloquímicos (packstone) predominará como ortoquímico el cemento carbonático, y por el contrario, siendo menor el porcentaje de aloquímicos (wackestone) predominara la micrita, estableciéndose así una relación de espacio entre los aloquímicos, teniendo mayor oportunidad para desarrollar cemento en los espacios

entre los granos carbonáticos en una roca tipo caliza lodosa (wackstone) que en una tipo caliza lodogranular (packstone), pues es mayor en la primera que en la última.

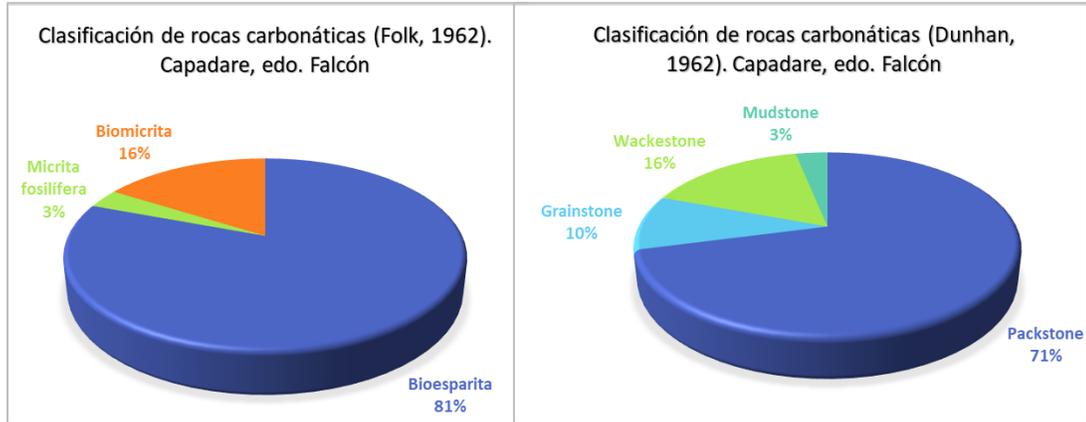


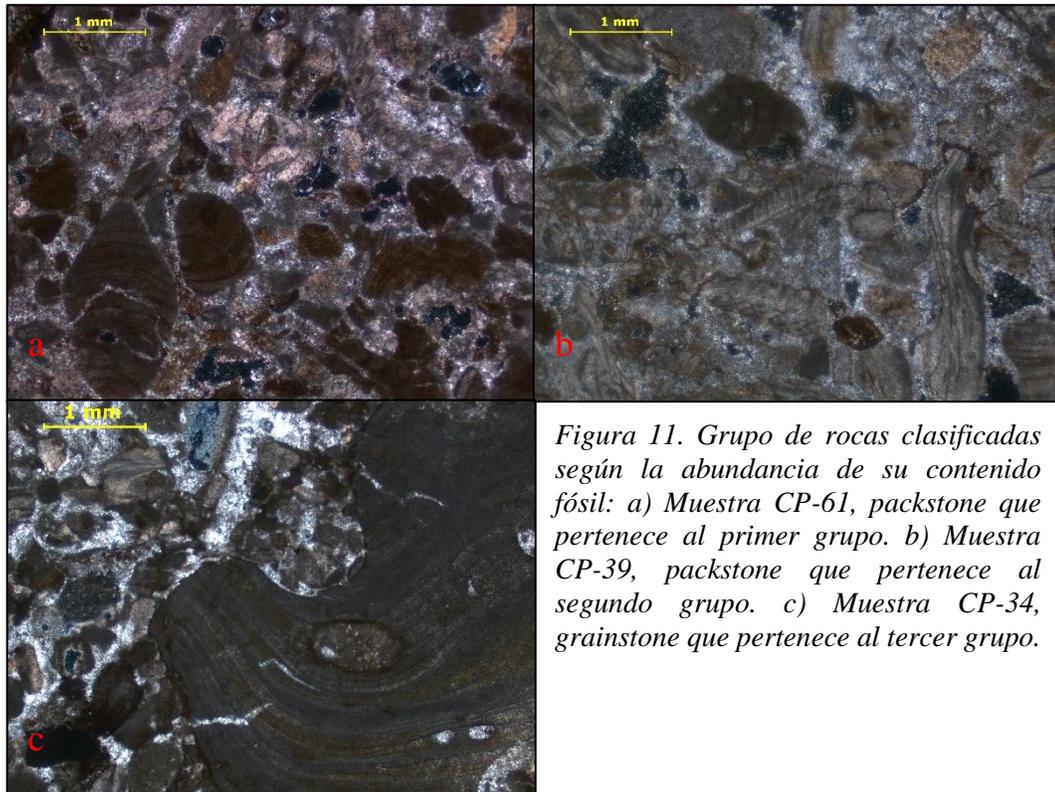
Figura 10. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) (izquierda) y Dunham (1962) (derecha). Capadare, estado Falcón.

Para la clasificación de este tipo de rocas se toma en cuenta principalmente la variación que existe en los porcentajes de aloquímicos y ortoquímicos, ya que en términos generales los porcentajes de los componentes principales se conservan, variando solamente su proporción, esto se establece por medio de una relación directa entre ellos, donde al existir mayor porcentaje de aloquímicos disminuye el porcentaje de ortoquímicos, de igual manera en caso contrario, siendo así determinante para la clasificación que se desea (FOLK, 1962 O DUNHAM 1962).

En cuanto a la presencia de ortoquímicos en las rocas, estos se presentan en porcentajes que varían entre 14% y 85%, en donde el cemento se encuentra en mayor abundancia que la matriz (micrita) en la mayoría de los casos, evidenciándose en los resultados gráficos obtenidos de las clasificaciones (Fig. 10), dado que la suma de los porcentajes de micrita fosilífera y biomicrita no sobrepasan los de la bioesparita. El cemento se presenta en porcentajes que van desde el 4% hasta el 36%, principalmente en tamaños de microespato y pseudoespato, mientras que el cemento tamaño espato se encuentra en la mayoría de los casos como producto del neomorfismo de los moluscos (inversión heteroaxial); además predomina el cemento recristalizado que el

precipitado, presentando este último texturas equigranulares o mosaicos, y en menor instancia cemento sintaxial, radial e isopaco. La micrita se presenta con textura terrosa y con porcentajes variables, en el orden del 4% al 83%.

Los aloquímicos en la zona de Capadare están dados fundamentalmente por fósiles y fragmentos de fósiles, seguidamente por pellets (escaso porcentaje). Los fósiles identificados se dividen particularmente en tres grupos en las rocas clasificadas, siendo a) rocas con abundante contenido de algas rojas acompañado de moluscos, foraminíferos bentónicos y equinoides (variando el porcentaje de estos últimos), b) rocas con abundante contenido de moluscos acompañados con variables porcentajes de foraminíferos bentónicos, algas rojas y equinoides, c) rocas con abundante contenido de algas rojas con menos del 5% de otro tipo de fósil. En la figura 11 se observa un ejemplo de cada uno de los grupos descritos.



*Figura 11. Grupo de rocas clasificadas según la abundancia de su contenido fósil: a) Muestra CP-61, packstone que pertenece al primer grupo. b) Muestra CP-39, packstone que pertenece al segundo grupo. c) Muestra CP-34, grainstone que pertenece al tercer grupo.*

#### IV.1.2 Depósitos de Lizardo, estado Falcón

A partir de las 6 muestras seleccionadas de esta zona para el estudio petrográfico, 50% corresponden a rocas carbonáticas, 33% a roca híbrida (más de 10% de extraclásticos) y 17% a roca fosfática, esta distribución puede observarse en la figura 12.



Figura 12. Gráfico de distribución de litologías según los resultados petrográficos para la zona de Lizardo, estado Falcón.

- **Rocas Carbonáticas**

Las rocas carbonáticas de esta zona están dadas según la clasificación de FOLK (1962) por 34% de bioesparita, 33% de intraesparita y 33% de biomicrita (ver Figura 17, izquierda); en cuanto a la clasificación según DUNHAM (1962) está comprendida por 34% de packstone, 33% de grainstone y 33% de wackestone (ver Figura 13, derecha). De igual manera, existe una correspondencia entre las clasificaciones (DUNHAM (1962) Y FOLK (1962)), ya que la sumatoria de los porcentajes de packstone y grainstone (67%) coincide con la sumatoria de bioesparita e intraesparita (67%), así como también son iguales los porcentajes de wackestone y biomicrita (33%).

Los ortoquímicos que se observan en las muestras estudiadas poseen un porcentaje que varía entre 32% y 55%, correspondiendo a una presencia mayoritaria de cemento esparítico en el orden del 20% al 42% en comparación con la micrita (lodo carbonático) que se presenta entre 1% a 35%, con predominio del microespato sobre el

pseudoespato y espato dado principalmente por el neomorfismo (inversión heteroaxial y agradante) de los moluscos. Esto se corrobora (ver Fig. 13) ya que la cantidad de rocas con abundante cemento (bioesparita e intraesparita) sobrepasa a las que poseen abundancia de lodo carbonático (biomicrita). Asimismo, el cemento precipitado es menor que el cemento recrystalizado, presentándose mayormente con una textura equigranular y en menor proporción con texturas radiales, sintaxiales e isópacas. La micrita se presenta con aspecto terroso y en algunos casos como envoltorios micríticos y en algas micritizadas.

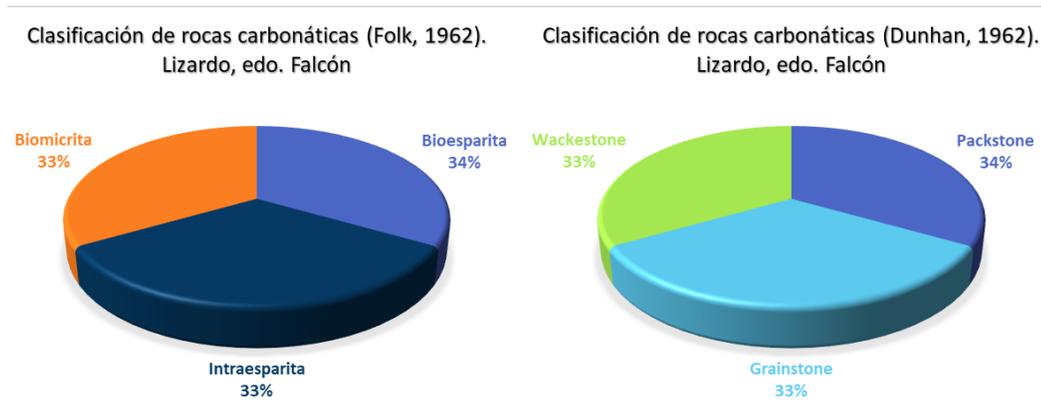
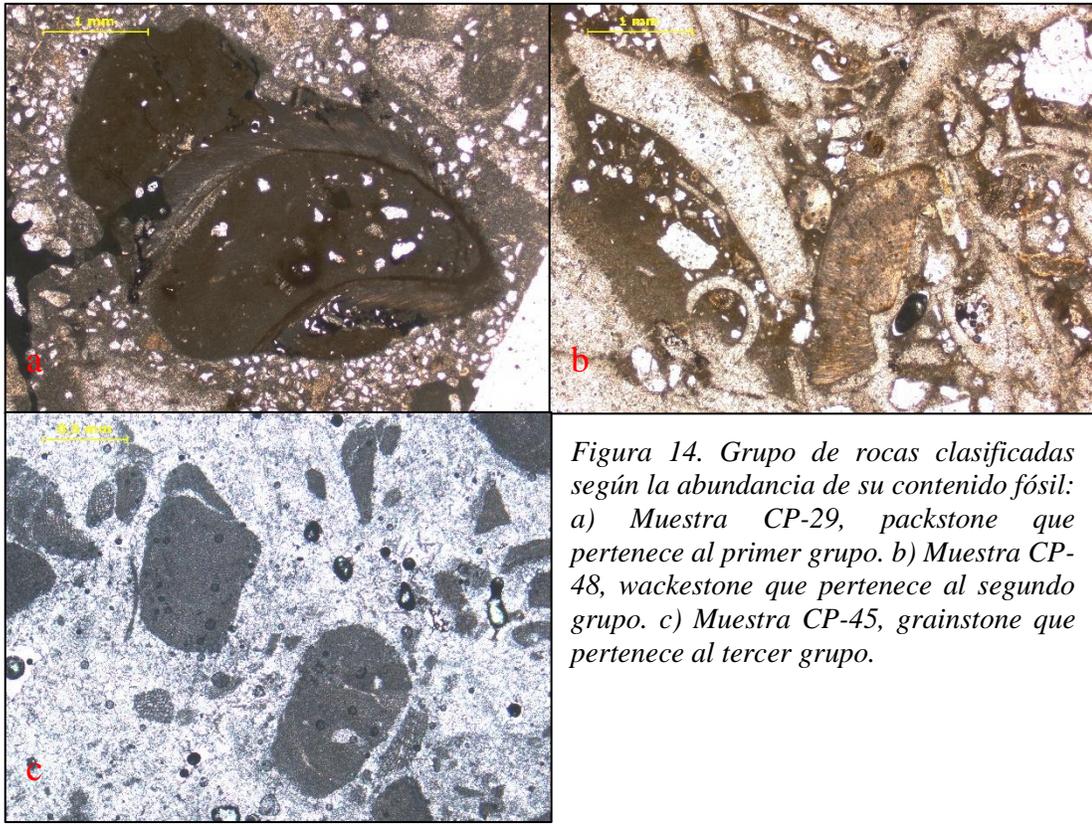


Figura 13. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) (izquierda) y Dunham (1962) (derecha). Depósitos de Lizardo, estado Falcón.

Por otra parte, los aloquímicos presentes son en su mayoría fósiles con porcentajes importantes que van desde los 14% hasta los 58%, e intraclastos con porcentajes discretos. Los fósiles identificados permiten dividir a las rocas en tres grupos (ver ejemplo en la Fig. 14), dado por a) rocas carbonáticas con presencia de intraclastos y abundancia de moluscos y porcentajes bajos de foraminíferos bentónicos de tipo *Nummulites sp.*, *Discocyclus sp.* y *Miliólidos*, algas rojas, equinodermos y fragmentos de algas, b) rocas carbonáticas con abundante contenido de moluscos y escaso porcentaje de algas rojas, equinodermos y fragmentos de coral, y c) rocas carbonáticas con alto contenido de algas rojas.



*Figura 14. Grupo de rocas clasificadas según la abundancia de su contenido fósil: a) Muestra CP-29, packstone que pertenece al primer grupo. b) Muestra CP-48, wackestone que pertenece al segundo grupo. c) Muestra CP-45, grainstone que pertenece al tercer grupo.*

Los extraclásticos se encuentran desde trazas hasta porcentajes de 10%. El mineral predominante es el cuarzo, seguido de feldespatos, fragmentos de roca (chert), moscovitas y minerales opacos.

- ***Rocas híbridas***

De acuerdo a la clasificación de MOUNT (1962), del total de muestras estudiadas de este tipo, 50% se denominan como caliza aloquímica arenosa y 50% como micrita arenosa (ver figura 15).



*Figura 15. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Lizardo, edo. Falcón*

El contenido de extraclásticos varía porcentualmente muy poco, siendo este entre 15% a 17%. La composición es predominantemente cuarzo, seguido de feldespatos, fragmentos de roca y moscovita como traza. El contenido de ortoquímicos se encuentra porcentualmente entre 45% a 47%, y viene dado por lodo carbonático y cemento de tipo microespato y pseudoespato, en su mayoría proveniente de la recristalización de micrita, como también baja presencia de cemento precipitado con textura equigranular. El contenido carbonático supera al extraclástico en porcentaje, dando a lugar el criterio principal para la clasificación, estableciendo la relación entre aloquímicos y micrita, siendo así que una roca carbonática con mayor porcentaje de micrita que de aloquímicos se clasifica como micrita arenosa y una roca carbonática donde la relación sea inversa, se clasifica como caliza aloquímica arenosa. En la Figura 16 se observan fotomicrografías ejemplos de estas rocas. Es importante destacar que MOUNT (1985) considera micrita al material carbonático con tamaño menor a 20 micras, por lo tanto, al deducir esta información al criterio aplicado para el estudio de las muestras se incluye el microespato.

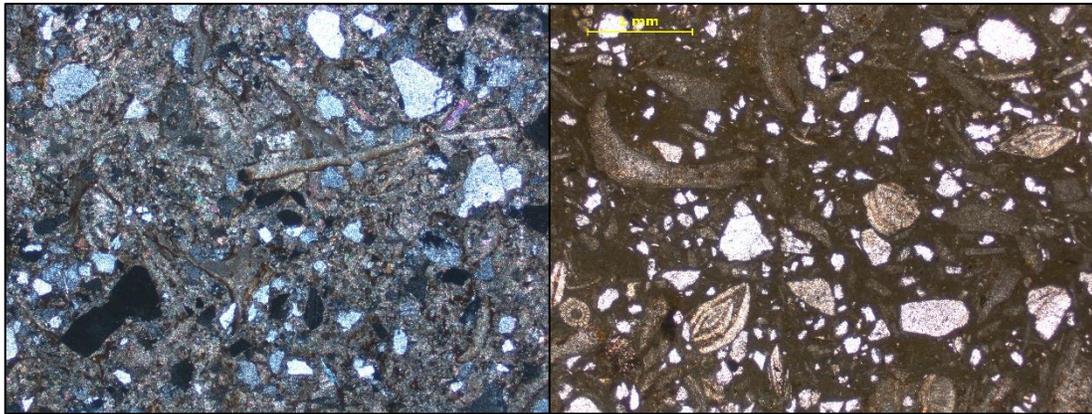


Figura 16. Rocas híbridas en los depósitos de Lizardo según Mount (1985). Muestra CP-46: caliza aloquímica arenosa (izquierda). Muestra CP-47: micrita arenosa (derecha).

El contenido de aloquímicos presente se encuentra entre el 33% y 36%, predominando bioclastos (fósiles) y escasa presencia de intraclastos (2%-3%). Los fósiles que se identifican, de manera general son los mismos y con porcentajes parecidos, teniendo así fragmentos de moluscos (15%-20%), foraminíferos bentónicos (6%-10), algas rojas y equinodermos en igual porcentaje (2%-4%) y foraminíferos planctónicos (1%).

- ***Roca fosfática***

Esta clasificación toma en cuenta a las rocas que presentan más del 20% de fosfatización. En esta zona, solo una muestra presentó más de un 30% de fosfatización, aunque cabe destacar que la mayoría de las muestras presentan fosfatización (en bioclastos), pero esta no supera más de un 5% del total de cada muestra estudiada. La sección fina solo presenta contenido de extraclastos y ortoquímicos, siendo el primero el más abundante (51%) y representado por predominio de cuarzo, seguido de feldespatos, minerales opacos y trazas de fragmentos de rocas (chert). Con respecto al contenido de ortoquímicos (38%), predomina la micrita (lodo carbonatico) sobre el cemento esparítico (microespato), donde este contenido de ortoquímicos se encuentra totalmente afectado por una fosfatización de forma homogénea y sin ningún patrón en particular, esto se observa en la figura 17. Se asocian a un proceso de fosfatización secundaria a través de la percolación de soluciones derivados del excremento o guano

de aves que se interpreta similar a la formación de cemento menisco por percolación de estas soluciones en las rocas carbonáticas en zonas sub aéreas.

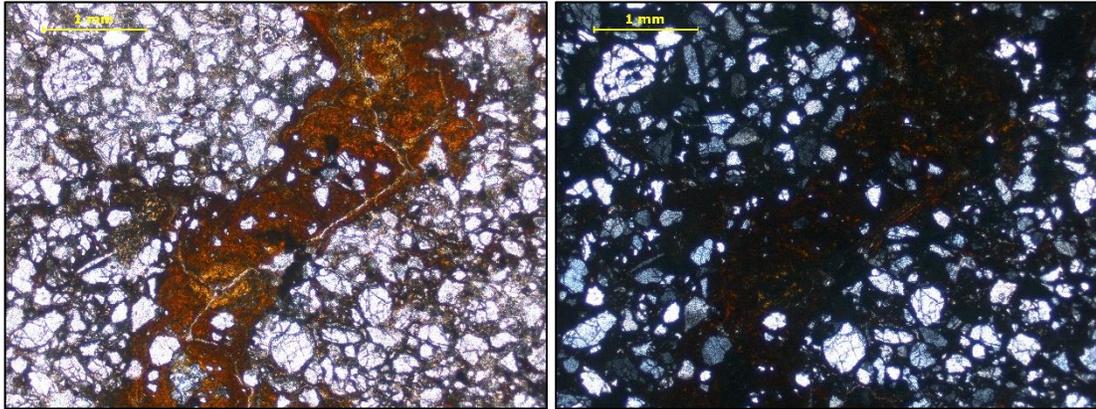


Figura 17. Roca fosfática. Muestra CP-38 en nicoles paralelo (izquierda) y en nicoles cruzados (derecha).

#### IV.1.3 Macuere, estado Lara

La zona de Macuere está representada por 24 secciones finas seleccionadas de las muestras recolectadas en las quebradas La Isla y La Torta, donde el estudio petrográfico arroja que la litología está dada en un 58% por rocas carbonáticas y un 42% de rocas híbridas (ver Fig. 18).



Figura 18. Distribución de litologías según resultados petrográficos. Macuere, edo. Lara

- **Rocas Carbonáticas**

Según la clasificación de FOLK (1962), del total de muestras estudiadas de este tipo de roca, se obtuvo: 79% de bioesparita, 7% de intraesparita, 7% de biomicrita y 7% de micrita fosilífera (ver Fig. 23, izquierda). Por su parte, según la clasificación de DUNHAM (1962) se obtuvo: 72% de packstone, 14% de grainstone, 7% de wackestone y 7% de mudstone (ver Fig. 19, derecha). Además, al igual que en las zonas anteriores existe una correspondencia entre las clasificaciones (DUNHAM (1962) Y FOLK (1962)), puesto que la sumatoria de los porcentajes de packstone y grainstone (86%) coincide con la sumatoria de bioesparita e intraesparita (86%), así como también son iguales los porcentajes de la sumatoria de wackestone y mudstone (14%) con el porcentaje sumado de la biomicrita y la micrita fosilífera (14%).

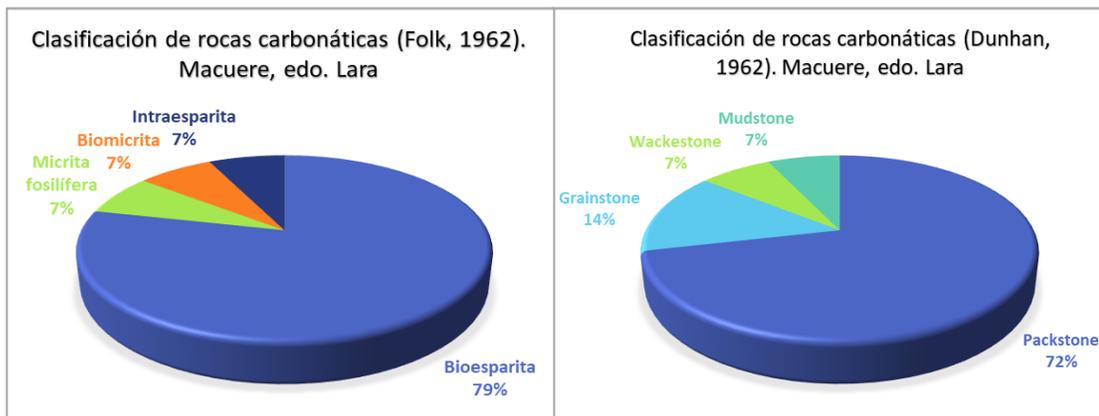
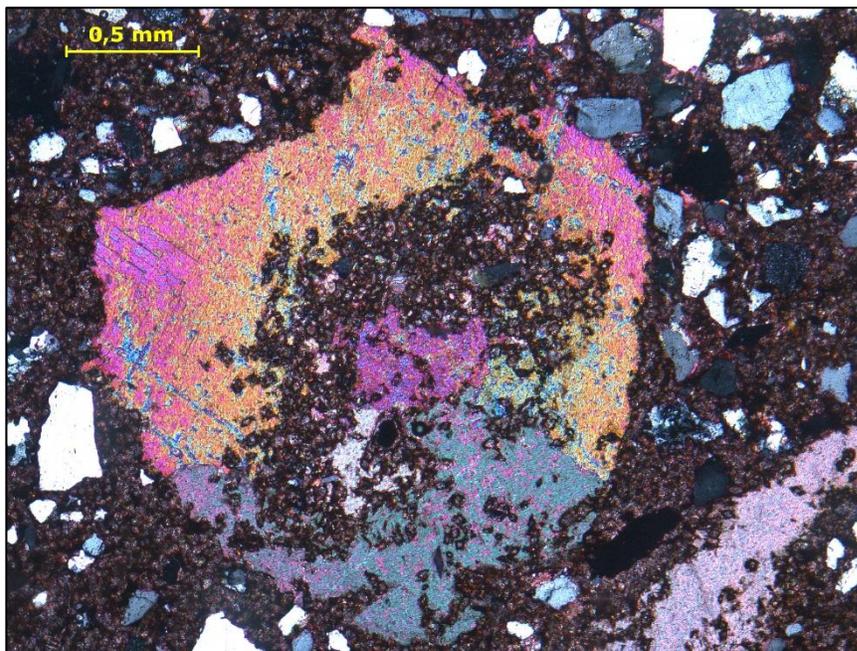


Figura 19. Clasificación de rocas carbonáticas según Folk (1962) y Dunham (1962). Macuere, edo. Lara

La presencia de ortoquímicos en estas rocas se presentan en porcentajes que varían entre 34% y 79%, en donde el cemento predomina sobre la matriz (micrita) en la mayoría de los casos, evidenciándose en los resultados gráficos obtenidos de las clasificaciones (Fig. 19), dado que la suma de los porcentajes de micrita fosilífera y biomicrita no sobrepasan los de la bioesparita (para el caso de la clasificación según Folk). El cemento se observa en porcentajes que superan los 8% y alcanza hasta el

65%, principalmente en tamaños de pseudoespato y microespato en términos generales, mientras que el cemento tamaño espato se presenta como producto del neomorfismo de los moluscos (inversión heteroaxial) o como cemento precipitado, presentando este último texturas equigranulares o mosaicos mayormente, y en menor medida cemento sintaxial, radial e isópaco. La micrita se presenta con textura terrosa y con porcentajes variables, en el orden del 1% al 70%. También destaca en algunas muestras considerables porcentajes de dolomita producto del reemplazamiento de la matriz por un proceso de dolomitización (ver Fig. 20).



*Figura 20. Proceso de dolomitización en muestra CP-18 en nicoles cruzados.*

Por su parte los aloquímicos en la región de Macuere se presentan mayormente con porcentajes que van desde 22% a 65%, teniendo solo dos casos con porcentajes más bajos (8% y 10%). Estos componentes están dados fundamentalmente por fósiles y fragmentos de fósiles (2%-61%), en compañía de intraclastos (1%-22%), pellets (1%-3%) y ooides (1%-2%). Los bioclastos que se identifican (ver Fig. 21) están

representados por moluscos (bivalvos y gasterópodos), foraminíferos bentónicos (*Nummulites* sp, *Miogypsina* sp, uniseriados, biseriados, miliólidos y discociclinidos), foraminíferos planctónicos tipo globorotalia, algas verdes, equinodermos, anélidos (poliquetos) y fragmento de coral (solo se observó en una muestra y con un porcentaje de 1%). Los intraclastos se aprecian como fragmento de molusco extracuenales y fragmentos de caliza aloquímica.

Los extraclásticos se encuentran desde traza hasta porcentajes de 10%. El mineral predominante es el cuarzo, seguido de feldespatos, fragmentos de roca, y mayormente con porcentajes muy bajos (traza a 2%) se tienen óxidos, glauconita, ankerita y moscovita.

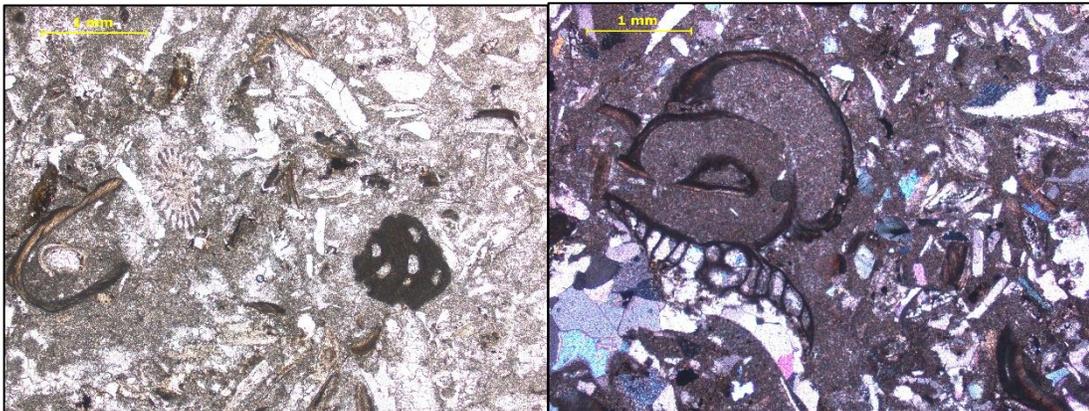
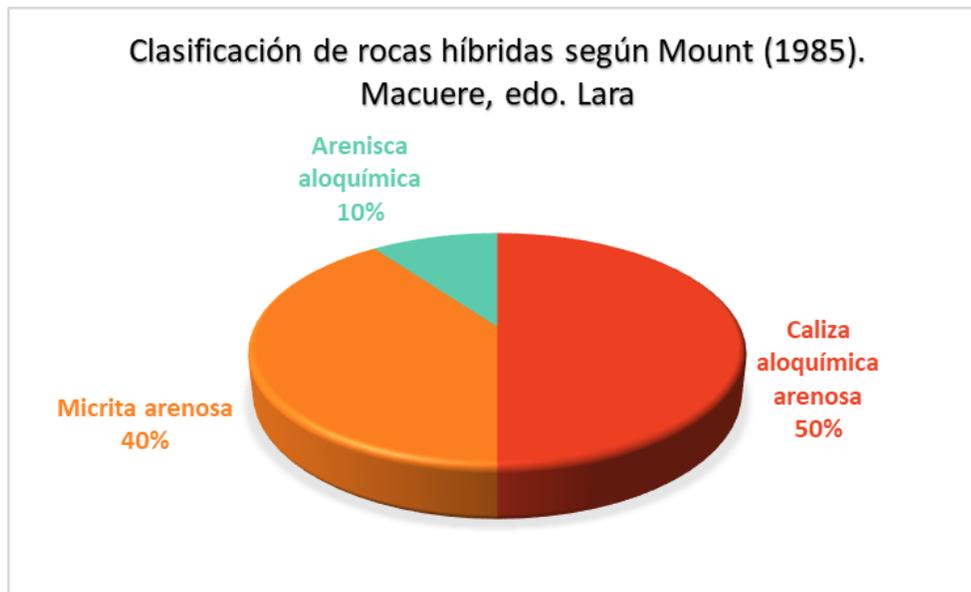


Figura 21. Contenido variado de aloquímicos observados en la muestra CP-22 (izquierda, np) y muestra CP-26 (derecha, nx).

#### ▪ Rocas híbridas

En aplicación de la clasificación según Mount (1985) se tiene para el total de muestras estudiadas, 50% de caliza aloquímica arenosa, 40% de micrita arenosa y un 10% de arenisca aloquímica, esta distribución puede observarse en la figura 22.



*Figura 22. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Macuere, edo. Lara*

El contenido de extraclásticos para este grupo de roca va de 11% a 48%, teniendo una composición en donde predomina el cuarzo, seguidamente de feldespatos, fragmentos de rocas y minerales accesorios como moscovita, ankerita, glauconita y opacos.

El contenido carbonático supera al contenido de extraclásticos, exceptuando un solo caso en donde ocurre lo contrario. Por ello, el principal criterio para la clasificación es esencialmente fijar la relación entre aloquímicos y micrita, siendo así, una roca híbrida con mayor porcentaje de micrita que de aloquímicos se clasifica como micrita arenosa, mientras que una roca híbrida donde esta relación sea inversa, se clasifica como caliza aloquímica arenosa. Por otra parte, en el caso donde el contenido de extraclásticos sobrepasa al carbonático, la clasificación mantendrá el mismo criterio, entonces una roca híbrida que contenga más porcentaje de aloquímicos que de micrita se denominará arenisca aloquímica, como lo es el caso para una de las muestras estudiadas de esta zona.

En la mayoría de estas rocas dominaba el porcentaje de ortoquímicos sobre el de aloquímicos. El porcentaje de cemento en todas las muestras estudiadas supera al de

la micrita, presentándose como microespato, pseudoespato y espato, y con textura mayormente equigranular. También se observa dolomita como producto de la recristalización de la matriz (lodo carbonatico).

El contenido de aloquímicos presente posee porcentajes en el orden desde los 8% a 48%. De igual manera como en las rocas carbonáticas, en su composición domina los fragmentos fósiles, seguido de los intraclastos, pellets y ooides, estos últimos no superan los 4% del contenido total. En los fósiles destaca la ausencia o bajo contenido de foraminíferos planctónicos y algas en las muestras, predominando los fragmentos de moluscos (2%-30%), foraminíferos bentónicos (traza-18%), y en menor proporción equinodermos (traza-5%) y poliquetos (1%-4%)

#### **IV.1.4 Comparación entre las zonas**

Las tres zonas bajo estudio se encuentran en la misma formación geológica (Formación Capadare), y están compuestas principalmente por rocas carbonáticas. A pesar de esto, cada una de estas zonas presenta características únicas que las diferencian entre sí, de las cuales se tiene:

Para la zona de Capadare, las rocas son exclusivamente carbonáticas. En Macuere y Lizardo, las rocas híbridas contienen menos contenido extraclásticos en comparación al contenido de aloquímicos, por ello, la roca híbrida predominante en ambas zonas es la caliza aloquímica arenosa.

En todas las áreas, el cemento es el ortoquímico principal presente. No obstante, en Macuere hay un importante porcentaje de micrita, lo que también se refleja en la presencia de dolomita, producto de la recristalización de la micrita.

Los fósiles comunes encontrados en el área incluyen fragmentos de moluscos y *Nummulites sp.* Sin embargo, cada zona también presenta organismos fosilizados específicos. Por ejemplo, es común observar poliquetos (anélidos) y ocasionalmente *Miogypsina sp* y discociclinidos en muestras de Macuere. En Capadare es muy distintivo el contenido de algas rojas, por ejemplo, del tipo *Lithothammium sp* y la presencia esporádica del foraminífero béntico *Amphistegina sp.* Por su parte, Lizardo presenta en la mayoría de las muestras algas, y corales como traza.

Los extraclásticos están representados principalmente por cuarzo en Macuere y Lizardo, siendo las zonas que alcanzan mayor porcentaje de extraclastos, mientras que en Capadare este porcentaje no supera el 6% y está representado netamente por minerales accesorios como micas, opacos y glauconita.

Respecto a la fosfatización, solo en Lizardo esta supera el porcentaje de 20% (fosfatizada la matriz y el cemento), atribuyéndole a esta zona una roca fosfática. De resto, todas las zonas presentan fragmentos fósiles (en su mayoría moluscos) con fosfatización incipiente tanto en rocas carbonáticas como híbridas.

#### **IV.1.5 Aspectos generales**

- **Porosidad**

En cuanto a la porosidad, se encuentra generalmente entre el 2% y el 15%, aunque en la zona de Capadare puede estar en el orden de 20-40%. Los carbonatos limpios presentan porosidad secundaria producto de la disolución de micrita (lodo carbonático), cemento, intraclastos y fragmentos fósiles. Se observaron otros tipos de porosidad en los carbonatos, como la móldica, intrapartícula y un caso en canal. En la figura 23 se puede observar varios ejemplos de estos tipos de porosidad.

Las muestras que presentan un alto contenido de dolomita tienden a tener una porosidad intrapartícula particular, debido a que la formación de la dolomita implica una recristalización de la micrita y una transformación en la estructura interna. Esta porosidad intrapartícula puede ser difícil de detectar en la superficie de la muestra, pero se puede observar en secciones delgadas bajo microscopio. Además, la dolomitización también puede afectar la permeabilidad y la porosidad primaria de la roca.

La roca fosfática también presenta una porosidad significativa, con un porcentaje de 11%, dada por una porosidad por disolución que afecta a la matriz y al cemento de la muestra.

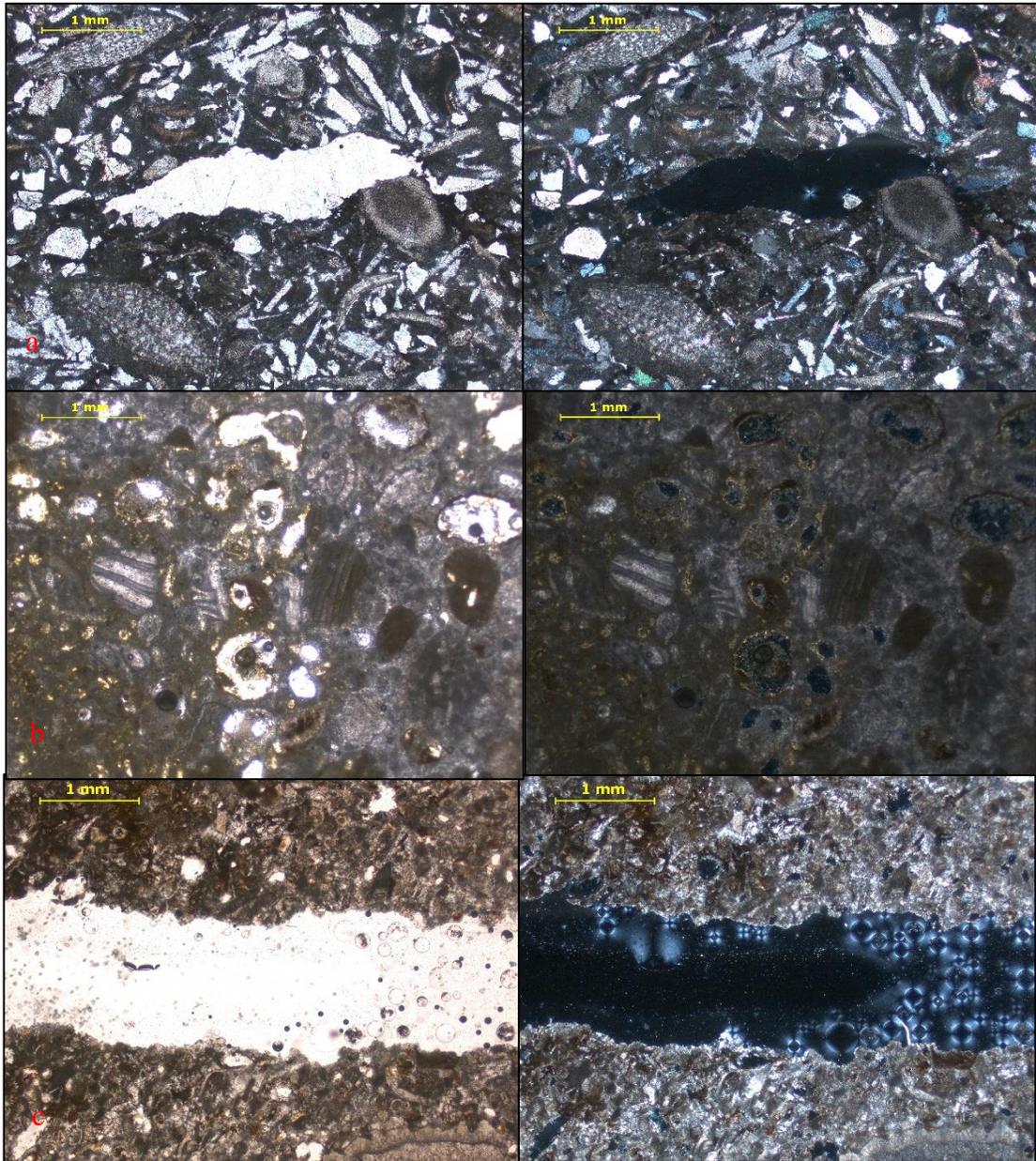


Figura 23. Variedad de porosidades observadas en las muestras de la Formación Capadare (izquierda en NP y derecha en NX). a) Porosidad por disolución en muestra CP-5 de la quebrada La Isla, Macuere, estado Lara. b) Porosidad móldica en muestra CP-22 del Cerro Mirimire, Capadare, estado Falcón. c) Porosidad en canal observada en la muestra CP-9A del Cerro Capadare, estado Falcón

▪ **Reemplazamiento:**

En las muestras estudiadas se observaron solo tres tipos de reemplazamiento, fosfatización, glauconitización y silicificación, el primero se presenta con mayor

ocurrencia en las zonas de Lizardo y Macuere en fragmentos de aloquímicos (ver Fig. 24) y en escasas ocasiones en pequeñas secciones de los ortoquímicos.

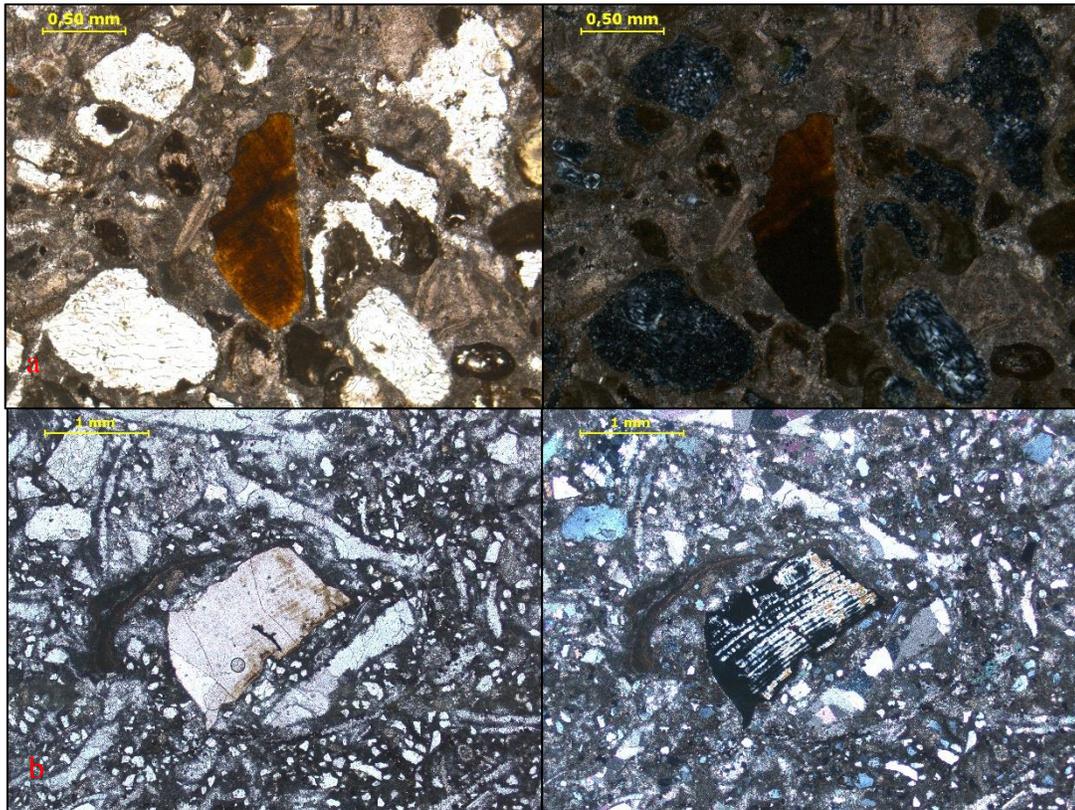


Figura 24. Ejemplos de reemplazamiento por fosfatización (izquierda en NP, derecha en NX). a) Fosfatización en fragmento de alga en la muestra CP-5 del Cerro Capadare, edo. Falcón. b) Fosfatización en fragmento de alga en la muestra CP-4 de Macuere, edo. Lara.

Por su parte, la glauconitización (ver Fig. 25) se muestra en mayor medida en la zona de Capadare, donde se presenta principalmente en el ortoquímico, mientras que la silicificación se puede observar como vetillas en Macuere (ver Fig. 26), producto de una fractura o disolución con posterior relleno de cuarzo.

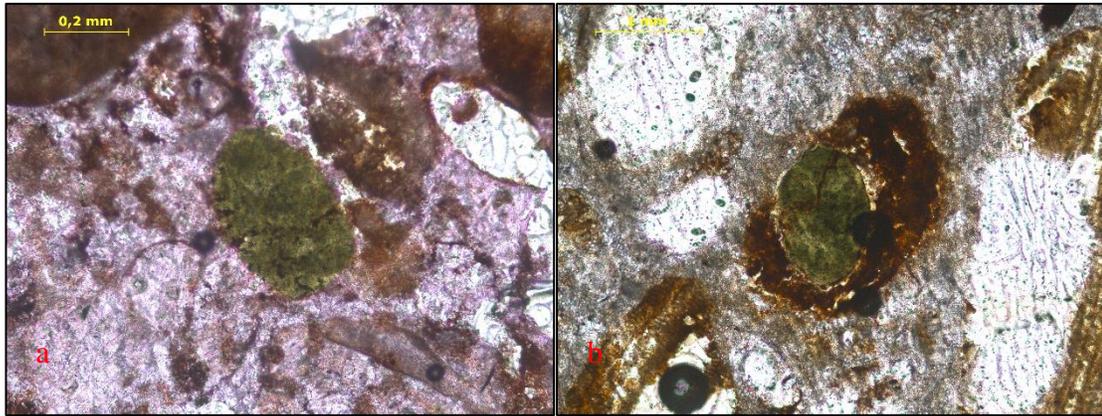


Figura 25. Ejemplos de reemplazamiento por glauconitización. a) Glauconitización en la muestra CP-48 y b) Glauconitización en fragmento de aloquímico en la muestra CP-5. Ambas muestras son del Cerro Capadare, edo. Falcón.

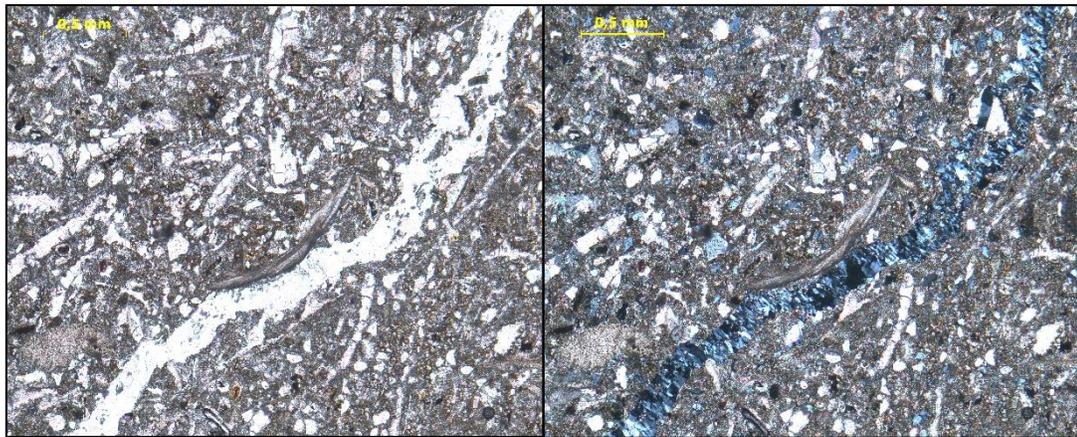


Figura 26. Silicificación en muestra CP-11 de la quebrada La Isla, Macuere, edo. Lara (izquierda en NP, derecha en NX).

## IV.2 CORRELACIÓN POR MACROZONAS

Por medio de la información recopilada en las columnas estratigráficas generadas en los levantamientos para los trabajos de grado de Lorente (1978), LAMUS & LA CRUZ (1986) y Pernía & Tirado (2011) se puede dividir a la Formación Capadare en tres zonas: inferior, media y superior.

La zona inferior se caracteriza por mostrar niveles de macrofósiles caracterizados por *Ostreas* principalmente, acompañado de foraminíferos planctónicos y otros moluscos, asumiendo que las regiones de Macuere y Lizardo se encontraban

dispuesta a una profundidad más somera que la región de Capadare, puesto que la presencia de clásticos en las rocas carbonáticas es bastante marcada y con esporádicos espesores de areniscas.

Para la zona media de la formación se tiene fragmentos y conchas completas bien preservadas, además de la presencia de equinodermos y foraminíferos bentónicos, especialmente *Nummulites sp* o *Amphistegina sp*. La profundidad de deposición de las regiones de Lizardo y Macuere ha aumentado para la zona, ya que la influencia o contenido clástico disminuye considerablemente en los importantes espesores de calizas, mientras que en Capadare continúan siendo carbonatos limpios.

Por último, su zona superior está representada por la presencia de algas rojas y tubos de gusanos, en compañía de moluscos, foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos y equinodermos, además de espesores de lutitas calcáreas. En general, la profundidad de sedimentación siguió aumentando, puesto que se observa la presencia de foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos.

### **IV.3 LITOFACIES**

#### **IV.3.1 Generalidades**

La Formación Capadare se extiende en los estados Falcón y Lara, siendo caracterizada fundamentalmente por facies carbonáticas. Sin embargo, dicha extensión dio cabida a una depositación que varía de norte a sur, presentándose variaciones laterales de los cuerpos carbonáticos que la constituyen, los cuales son definidos a continuación en cada región objeto de este trabajo.

#### **IV.3.2 Capadare, edo. Falcón**

Para esta región, la Formación Capadare está constituida exclusivamente de cuerpos carbonáticos y lutitas. Representado por una sola facies, la cual se definió como Facies I: Rocas carbonáticas entre secuencias de lutitas, basado en el levantamiento litoestratigráfico realizado por LORENTE (1978) en la localidad tipo de esta formación (ver Anexo 8.2.1).

La facies está constituida por lutita calcárea muy fosilífera seguida de rocas carbonáticas de aspecto poroso (ver Fig. 27), caracterizadas por rocas tipo packstone y grainstone (calizas bioclásticas), con frecuentes fragmentos grandes de conchas, especialmente de moluscos como pelecípodos y gasterópodos. También presenta abundantes tubos de gusanos en algunos niveles de esta facies. Por último, cerrando la sección se encuentra lutitas calcáreas con huellas de gusanos, fosilífera y con contenido de yeso.

En general, los fósiles que se encuentran principalmente son algas calcáreas del género *Lithotamnium sp* y moluscos, también se presentan en menos proporción fragmentos de equinodermos, foraminíferos bentónicos (especialmente *Nummulites sp* o *Amphistegina sp*) y foraminíferos planctónicos como *Globorotalia sp*.

#### **IV.3.3 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.**

En Lizardo se halla una secuencia carbonática compuesta por rocas carbonáticas, rocas carbonáticas dolomíticas y rocas carbonáticas fosfáticas, según el levantamiento de una región al norte de Tucacas en el estado Falcón (para mayor detalle consultar el Anexo 8.2.2) realizado por LAMUS, LA CRUZ & SCHERER (1989). Partiendo de esto, se definirán las facies sin tomar en cuenta la secuencia que incluye a las rocas dolomíticas, ya que en este estudio no se cuenta con muestras petrográficas que representen a la secuencia antes mencionada. Se pueden identificar tres tipos de facies litológicas para esta zona (ver Fig. 28):

-Facies I: Rocas carbonáticas puras. Las rocas que la constituyen son rocas carbonáticas muy fosilíferas con impregnaciones fosfáticas locales.

-Facies II: Rocas carbonáticas fosfáticas. Se distinguen por ser rocas fosfáticas muy fosilíferas, donde estos fósiles por lo general se encuentran fosfatizados.

-Facies III: Rocas híbridas. Está dado por rocas carbonáticas con contenido arenoso (siliciclástico).

El contenido fósil más común que se distingue está dado por equinodermos, moluscos, algas coralinas tipo *Lithotamnium sp* y foraminíferos bentónicos tipo *Amphistegina sp*.

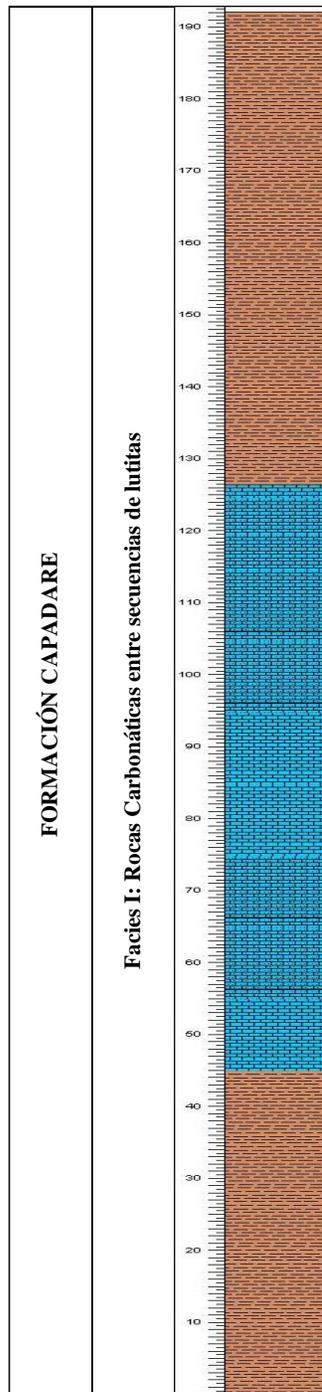


Figura 27. Columna generalizada de la sección levantada en Capadare, estado Falcón

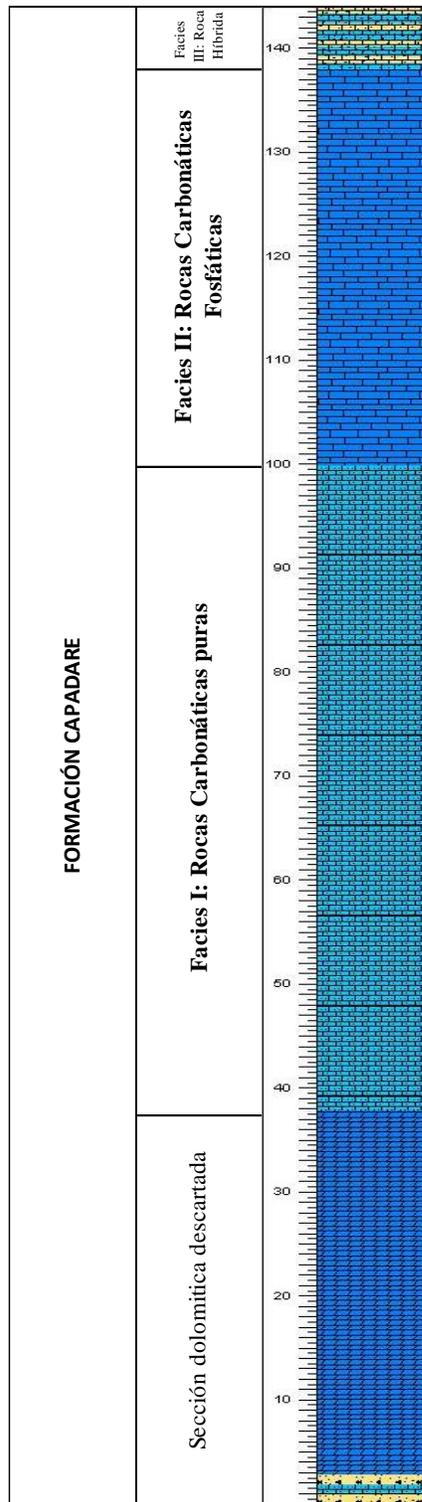


Figura 28. Columna generalizada de la sección levantada al norte de Tucacas (Lizardo), estado Falcón.

#### IV.3.4 Macuere, edo. Lara

En esta zona se encuentra una secuencia de rocas carbonáticas, que incluyen tanto carbonatos limpios como rocas híbridas, intercaladas con lutitas carbonáticas. Las calizas son consolidadas y contienen fósiles que varían en tamaño desde unos pocos milímetros hasta centímetros, mientras que las rocas híbridas tienen un mayor contenido de extraclásticos que de fósiles. Estos datos se basan en un levantamiento litoestratigráfico realizado por Pernía & Tirado (2011), que generó una columna estratigráfica generalizada de la Formación Capadare en la región de Macuere.

Se pueden definir tres facies litológicas basadas en el contenido de extraclásticos, las cuales están asociadas a un ambiente de sedimentación específico. Para más detalles, consultar el Anexo 8.2.3 con la columna generalizada de la zona.

- Facies I: rocas híbridas intercaladas con carbonato limpio (ver Fig. 29).
- Facies II: rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca (ver Fig. 30).
- Facies III: rocas carbonáticas compacta intercaladas con lutitas (ver Fig. 31).

La Facies I se distingue por la presencia de areniscas de grano fino a medio en la base, seguidas de rocas híbridas que consisten en caliza aloquímica arenosa y micrita arenosa. Estas rocas híbridas están intercaladas con rocas carbonáticas de los tipos packstone, wackstone y mudstone. Las lutitas son escasas y se presentan en niveles de pocos metros. Además, se observa dolomitización en algunos niveles de roca híbrida y roca carbonática en general.

Las rocas que constituyen la Facies II se caracterizan por ser litologías con contenido extraclástico de granulometría de muy fina a fina. Reposan sobre la Facies I e inicia con roca híbrida que varía lateralmente a limolita carbonática, con niveles de arenisca muy fina, seguida de roca híbrida con niveles de limolita, donde la limolita es estratocreciente y la roca híbrida estratodecreciente y presenta un nivel al tope de arenisca de grano muy fino friable.

La Facies III, se encuentra por encima de las rocas descritas anteriormente, está definida por rocas carbonáticas del tipo packstone y wackstone, compactas y con muchos fragmentos fósiles intercalados con lutita. También presenta una capa de caliza

con nódulos de mudstone. En la parte superior y para cerrar la sección levantada, se encuentra un estrato de roca híbrida denotada como caliza aloquímica arenosa.

En esta zona se encuentran diversos fósiles, principalmente foraminíferos bentónicos de tipo *Nummulites sp* o *Amphistegina sp*, de igual forma seriados y uniseriados. También se observan en menor proporción *Miliólidos sp* y el género *Miogypsina sp*. Además, se identificaron foraminíferos planctónicos como *Globorotalia sp*, espinas de equinoides, algas carbonáticas coralinas conocidas como "algas rojas", tubos de anélidos o poliquetos y moluscos. Estos fósiles se encuentran principalmente en forma de fragmentos, aunque ocasionalmente se pueden encontrar completos y bien preservados.

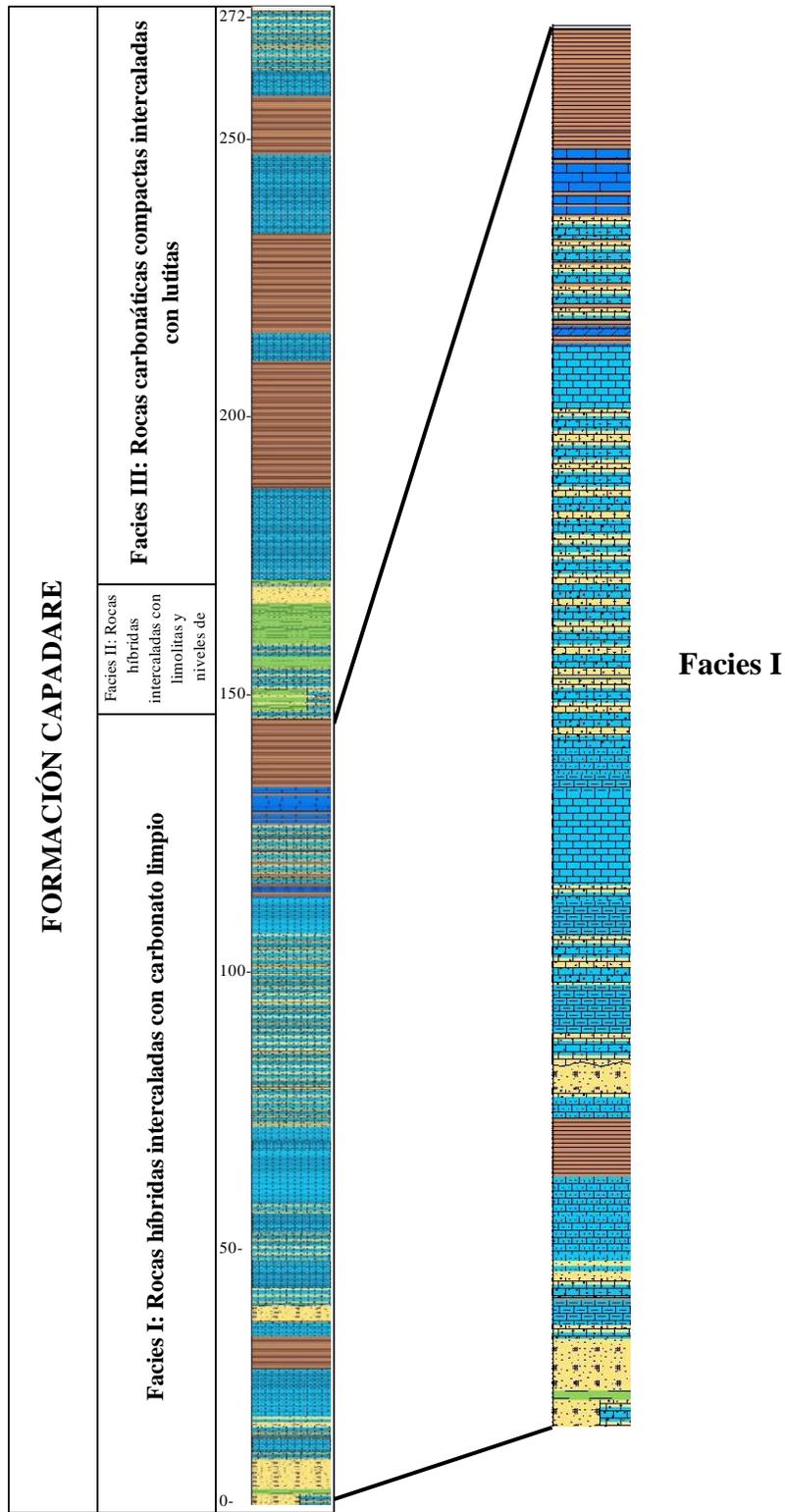


Figura 29. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies I definida.

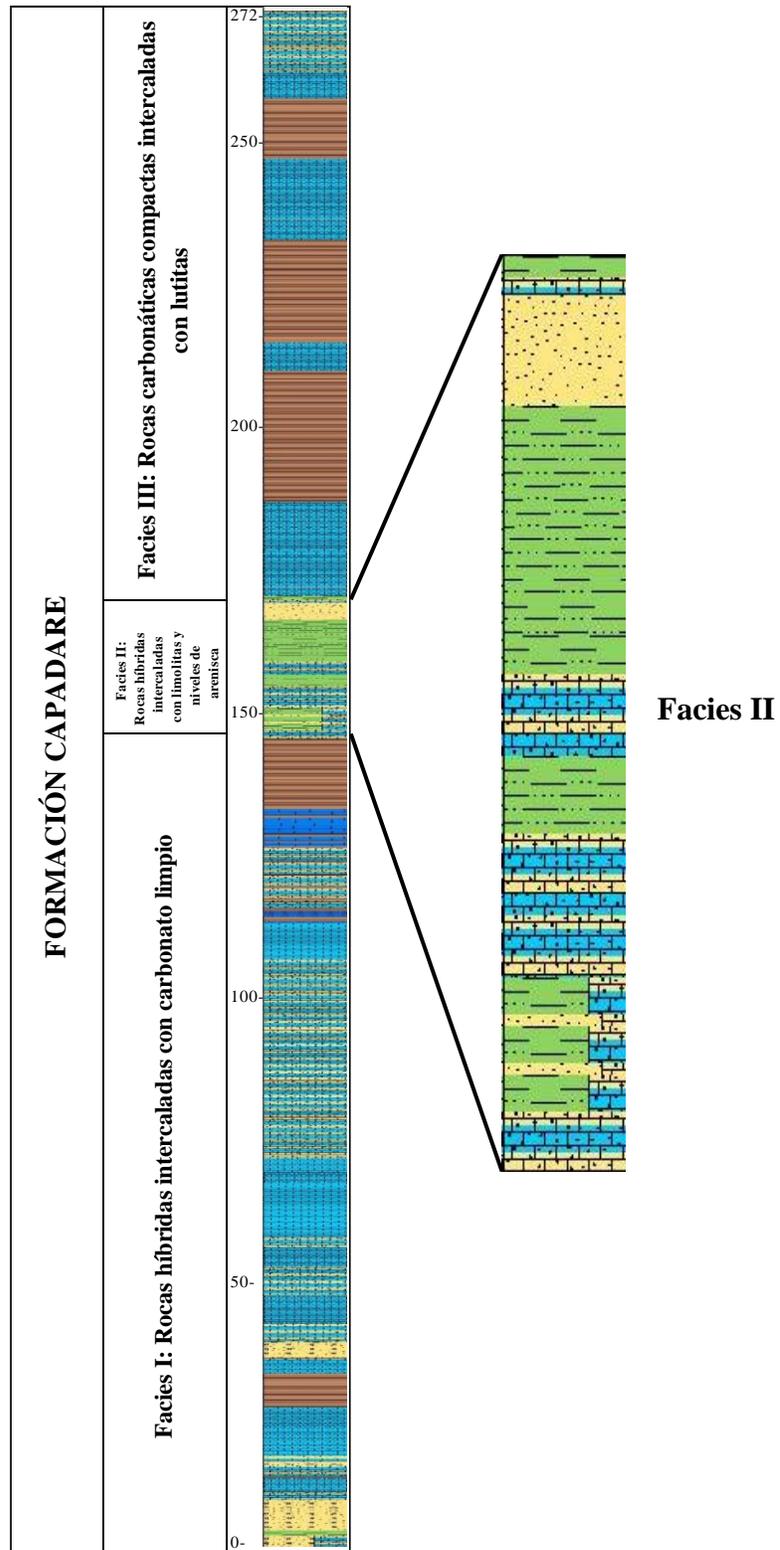


Figura 30. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies II definida.

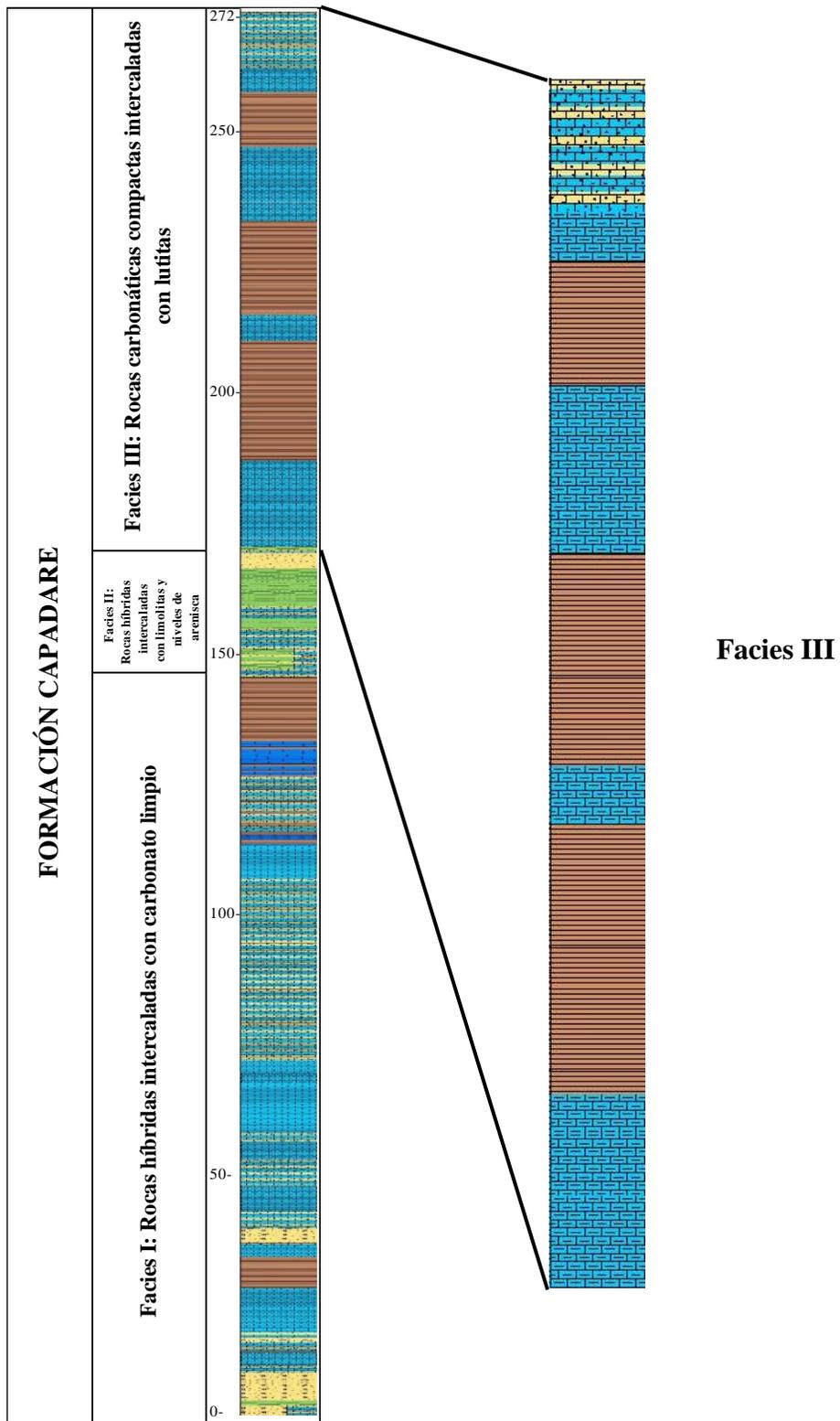


Figura 31. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de la Facies III definida.

### V.3.5 Comparaciones de las zonas

Las tres zonas estudiadas reflejan las distintas litofacies sedimentadas a lo largo de la depositación general de la Formación Capadare, es por ello, que es importante entender o enmarcar el orden de sedimentación de las mismas para realizar su diferenciación.

Para la secuencia depositada en la región de Macuere en el estado Lara, PERNÍA & TIRADO (2011) en el levantamiento geológico que realizaron para su trabajo especial de grado, observaron en dicha zona que la Formación Capadare en campo se encuentra en contacto discordante y de falla con las formaciones La Luna (Cretácico Tardío) y Matatere (Paleoceno-Eoceno Medio), por lo tanto, se asume que se ubica en el nivel inferior de la secuencia litoestratigráfica de la Formación Capadare.

En el caso de la región de Capadare se infiere que se halla en el nivel medio de la Formación Capadare, puesto que en esta zona LORENTE (1978) determinó que los depósitos tienen una edad del Mioceno medio a través de la presencia de zonas de *Globorotalia fohsi fohsi* – *Globorotalia siakensis*. Mientras que para la zona de Lizardo se asume que se encuentra en el nivel superior debido a los procesos de fosfatización que se evidencian y que indican una sedimentación dada en plataforma abierta.

En conocimiento de lo anterior, se puede correlacionar distintas litofacies establecidas para las diferentes localidades, como lo son la Facies III de la región de Macuere dada por ser rocas carbonáticas compactas intercaladas con lutitas, la Facies I de la zona de Capadare representada por rocas carbonáticas entre secuencias de lutitas y la Facies I de la zona de Lizardo descrita por rocas carbonáticas puras, ya que las antes mencionadas presentan en esencia una litología parecida y exclusivamente de rocas carbonáticas y lutitas, exceptuando la ausencia de lutita en la región de Lizardo a causa de su ubicación geográfica que lo sitúa más distante en la plataforma.

El resto de las litofacies no son comparables entre ellas, debido a que presentan características específicas que anulan su posible correlación. Entre ellas tenemos a la Facies I y II de Macuere dada por rocas híbridas intercaladas con rocas carbonáticas limpias y rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca,

respectivamente, destacando que solo en esta región existe el contenido siliciclástico más alto de la formación.

En cuanto a la Facies II de la zona de Lizardo, está representada por rocas fosfáticas, donde si bien es cierto que en todas las regiones se observa impregnaciones o procesos de fosfatización, esta es la única zona en donde el contenido de la fosfatización supera el 25%.

Por último, la Facies III de Lizardo en donde están contenidas rocas híbridas, no puede ser correlacionada por ejemplo con la Facies I de Macuere que posee rocas híbridas, ya que en el orden depositacional y estratigráfico no corresponden, y además tienen en medio toda una secuencia estratigráfica que si tiene correlación.

#### **IV.4 ESQUEMA EVOLUTIVO DE LA SEDIMENTACIÓN**

La reconstrucción del proceso de sedimentación se basa en las características litológicas de las facies descritas en el apartado de Litofacies de las zonas estudiadas. Para una comprensión más detallada, se recomienda consultar el Anexo 8.2: Columnas estratigráficas. Es importante destacar que este enfoque no considera la variable tiempo, por lo tanto, no se puede establecer un modelo. Sin embargo, será reflejado en función del ambiente de sedimentación y como un esquema en donde la depositación fue realizada de manera simultánea en las diferentes localidades.

##### **IV.4.1 Capadare, edo. Falcón.**

Debido a que la facies de la región de Capadare está compuesta principalmente por rocas carbonáticas puras intercaladas con lutitas y un contenido terrígeno casi nulo, se puede afirmar que la depositación de estos sedimentos ocurrió en un entorno de plataforma marina con influencia oceánica en bancos aislados, sin las limitaciones asociadas a la cercanía de una costa o masas emergidas durante ese período geológico.

Desde la parte más baja de la sección estratigráfica, los sedimentos fueron depositados en aguas tranquilas, claras y bien oxigenadas, por debajo del nivel efectivo del tren de olas, donde la profundidad no sobrepaso posiblemente los 30m. Se pueden distinguir por lo menos tres periodos transgresivos marcados por un fuerte incremento

en la cantidad de foraminíferos planctónicos. Posteriormente, el medio de la sedimentación sufrió un aumento de energía debido a un descenso del nivel del mar (regresión), marcado por la afectación del oleaje y en la cual se nota una progresiva disminución de la fauna, en la cual solo se identificaron ostrea y foraminíferos planctónicos, siendo posible que el desarrollo carbonático se realizara en profundidades inferiores a 12 m donde la fauna se encontraba afectada por las fluctuaciones de la marea.

#### **IV.4.2 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.**

Las facies de la secuencia carbonática de esta región se depositaron de manera general durante un periodo de regresión marina, con ocasionales intervalos de transgresión. Esto se refleja en la presencia significativa de minerales terrígenos (contenido siliciclástico). Los sedimentos se acumularon en un ambiente marino de plataformas, caracterizado por aguas poco profundas que no excedieron los 150 metros de profundidad.

Esta fluctuación en los niveles del mar y las condiciones paleogeográficas jugaron un papel importante en la sedimentación de la formación, puesto que dentro de estos sedimentos se encuentra un proceso de fosfatización que afectó a estos cuerpos carbonáticos, ya que se encontraba en una zona donde la influencia clástica transportada por los ríos continentales afectaba al banco arrecifal, creando una apertura en el mismo. Esta apertura permitió la entrada de agua marina cargada de nutrientes y la percolación de soluciones derivadas de los excrementos de aves o guano en la zona arrecifal.

#### **IV.4.3 Macuere, edo. Lara.**

El esquema propuesto utiliza las nomenclaturas I, II y III seguidas de "m" para identificar las diferentes facies de Macuere. Inicialmente, la depositación de la litología de Macuere ocurre en un ambiente detrás del arrecife, específicamente en la facies de laguna interna, que se encuentra cerca de la línea arrecifal. En esta facies, se deposita la facies litológica I (m) a una profundidad muy somera. Las condiciones son

favorables para la deposición de carbonatos de mezcla con una alta presencia de clastos debido a la variedad de ambientes y la influencia de las mareas. Estos carbonatos se alternan predominantemente con wackstone y mudstone debido al alto contenido de lodo carbonático.

Después, el nivel del mar se eleva, situando la zona de depositación en un ambiente de margen de plataforma, muy cerca del arrecife. En esta zona, Macuere continúa con la depositación de la parte superior de la Facies I (m) en el mismo ambiente de laguna interna, pero con menos presencia de clastos en comparación con la parte inferior de esta facies.

Posteriormente, se produce un aumento en el nivel del mar, lo que resulta en una transgresión. Debido a la configuración de la cuenca, en Macuere se observa la presencia significativa de materiales extraclásticos. En este escenario, la deposición de la Facies II (m) tiene lugar en una zona cercana a la línea de costa, caracterizada por un ambiente costero. Aquí, se depositan sedimentos que difieren de los carbonatos de mezcla presentes en la Facies I (m), lo que indica un cambio en las condiciones deposicionales.

Finalmente, el nivel del mar vuelve a subir en Macuere, lo que resulta en una deposición en un ambiente situado detrás del arrecife en la primera parte de la Facies III (m). En este ambiente, se depositan carbonatos limpios, principalmente caliza packstone y wackstone, con abundante presencia de algas coralinas (rojas) y foraminíferos bentónicos seriados, uniseriados y *Miogypsina* sp, así como algunos moluscos. En la parte final de esta misma facies, justo delante del arrecife, se observa la presencia de foraminíferos plácticos junto con foraminíferos bentónicos típicos de este ambiente. Es importante destacar que se hace referencia a un ambiente inicial y uno final para la Facies III (m), asumiendo que la transgresión continuó permitiendo que esto ocurriera.

#### **IV.4.4 Discusiones**

Debido a que no se cuenta con la edad depositacional, se realiza un esquema para reflejar el modelo ambiental de la sedimentación, ya que se cuenta con

características propias de las litofacies, sedimentológicas y paleontológicas que permiten ubicar dentro de la plataforma donde sucedió la sedimentación simultánea en cada zona estudiada (ver Fig. 32).

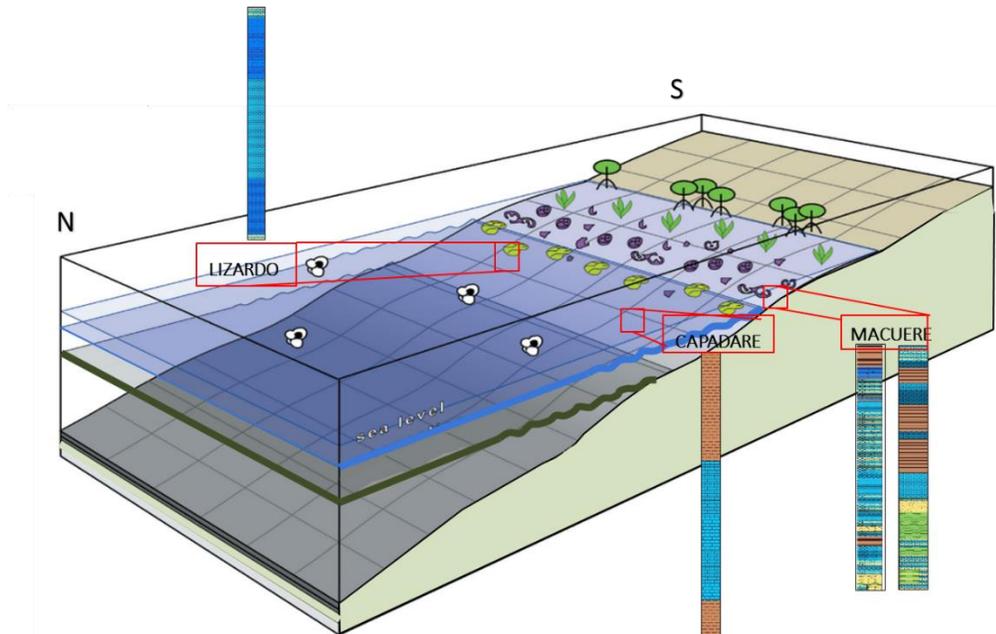


Figura 32. Bloque diagramático general de la sedimentación de las zonas en estudio. Sin escala.

La zona de Capadare es la más distante, depositándose en una plataforma marina con influencia oceánica, mientras que la depositación de la región de Lizardo sucedió en la zona tanto delante como detrás del arrecife (fluctuaciones del nivel de mar), y por último, en Macuere ocurrió la sedimentación en un ambiente de laguna interna con influencia de oleaje por sus proximidades a la línea de costa.

#### IV.5 RELACIÓN ESTRUCTURAL

La secuencia litoestratigráfica de la Formación Capadare se encuentra en un bloque tectónico que no ha sufrido una evolución tectónica tan marcada que implique la repetición de las secuencias carbonáticas o de una sedimentación cíclica, como se puede observar en los cortes geológicos de las figuras 33 y 34 (para mayor detalle consultar el Anexo 8.3: Cortes geológicos).

La figura 33 representa un corte geológico realizado al noreste del estado Falcón en la región de Mirimire, abarcando dentro del mismo a los cerros Capadare y

Mirimire, donde se observa la poca inclinación de las capas aun cuando se encuentran levemente plegadas o deformadas, teniendo en el Cerro Capadare capas buzando hacia el sur, y al norte y sur del Cerro Mirimire se disponen las secuencias de la Formación Capadare buzando hacia el sur y al norte, respectivamente.

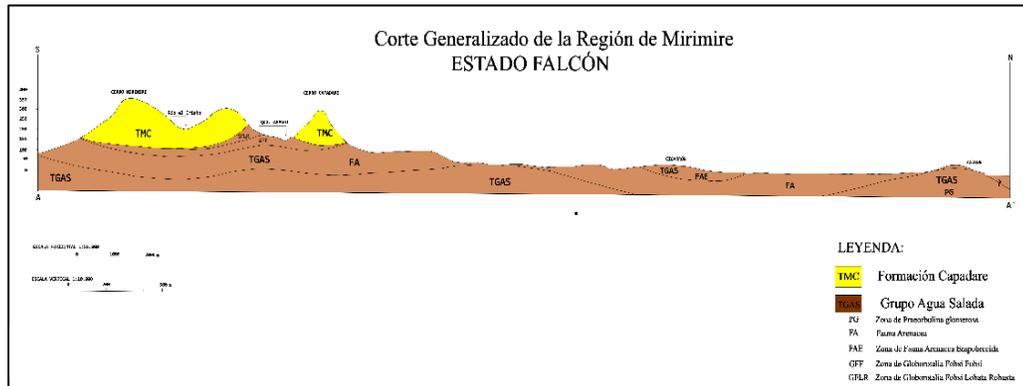


Figura 33. Corte geológico generalizado de la región de Mirimire. (Tomado y modificado de Lorente, M (1978)).

Para el corte geológico de la figura 34, realizado en una zona al norte de Tucacas atravesando al Cerro Silencio, en donde las capas poseen una inclinación que varía entre los 8 y 25 grados, a su vez se tiene que al norte del Cerro Silencio las trazas presentan un buzamiento hacia el norte, mientras que al sur del mismo cerro las capas se disponen buzando hacia el sur, generando en la interpretación una estructura plegada dada por un anticlinal.

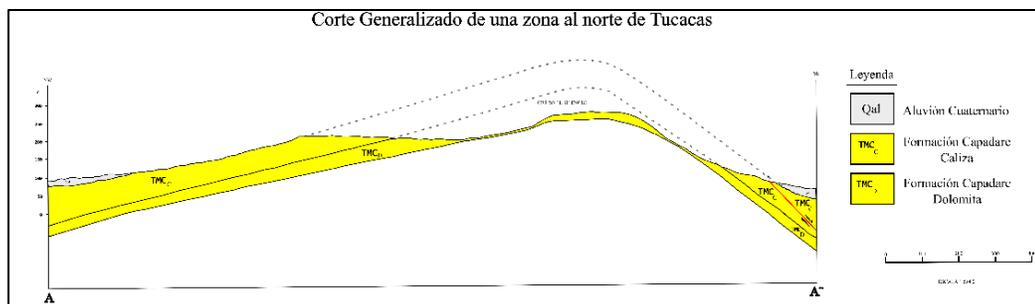


Figura 34. Corte geológico generalizado de una zona al norte de Tucacas (Tomado y modificado de Lamus, A. & La Cruz, Neri (1986))

## **IV.6 DIAGÉNESIS**

### **IV.6.1 Generalidades**

La diversidad en las etapas de diagenéticas y de cementación en los carbonatos se encuentra estrechamente relacionada con los diversos ambientes diagenéticos y procesos de enterramiento que se presentan en cada uno de ellos. Los ambientes específicos desarrollan procesos únicos de disolución, cementación y formación de minerales.

Los ambientes diagenéticos se pueden clasificar en tres grupos principales: terrestres, marinos y subterráneos. Los ambientes terrestres se dividen en zonas vadasas y freáticas, mientras que los ambientes marinos se componen de zonas poco profundas y profundas. Las áreas someras incluyen tanto las zonas superficiales de aguas profundas como las zonas freáticas bajo la influencia marina. Por último, los ambientes diagenéticos del subsuelo se refieren a las áreas de enterramiento que no están directamente influenciadas por procesos superficiales o zonas freáticas marinas o meteóricas.

La comprensión de las etapas que atraviesan los sedimentos desde su deposición hasta su conversión en roca sedimentaria depende en gran medida de la descripción diagenética. En el caso de la Formación Capadare, la descripción diagenética debe basarse en las facies identificadas, ya que estas pueden presentar diferentes ambientes de depositación y, por lo tanto, diferentes procesos diagenéticos.

### **IV.6.2 Capadare, edo. Falcón.**

Considerando la facies de esta zona, se cree que la diagénesis en general es de nivel intermedio y está influenciada por dos ambientes diagenéticos. El primero de ellos es un ambiente diagenético marino profundo, donde es probable que se hayan producido los primeros signos de cementación, así como cierta presión de compactación. Estos procesos se pueden observar petrográficamente en conchas de moluscos fracturadas (ver Fig. 35) con superficies de contacto estilolítico. Todo esto corresponde a una etapa diagenética preliminar que tuvo lugar en un entorno marino de aguas someras.

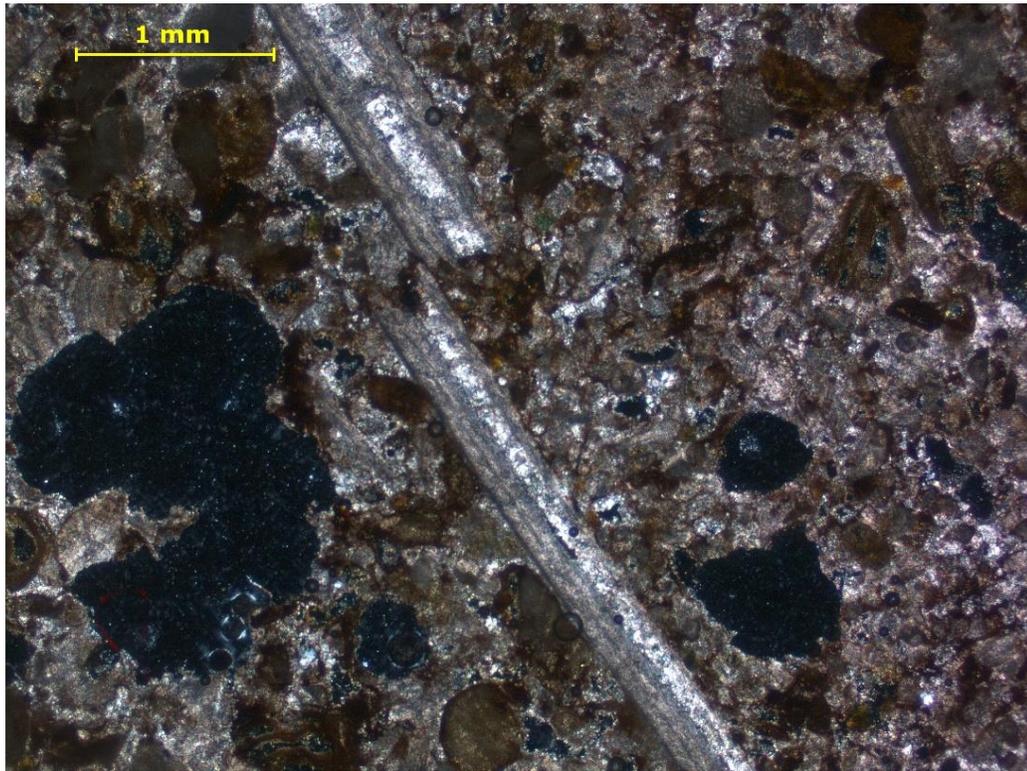


Figura 35. Fragmento de molusco fracturado en muestra CP-48 en NX del Cerro Capadare, edo. Falcón.

Posteriormente, cuando las calizas emergieron, se considera que fueron afectadas por cambios diagenéticos correspondientes a un ambiente freático (subaéreo). Se observa una pérdida de magnesio en la calcita rica en magnesio, hasta que se estabiliza en calcita con bajo contenido de magnesio. Esto afecta, por ejemplo, a las conchas del foraminífero *Amphistegina sp*, ya que pierden sus propiedades originales y sufren un proceso de recristalización (ver Fig. 36). También se produce la transformación polimórfica del aragonito a calcita, mediante la recristalización de cristales más grandes en un medio húmedo, lo que da origen al espato neomórfico.

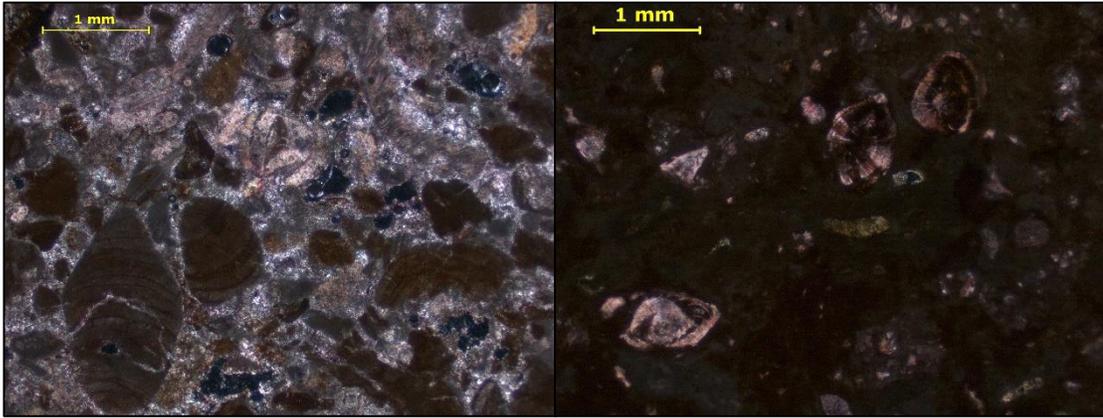


Figura 36. Recristalización de la composición original del foraminífero béntico *Amphistegina* sp. a) Muestra CP-61 del Cerro Mirimire, edo Falcón. b) Muestra CP-36 del Cerro Capadare, edo Falcón.

Otro proceso detectado en este ambiente es la porosidad secundaria, que afecta a los cuerpos carbonáticos a gran escala mediante la disolución, lo que les confiere un aspecto poroso. Esta afectación no puede tener lugar en aguas saladas que están saturadas en minerales carbonáticos comunes, sino que la presencia de estos poros implica la existencia de agua con una marcada diferencia composicional, comúnmente aguas meteóricas que han circulado a través de la roca en grandes volúmenes. Los porcentajes de esta porosidad varían entre el 4% y el 40%, y estos datos se pueden verificar en el Anexo 8.1.1. Tabla de resultados petrográficos.

#### **IV.5.3 Depósitos de Lizardo, edo. Falcón.**

La facies mencionada anteriormente exhibe una cantidad significativa de fragmentos extraclásticos, los cuales proporcionan información sobre el estadio diagenético de la roca. Por ejemplo, la deformación de granos dúctiles, como la moscovita, indica un proceso de compactación. En base a estas observaciones, se puede clasificar a esta facies como una etapa diagenética de intermedia a tardía.

La etapa diagenética de la facies de Lizardo se caracteriza por la presencia de disolución, que afecta tanto al cemento como a los fragmentos fósiles, generando porosidad secundaria. Esto indica que la etapa diagenética está algo avanzada. Además, se observa una marcada cementación y la presencia de una textura radial, lo que sugiere

una precipitación del cemento alrededor de los fragmentos de moluscos. En resumen, se trata de un proceso diagenético que ocurrió después del depósito inicial de la facies.

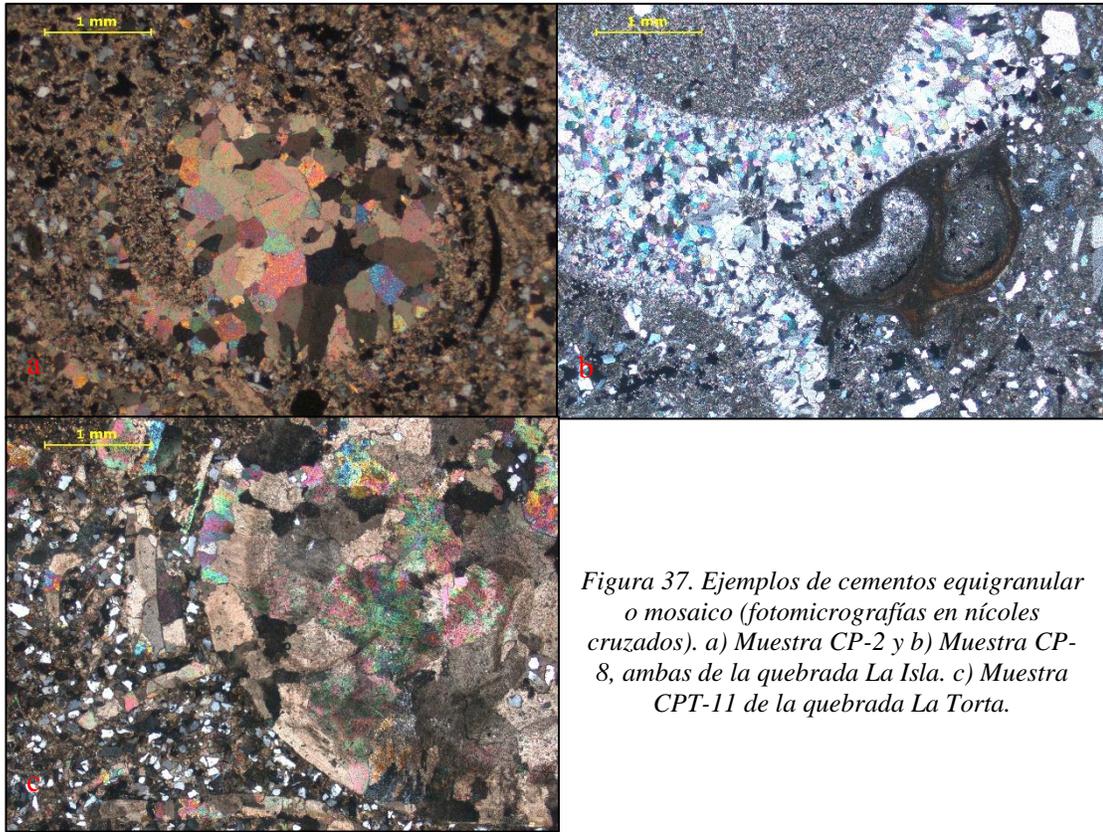
El rasgo distintivo en esta sección es la presencia de neomorfismo con inversión homoaxial y heteroaxial, siendo el primero dominante. Aunque la disolución no es muy pronunciada, es importante destacar que los fósiles presentes en toda la sección muestran esta característica.

En general, se observa un rasgo importante, que es el reemplazamiento causado por procesos de fosfatización. Este fenómeno afecta principalmente al contenido fósil presente en las rocas. Sin embargo, lo interesante es que la alta concentración de fosfatización da lugar a la formación de rocas fosfáticas carbonáticas, lo cual evidencia una diagénesis intermedia. Esto sugiere que ha ocurrido una transformación química en el sedimento original, que ha llevado a la formación de rocas ricas en fosfato y carbonato.

#### **IV.5.4 Macuere, edo. Lara.**

La Facies I ha experimentado la influencia de dos ambientes diagenéticos. El primero fue un proceso de diagénesis marina de aguas someras, que se caracterizó por la identificación de los organismos y las actividades propias del ambiente. El segundo ambiente diagenético se produjo en un subsuelo incipiente, como respuesta a un factor físico de soterramiento, lo que se evidencia por la presencia de superficie estilolítica.

En las muestras de Facies I, el cemento equigranular o mosaico es el más común (ver Fig. 37), aunque también se puede encontrar cemento isópaco y syntaxial. La presencia de este cemento sugiere que las condiciones iniciales han cambiado debido a la recristalización del lodo carbonático.



*Figura 37. Ejemplos de cementos equigranular o mosaico (fotomicrografías en nicoles cruzados). a) Muestra CP-2 y b) Muestra CP-8, ambas de la quebrada La Isla. c) Muestra CPT-11 de la quebrada La Torta.*

La presencia de microestilolitas en la muestra CP-8 es una evidencia confiable de la afectación de la facies por carga litoestática, y también sugiere la presencia de disolución y porosidad secundaria. La presencia de vetillas indica que algunos fluidos penetraron y afectaron la disolución.

La muestra CPT-7 muestra un alto porcentaje de moscovita y coexistencia con minerales de arcilla. Además, se observa cierta deformación debido a la compactación por soterramiento, como se muestra en la figura 38. Estas evidencias sugieren que esta facies se ubica en una etapa de diagénesis intermedia a tardía.

La Facies II es similar a la anterior en muchos aspectos, excepto por la ausencia de estilolitas. En esta facies, el cemento tamaño espato es dominante y los moluscos presentan inversión heteroaxial.

La Facies III conserva las características distintivas de la Facies II, con procesos de sustitución de sílice, glauconitización y fosfatización. En esta facies, se encuentra

una muestra única que exhibe características propias de una diagénesis temprana (CP-23A). La muestra es un fragmento de mudstone que se encuentra dentro de uno de los estratos, por lo que no es concluyente para determinar la etapa diagenética.



*Figura 38. Compactación en Muestra CP-7A de la quebrada La Isla. Presenta gran cantidad de fósiles muy próximos entre ellos.*

El neomorfismo homoaxial y heteroaxial se identifica en fragmentos de moluscos, siendo el segundo predominante. La presencia del segundo tipo descarta una diagénesis temprana, ya que se está produciendo una transformación polimórfica del mismo mineral, en este caso de aragonito a calcita. El aragonito es un mineral inestable, y esta característica se puede observar en toda la secuencia. En algunos casos, los fragmentos de moluscos con neomorfismo homoaxial son intraclásticos, lo que significa que se depositaron en la cuenca y su condición no determina la etapa diagenética asociada. En la figura 39, se presenta un ejemplo por facies en el que se observa cómo domina el neomorfismo heteroaxial.

Durante el desarrollo del trabajo, se ha mencionado otro proceso importante conocido como dolomitización. Este proceso se relaciona con la presencia de micrita y

óxido, lo que sugiere que no son de origen primario, sino que son el resultado de efectos diagenéticos producidos por la infiltración de fluidos ricos en magnesio. A su vez, este proceso está estrechamente relacionado con la disolución.

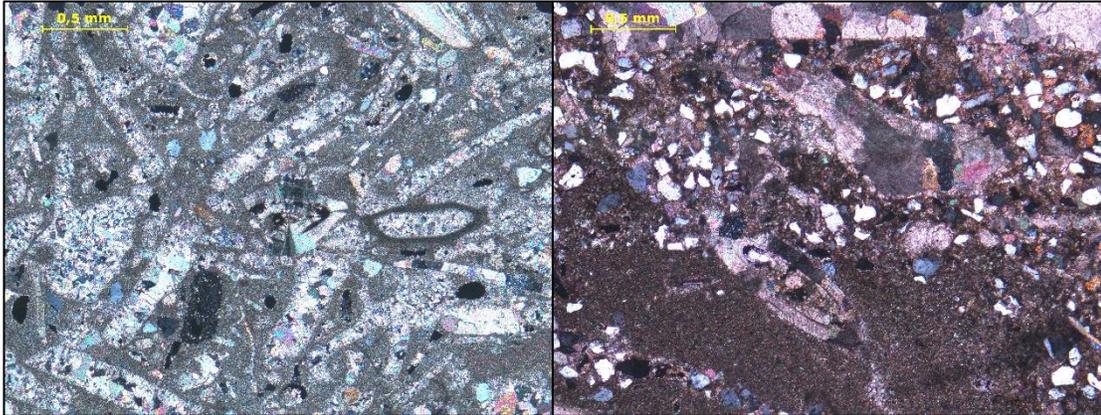


Figura 39. Ejemplos de inversión heteroaxial en fragmentos de moluscos (fotomicrografías en nicoles cruzados). Muestra CP-7B (quebrada La Isla, izquierda) y Muestra CPT-11 (quebrada La Torta, derecha).

En resumen, la secuencia completa muestra una etapa diagenética que va desde intermedia hasta ligeramente tardía, influenciada por procesos de disolución, reemplazo y cementación típicos de ambientes diagenéticos marinos y de soterramiento, especialmente en la facies más profunda. Además, la falta de cemento menisco indica que no hubo una diagénesis por exposición en el área.

La presencia de los poliquetos también indica una acción orgánica en sustrato duro que ya estaba cementado al momento de actuar los organismos (ver Fig. 40).



Figura 40. Poliquetos (anélidos) observados en muestra CP-5 de la quebrada La Isla, Macuere, edo. Lara.

#### **IV.5.5 Comparación entre las áreas estudiadas**

A continuación, se enumeran una serie de características comunes y distintivas entre las diversas secciones que han sido objeto de estudio.

- En todas las zonas estudiadas, se observa el proceso de glauconitización y fosfatización, con la excepción de la sección de Macuere, donde también se encuentra silicificación. Todo lo anterior indica la presencia de circulación de fluidos que promueven la formación de nuevas fases minerales.
- La disolución del cemento y la matriz es un proceso frecuente en todas las secciones, lo cual resulta en la formación de porosidad secundaria, siendo este fenómeno un claro indicador de diagénesis intermedia.
- La existencia de pseudoespato, un cemento recristalizado derivado de la matriz micrítica en las muestras de las localidades, sugiere una diagénesis intermedia en el sistema. Además, la presencia de estilolitas indica una diagénesis tardía. Estos procesos de recristalización y formación de estilolitas son comunes en todas las secciones estudiadas.
- En las zonas estudiadas, se observa que la presencia de inversión heteroaxial es predominante en las muestras. Esta inversión afecta principalmente a los fragmentos de moluscos, lo que sugiere que la diagénesis es de intermedia a tardía.

#### **IV.7 PROCEDENCIA**

##### **IV.7.1 Generalidades**

La Formación Capadare contiene principalmente rocas carbonáticas y rocas híbridas. Algunas de estas rocas híbridas tienen una cantidad significativa de fragmentos clásticos, lo que sugiere una posible fuente de aporte. Para identificar estas fuentes, se examinarán las asociaciones litológicas con las rocas expuestas en el momento de la deposición de la Formación Capadare.

Debido a que la zona de Capadare está representado por carbonatos limpios, es decir, no hay existencia de rocas híbridas, no fue tomado en cuenta para esta sección.

En este estudio se analizarán un total de 5 muestras, de las cuales 4 provienen de la localidad de Macuere, en el estado Lara, y 1 proviene de la zona de Lizardo, en el estado Falcón. Se seleccionaron estas muestras específicas debido a que presentan porcentajes de siliciclásticos mayores al 20%.

### VI.7.2 Asociación litológica

La Formación Capadare está compuesta por rocas híbridas que contienen una variedad de componentes siliciclásticos, siendo los más abundantes el cuarzo monocristalino y policristalino metamórfico, seguidos por el feldespato K (ortosa y microclino), fragmentos de rocas, plagioclasa y moscovita, en orden decreciente de porcentaje. La Figura 41 proporciona información sobre las características de cada uno de estos componentes extraclásticos.

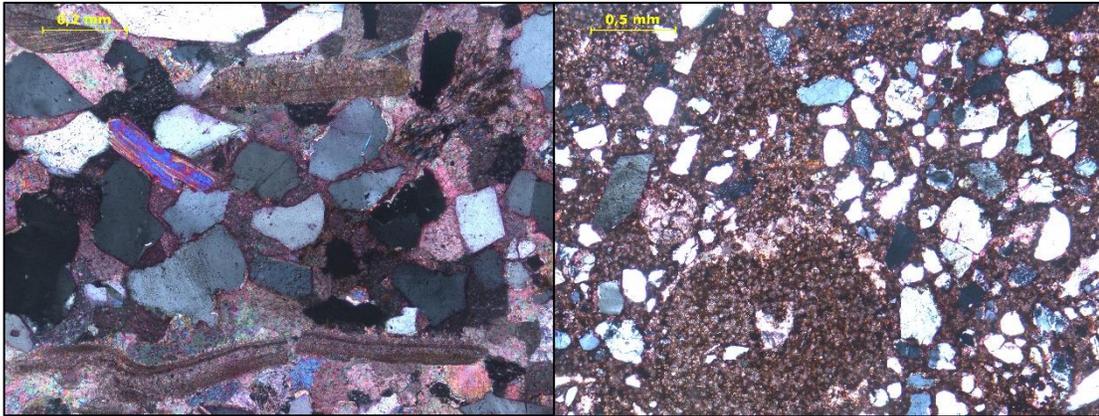


Figura 41. Distintos componentes extraclásticos. Muestra CPT-7(izquierda) de la quebrada La Torta y muestra CP-18 de la quebrada La Isla (derecha), ambas en la región de Macuere, edo. Lara (imágenes en nícoles cruzados)

El cuarzo monocristalino y policristalino metamórfico constituye entre el 10% y el 27% del total de la muestra. Está presente en forma sub-angular a sub-redondeada y se conserva bien. Además, muestra extinción ondulatoria y, en algunos casos, presenta bandas y en otras fracturas. Se puede observar un ejemplo en la figura 42.

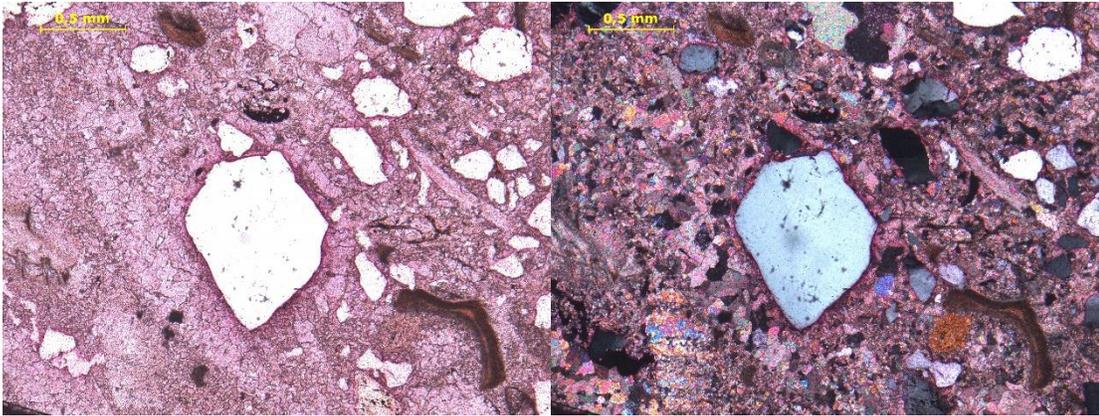


Figura 42. Ejemplo de fragmento de cuarzo en muestra CP-23 de Macuere, edo. Lara (izquierda en NP, derecha en NX).

El feldespatos potásico presente en la muestra principalmente corresponde al tipo ortosa, aunque también se encuentran ejemplares bien preservados de microclino con su característica textura tartán. Representa entre el 3 y 14% del total de la muestra y se encuentra en forma sub-angular a angular.

La muestra contiene fragmentos de roca que conforman hasta un 5% del total. La mayoría de estos fragmentos son de chert. Los fragmentos de chert tienen una forma sub-redondeada a sub-angular y se encuentran bien conservados.

Las plagioclasas representan hasta el 2% de la muestra y se identificaron como andesina según los ángulos de maclado determinados para ejemplares bien preservados. En algunos casos, se encontraron con maclado tipo albita y de penetración. Algunas plagioclasas estaban deformadas y/o fracturadas, mientras que otras mostraban disolución a lo largo de sus planos de maclado.

La moscovita se encuentra como mineral accesorio. En algunos casos particulares, la moscovita puede superar el 1% de la muestra, se presenta bien preservada y sugiere un origen metamórfico.

A partir de lo que se ha mencionado anteriormente, se considerarán como indicadores de posibles fuentes de sedimentos todos los siliciclásticos excepto el cuarzo. Esto se debe a que el cuarzo se puede encontrar en cualquier tipo de roca fuente

y, por lo tanto, no permite distinguir una fuente específica. Sin embargo, es relevante mencionar que el cuarzo presente en la muestra proviene de una fuente metamórfica.

La plagioclasa (andesina) presente en las muestras se puede asociar a la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare, específicamente al Metagabro Anortosítico de Yumare, que según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), está compuesto en alto grado de plagioclasa andesina. Esta unidad tiene litologías como gabro y anortosita con hasta 75% de plagioclasa andesina.

El feldespato en las muestras puede estar relacionado con el Gneis de Yaritagua, específicamente con su litología de gneis porfidoblástico, con grano grueso y "augen" de feldespato (ortosa, microclino y albita) y a veces cuarzo (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ, 1976).

Para identificar una posible fuente, se seleccionarán únicamente los fragmentos de micas metamórficas (como la moscovita) y biotita cloritizada. Se consideran tres fuentes potenciales para estos fragmentos:

- 1) En el Gneis de Yaritagua, se incluye una unidad de esquisto que contiene cuarzo y mica, según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ en 1968.
- 2) LOZANO & MUSSARI (2009) describe un litotipo gneis cuarzofeldespático-biotítico del Metagabro Anortosítico de Yumare, que se encuentra en el cerro de Salsipuedes. Este litotipo contiene moscovita, epidoto, y ocasionalmente hornblenda. Además, en algunas ocasiones se puede encontrar esquisto cuarzo-micáceo con textura lepidoblástica;
- 3) Según LOZANO & MUSSARI (2009), el Esquisto de Aroa está compuesto por tres tipos de litotipos: Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo, Filita grafitosa-micácea y Mármol. Aunque la presencia del mineral accesorio circón sugiere una fuente ígnea, esto solo confirma la génesis ígnea de algunos de los protolitos de los litotipos metamórficos mencionados, tal como se explicó anteriormente.

Las rocas de las Unidades de Yaritagua, Yumare y Aroa, expuestas según DÍAZ DE GAMERO *et al* (1976) y CARNEVALI *et al* (2000), representan fuentes de aporte clástico durante el Mioceno Temprano. Estas rocas no contradicen cronológicamente la posibilidad de ser la fuente de aporte para la parte clástica de la Formación Capadare,

la cual se depositó durante el Mioceno Medio, según la bioestratigrafía propuesta por DÍAZ DE GAMERO (1985).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Formación Capadare se caracteriza por ser una sucesión de rocas carbonáticas ricas en fósiles y niveles dolomíticos, que se alternan con rocas híbridas y capas de lutita.
- En cuanto a las clasificaciones asignadas a las muestras de carbonato estudiadas, se observa que predominan, según DUMHAN (1962) las categorías de rocas packstone, seguidas de grainstone, y en menor medida wackestone y mudstone. Según la clasificación de FOLK (1962), se encuentran principalmente bioesparita, seguida de micrita, aunque también se encuentran muestras de intraesparita y micrita fosilífera en menor proporción. En cuanto a las rocas híbridas, se clasifican principalmente como caliza aloquímica arenosa según MOUNT (1962), seguidas de micrita arenosa, y finalmente arenisca aloquímica.
- En el área, se encuentran fósiles comunes como fragmentos de moluscos y *Nummulites sp.* Sin embargo, cada zona presenta organismos fosilizados específicos. Por ejemplo, en Macuere es común observar poliquetos (anélidos) y ocasionalmente *Miogypsina sp* y discociclinidos. En Capadare, el contenido distintivo son las algas rojas, como *Lithothammium sp*, y la presencia esporádica del foraminífero béntico *Amphistegina sp.* En Lizardo, la mayoría de las muestras contienen algas y corales como traza.
- En Macuere, se identificaron tres litofacies distintas. La Facies I está compuesta por rocas híbridas que alternan con carbonato limpio. La Facies II consiste en rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca. Finalmente, la Facies III está formada por rocas carbonáticas compactas intercaladas con lutitas. Para Lizardo se distingue tres facies: Facies I, rocas carbonáticas muy fosilíferas con impregnaciones fosfáticas locales; Facies II, rocas carbonáticas fosfáticas muy fosilíferas y Facies III, rocas híbridas. Por otro lado, en la región de Capadare, se encontró una sola litofacies, conocida como Facies I, que está compuesta por rocas carbonáticas que se encuentran entre secuencias de lutitas.

- La sedimentación de los diferentes tipos de rocas en la Formación Capadare fue influenciada por cambios en el nivel del mar, lo que resultó en la formación de varios ambientes de depositación entre laguna interna proximal a la línea de costa y delante del arrecife.
- La diagénesis se relaciona tanto a los ambientes diagenéticos como con los efectos del soterramiento. Se le asigna una etapa diagenética que va desde intermedia hasta tardía, lo cual se evidencia por la presencia dominante del neomorfismo heteroaxial sobre el homoaxial, así como por procesos diagnósticos como la fosfatización y glauconitización. También se observa la formación de microestilolitas, porosidad secundaria y recristalización de la matriz.
- La formación de fosfatos en Lizardo, estado Falcón, está relacionada con características ambientales específicas. Se encuentra en una zona donde la influencia clástica transportada por los ríos continentales afecta al banco arrecifal, creando una apertura en el mismo. Esta apertura permite la entrada de agua marina cargada de nutrientes y la percolación de soluciones derivadas de los excrementos de aves o guano en la zona arrecifal, lo que genera procesos de fosfatización
- La asociación litológica de los fragmentos siliciclásticos presentes en las rocas híbridas revela que el feldespatos se relaciona con el Gneis de Yaritagua, la plagioclasa (andesina) con la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare, y las micas (moscovita y biotita) pueden tener tres posibles fuentes: 1) Gneis de Yaritagua, unidad de esquisto cuarzo micáceo; 2) Metagabro Anortosítico de Yumare, litotipo gneis cuarzo-feldespáticobiotítico; y 3) Esquisto de Aroa.

Se recomienda:

- Actualizar la información existente actualmente de la Formación Capadare en el Léxico Estratigráfico de Venezuela, en lo que respecta a su descripción como su extensión.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreviatura: UCV-G = Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito.

- AUDEMARD, F. (1995). *La Cuenca Terciaria de Falcón, Venezuela Noroccidental: síntesis estratigráfica, génesis e inversión tectónica*. Memorias IX Congreso Latinoamericano Geológico. Caracas.
- ARIAS, F. G. (1999). *Metodología de la investigación*. Caracas: Episteme.
- BOESI, T. & GODDARD, D. (1991). *A new geologic model related to the distribution of hydrocarbon source rocks in the Falcon basin, northwestern Venezuela*, en BIDDLE, K., (ed.) AAPG, Memoir 48, p. 303 – 319.
- CAMACHO, A., MIJARES, M. & SCHERER, W. (1988). *Geología de la zona de Sanare Buena Vista, sector Agua Linda, estado Falcón, Venezuela*. GEOS, 29: 18-24.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1962). *Mapa de geología de superficie*. Hoja C-5 y C-6. Venezuela. Escala 1:100.000.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1962). *Mapa de geología de superficie*. Hoja C-6 (A, B, C y D). Venezuela. Escala 1:50.000.
- DÍAZ DE GAMERO, M. L. (1985). *Estratigrafía de Falcón Nororiental*. Memorias VI Congreso Geológico Venezolano. 1: 454-502.
- DUNHAM (1962), R. 1962. *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. Memoir 1 Simposio Classification of carbonate rocks. Publicado por American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A. 108-121 p.
- FOLK, R. (1962). *Spectral subdivision of limestone types*. Classification of Carbonate Rocks, Memoria 1, pp. 62-84.
- GHOSH S., PESTMAN P., MELENDÉZ L., TRUSKOWSKI I. & ZAMBRANO E. (1997). *Evolución Tectonoestratigráfica y Sistemas Petrolíferos de la Cuenca de*

- Falcón, Venezuela Noroccidental. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano. Soc. Venezolana de Geólogos. Tomo I: 317-329.*
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., ITURRALDE DE AROZENA, J & PICARD-CADILLAT, X. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas, Foninves ediciones, v. 2, 1034p.
  - GONZÁLEZ, P. (2009). *Control sedimentológico y análisis de facies litológicas de las formaciones Socorro y Caujarao, Campo La Vela, estado Falcón*. UCV-G, 201p.
  - INSTITUTO GEOGRÁFICO VENEZOLANO SIMÓN BOLÍVAR (IGVSB) (1968). *HOJA 6448: Araurima*. Venezuela. Escala 1:25.000.
  - INSTITUTO GEOGRÁFICO VENEZOLANO SIMÓN BOLÍVAR (IGVSB) (1968). *HOJA 6449: Mirimire*. Venezuela. Escala 1:25.000.
  - INSTITUTO GEOGRÁFICO VENEZOLANO SIMÓN BOLÍVAR (IGVSB) (1968). *HOJA 6248: Churuguara*. Venezuela. Escala 1.25:000.
  - JAM L, P. (1997). *Formación Agua Linda*. Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.
  - JAM L, P. (1997). *Formación Casupal*. Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.
  - KUGLER, H. (1989). *Mapa de geología de superficie (Falcón Este)*. MARAVEN, Caracas. Escala 1:100.000.
  - LAMUS, A & LA CRUZ, N. (1986). *Estudio geológico y ubicación de depósitos de fosfato al norte de Tucacas, Distrito Silva, estado Falcón*. UCV-G.
  - LAMUS, A., LA CRUZ, N. & SCHERER, W. (1989). *Estudio geológico y ubicación de depósitos de fosfato al norte de Tucacas, Distrito Silva, estado Falcón*. GEOS, 29:69-79.
  - LÓPEZ, I. (2005). *Integración y actualización geológico cartográfica de una zona ubicada al noreste del estado Falcón entre los distritos: Zamora, Acosta, Miranda y Colina*. UCV-G. 206 p.

- LORENTE, M. A. (1978). *La caliza de Capadare y sus relaciones con la cuenca de Agua Salada, estado Falcón*. UCV-G.
- LORENTE, M. A. (1997). *Formación Ojo de Agua*. Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.
- MACELLARI C. E. (1995). *Cenozoic Sedimentation and Tectonics of the Southwestern Caribbean Pull-Apart Basin, Venezuela and Colombia*. AAPG Memoria 62, p. 757-780.
- MÉNDEZ, J. G. (1967). *Definición de la Formación Agua Linda, Sección de referencia de la Formación Casupal y descripción litológica de algunas secciones de esta formación en la parte sur-oriental de la sub-cuenca de Falcón*. Soc. Ven. Geol. Min. y Petr., Bol. Inform., 10(4): 111-119.
- MÉNDEZ, J. (2009). *Carbonatos. Origen y Sedimentación*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 111-130.
- MOUNT, J. 1985. *Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification*. Sedimentology, 435-442 p.
- PENÍN, J. & VILLARROEL, V. (2005). *Integración y actualización geológica del área de Jacura y Capadare, estado Falcón*. UCV-G. 199 p.
- PERNÍA, S. & TIRADO, K. (2011). *Caracterización geológica y análisis sedimentológico de la Formación Capadare en las regiones de Macuere, estado Lara y Riecito, estado Falcón*. UCV-G. 178 p.
- PORRAS, L. (2000). *Evolución tectónica y estilos estructurales de la región costa afuera de las Cuencas de Falcón y Bonaire*. Memorias VII Simposio Bolivariano, Exploración Petrolera en la Cuencas Subandinas, Sociedad Venezolana de Geólogos, Caracas, pág. 279-292.
- RODRÍGUEZ, J. & SOUSA, J. (2003). *Estudio geológico-estructural y geofísico de la sección Cabo San Román-Barquisimeto, estados Falcón y Lara*. UCV-G. 322p.
- SCHERER, W. (1997). *Formación Capadare*. Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.

- SCHERER, W. (1997). *Formación La Luna*. Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.
- WHEELER, C. B. (1963). *Oligocene and lower Miocene stratigraphy of western and northeastern Falcón basin, Venezuela*. AAPG Bulletin, 47, 35–68.
- WIEDENMAYER, C. (1924). *Zur Geologie von Ost-Falcon (Nordwest Venezuela)*. Eclog. Helv., 18(4): 508-512.

## VII. APÉNDICES

### 7.1 Apéndice I. Consideraciones teóricas (definiciones)

#### Rocas Carbonáticas

Son rocas sedimentarias pertenecientes al grupo de rocas no clásticas, están compuestas predominantemente por minerales de calcita, aragonito y dolomita. Los materiales que las forman se encuentran cerca del sitio de depositación y se originan principalmente en el medio marino por procesos biológicos, y en el caso de la dolomita durante los procesos diagenéticos MÉNDEZ (2009).

FOLK (1962) divide a los componentes principales de las rocas carbonáticas en dos tipos: aloquímicos y ortoquímicos (micrita o lodo carbonático y cemento calcítico esparítico).

**Aloquímicos:** Son agregados organizados de sedimentos o rocas carbonáticas que se forman en la cuenca de sedimentación; incluyen a granos o partículas como fósiles, oolitas, pellets, etc. FOLK (1962). Se pueden diferenciar en:

- 1) Clastos (fragmentos de rocas): rocas o sedimentos que han sido erosionados y transportados, tamaño arena o grava, frecuentemente redondeados. Estos ocasionalmente son difíciles de diferenciar (FOLK, 1962). Pueden ser de dos tipos:
  - i) Intraclastos: clastos carbonáticos formados, transportados y redepositados dentro de la cuenca y/o luego han sido retrabajados en la misma.
  - ii) Extraclastos: clastos carbonáticos o no, formados fuera de la cuenca, que son transportados y depositados en la misma.
- 2) Oolitas: MÉNDEZ (2009) las define como estructuras de composición carbonática con tamaños variables entre  $>1\text{mm}$  hasta  $<2\text{mm}$ , de forma elipsoide o esféricas laminadas alrededor de un núcleo que puede ser de granos carbonáticos, cuarzo, fragmentos fósiles, entre otros.
- 3) Pellets/Peloides: Partículas de tamaño arena, limo o granos finos compuestos por micrita o lodo carbonático, con estructura interna indistinguible. Cuando son interpretados de origen fecal, se llaman pellets, que son más frecuentes. Tienen forma circular a elíptica y aproximadamente  $0,1\text{ mm}$  de diámetro, aunque el rango

típico es de 0,5 mm. Es probable que los peloides sean formados por intensa micritización de bioclastos u ooides, FOLK (1962).

- 4) Partículas esqueléticas o Bioclastos: fragmentos de organismos segregadores de carbonatos. Poseen estructura dura y mantienen una forma reconocible, en este grupo entran las conchas, macrofósiles y microfósiles, partes esqueléticas, etc., MÉNDEZ (2009).

**Ortoquímicos:** son aquellos sedimentos que sirven de rellenos entre los espacios o precipitan directamente con una composición carbonática. De acuerdo a su tamaño FOLK (1962) reconoce dos tipos principales:

- 1) Calcita microcristalina o micrita: También llamada matriz o lodo carbonático debido a su tamaño muy pequeño. Los granos poseen un diámetro de 1 a 4 micras.
- 2) Cemento calcita esparítico: o cemento carbonático, son cristales que suelen tener un tamaño mayor a las 10 micras.

- **Clasificación de rocas carbonáticas**

Las clasificaciones usadas en rocas carbonáticas pueden ser agrupadas en cuatro tipos: descriptivas, genéticas, químicas y texturales. Para este estudio es de interés el uso de la clasificación textural ya que considera y distingue los componentes principales, el porcentaje de micrita, cemento, las relaciones y tipo de empaquetamiento de los diversos elementos, etc. Esta clasificación puede definir mejor el ambiente y las facies donde se encuentran los elementos formadores de rocas.

- **Clasificación de textura depositacional en rocas carbonáticas según DUNHAM (1962)**

Esta clasificación se centra en la textura que domina la roca en el momento de la depositación (ver Fig. 43). Para clasificar una roca carbonática de acuerdo a este autor primero se debe determinar si las estructuras esqueléticas o armazones que conforman la roca se construyeron o no durante la depositación, las rocas que cumplen con esta característica, es decir, rocas formadas de componentes junto con la depositación se denominan “Boundstone”, las cuales poseen una forma dada por el

ambiente depositacional original de organismos como corales, organismos incrustados como briozoarios o mecanismos de sedimentos atrapados como cianobacterias. Por lo general son carbonatos con estructura de crecimiento o edificada con apariencia laminada.

Para las rocas formadas de componentes no estructurados junto con la depositación, ya sean componentes depositados como discretos granos (granos carbonáticos, partículas esqueléticas, etc.) o cristales, las rocas son divididas según su contenido de lodo carbonático (micrita), siendo:

- **Mudstone:** roca carbonática soportada por lodo carbonático que contiene menos del 10% de granos carbonáticos. Su formación tiene implicaciones de aguas calmadas donde es escasa la producción de organismos.
- **Wackestone:** roca carbonática soportada por lodo carbonático que contiene más de un 10% de granos carbonáticos, esencialmente subredondeados.
- **Packstone:** roca carbonática soportada por granos con poco contenido de lodo carbonático. Estas rocas son depositadas en aguas agitadas. A veces es difícil diferenciar entre packstone y wackestone.
- **Grainstone:** roca carbonática soportada por granos que no contiene lodo. No tiene implicaciones hidráulicas, muchas son producto de una rápida producción local y acumulación de granos antes de que puedan ser contaminados por lodo. Con frecuencia en los intersticios de la roca se encuentran rellenos por cemento espático.

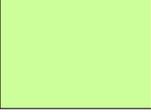
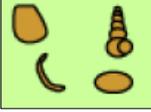
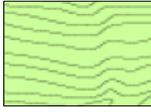
Componentes originales no enlazados durante la depositación				Componentes originales enlazados en la depositación. Intercrecimiento de material esquelético, laminación contraria a la gravedad, organismos incrustantes y aglutinantes, sedimentos rellenando cavidades de origen orgánico, etc.
Granos < 2mm				
Contiene lodo (matriz micrítica)		Sin lodo		
Soportada por lodo		Soportada por granos		
< 10% de granos	> 10% de granos			
				
<b>Mudstone</b>	<b>Wackestone</b>	<b>Packstone</b>	<b>Grainstone</b>	<b>Boundstone</b>

Figura 43. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962)

- **Clasificación Textural en rocas carbonáticas según FOLK (1962)**

Requiere del reconocimiento preciso de los tipos y abundancia de granos carbonáticos (aloquímicos) y la abundancia relativa de micrita y espato. La clasificación se va desarrollando jerárquicamente donde se va excluyendo los componentes de acuerdo a un rango de porcentajes establecidos (ver Fig. 44) y requiere que se proceda a través de los siguientes pasos:

1. Determinar la abundancia relativa de granos carbonáticos (aloquímicos) dentro del porcentaje de la roca total, y verificar si el mismo es > 10% granos o <10% de granos.
2. Determinar la abundancia relativa del ortoquímico (micrita y espato), y establecer si espato>micrita o micrita>espato.

3. Normalizar los tipos de granos carbonáticos a 100% para distinguir la abundancia de cada tipo de grano carbonático (intraclastos, ooides, fósiles, pelets, oncoides, etc.) dentro del porcentaje de granos total.
4. Establecer el nombre apropiado a partir de la clasificación en base a los factores establecidos previamente. El nombre de la roca es derivado de la combinación de la abreviación del aloquímico predominante (siendo intra de intraclastos, pel de pelets, oo de ooides, bio de fósiles, etc.) con la abreviación del ortoquímico predominante (ya sea micrita, dismicrita, microesparita o esparita). Ejemplo Pel + esparita = Pelesparita.
5. Al nombre se le puede añadir un sufijo denotativo del tamaño de granos carbonáticos predominante (ita de arenita y rudita de tamaño grava). Aunque se debe acotar que Folk utiliza 1 mm como el límite entre arenitas y ruditas.
6. En el caso de que la caliza contiene 10% o menos de granos carbonáticos, son calizas micríticas o calizas espáticas. Si contiene <1% de granos, se denominan micrita o esparita. Pero si contienen 1 – 10% de granos carbonáticos, se le adiciona al nombre el tipo de grano predominante. Ejemplo micrita + fósiles = biomicrita fosilífera.
7. Si la caliza biogénica presenta una estructura esquelética o armazón formada junto a su depositación, como la roca de arrecifes de corales, se le llama biolitita.
8. Esta clasificación también puede usarse para dolomías. Cuando una roca está formada por abundancia de dolomitas de granos finos se denomina dolomicrita. Si la roca está constituida por dolomita que es un producto de reemplazamiento en caliza, el nombre asignado depende de la presencia o ausencia de granos carbonáticos “fantasmas” reconocibles. Ejemplo dolomía oolítica o dolomía cristalina media.

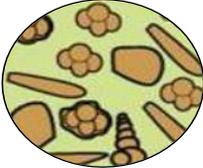
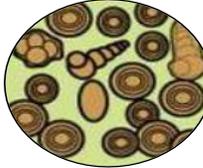
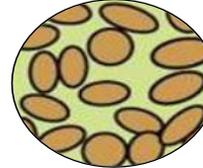
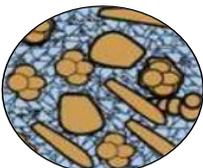
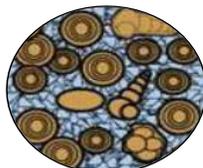
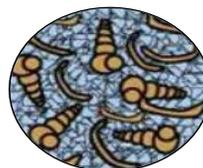
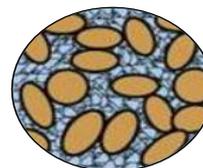
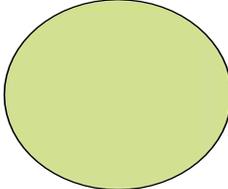
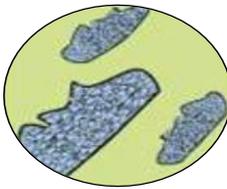
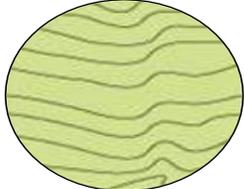
Rocas Aloquímicas			
Composición dada por abundancia de aloquímicos			
Intraclastos	Ooides	Fósiles	Pellets
			
Intramicrocristalita	Oomicrita	Biomicrita	Pelmicrocristalita
			
Intraesparita	Ooesparita	Bioesparita	Pelesparita
Rocas Ortoquímicas (Aloquímicos ausentes)		Rocas Autóctonas	
			
Micrita		Dismicrita	
			
Biolitita			
 Lodo Carbonático		 Cemento de calcita esparita	

Figura 44. Clasificación textural de rocas carbonáticas según Folk (1962)

### Rocas híbridas

Las rocas híbridas son también denominadas carbonatos de mezcla, ya que son rocas carbonáticas que dentro de su composición tienen más de un 10% de sedimentos o componentes siliciclásticos (MOUNT, 1985).

Mount (1985) propone un sistema de clasificación donde unifica los aspectos texturales con la composición de la roca. Los sedimentos mixtos consisten principalmente de cuatro componentes: arenas siliciclásticas, lodo siliciclástico, arenas carbonáticas y lodo carbonático. Los cuatro componentes definen los miembros finales del sistema de clasificación tetrahedral. Es necesario, cuando se hacen subdivisiones

basados en textura y composición desarrollar definiciones precisas de cada uno de los componentes, ya que la literatura describe contenidos variables de sedimentos mixtos, antiguos y modernos, usados en estos términos.

Para ello elabora un sistema tetrahedral (Figura 45) donde en cada vértice se especifica cada uno de los aspectos a evaluar:

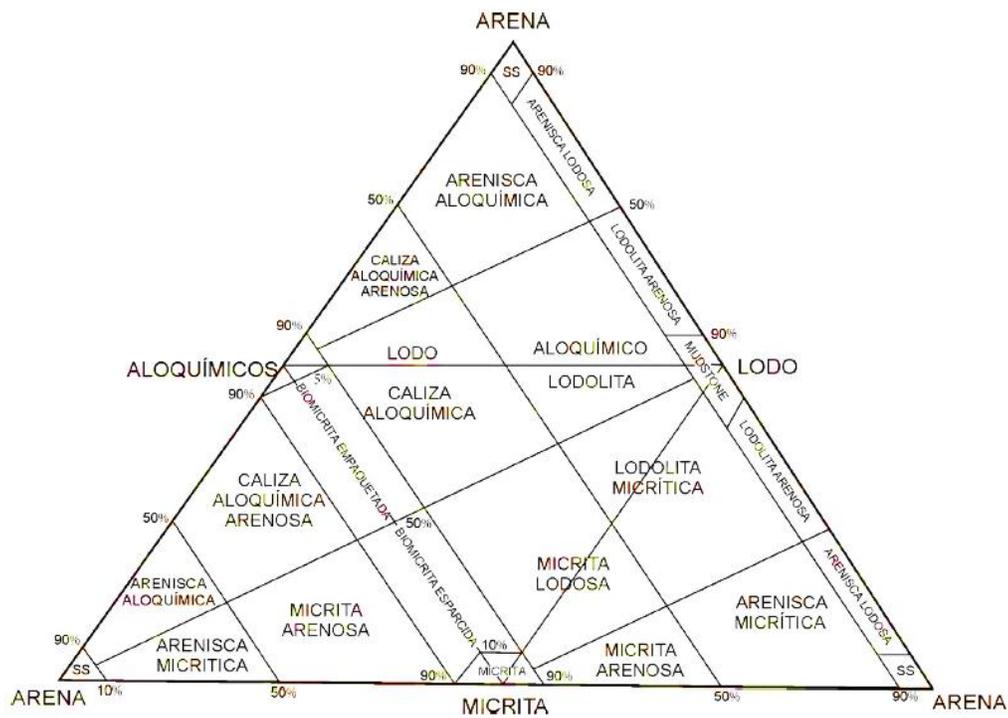


Figura 45. Tetraedro propuesto por MOUNT (1985) que muestra las 8 subdivisiones de sedimentos

- Arenas: Son considerados aquellos granos de cuarzos, feldspatos, otros silicatos y minerales pesados que estén en el rango de 0.0625 a 2mm en diámetro.
- Lodo: Describe sedimentos de siliciclastos cuyo diámetro es menor a 0.0625mm y generalmente están conformados por mezclas de sílice y arcillas.
- Aloquímicos: Son partículas carbonáticas detríticas con tamaños de mayor a 20 micras, intracuena que han sido transportadas u organizadas en forma de agregados. Comúnmente incluyen ooides, intraclastos, bioclastos y peloides.

- Micrita: Denominada lodo limoso con granos usualmente no mayores a 1-20 micras de diámetro. Sin embargo, procesos posteriores de neomorfismo pueden actuar agrandando los cristales considerablemente.

A partir de allí se genera un diagrama de representación binaria con respuestas positivas y negativas a las preguntas basadas en los aspectos anteriormente mencionados (Fig. 46). El nombre de la roca está dado por los 2 o 3 componentes mayoritarios.

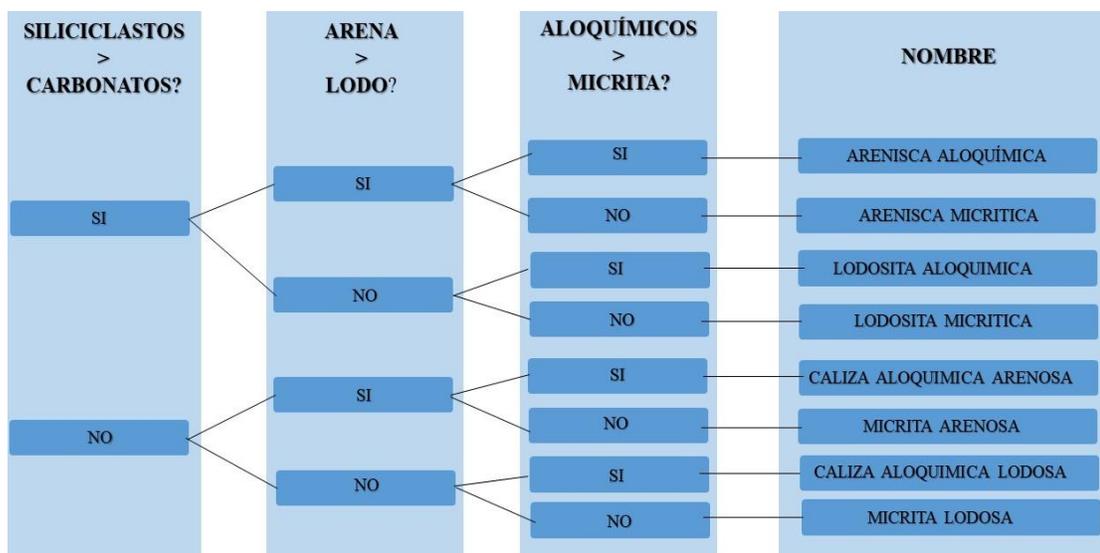


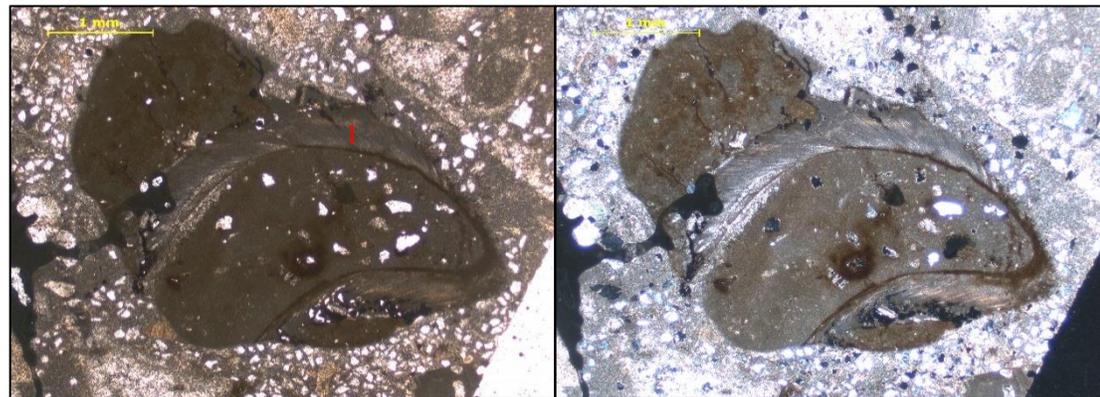
Figura 46. Esquema propuesto por MOUNT (1985) para la clasificación de rocas híbridas

## 7.2 Apéndice II. Observaciones petrográficas. Depósitos de Lizardo, estado Falcón.

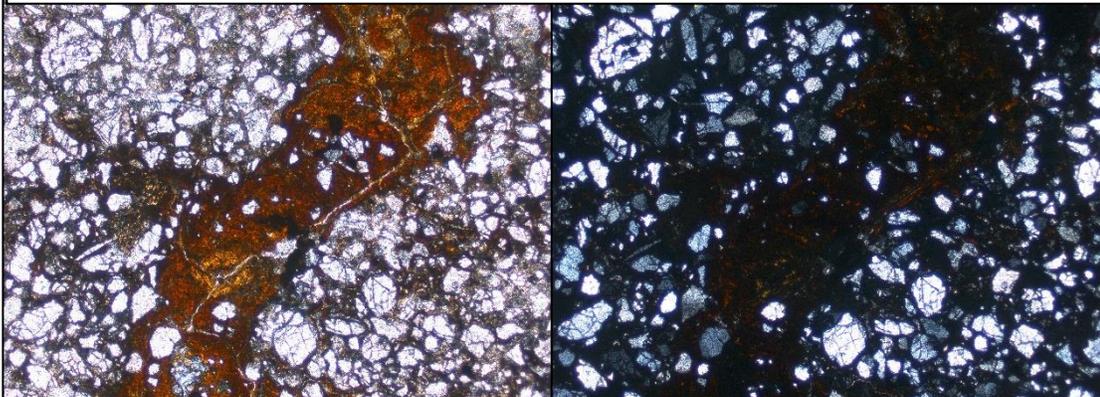
Todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nícoles paralelos y a la derecha en nícoles cruzados.



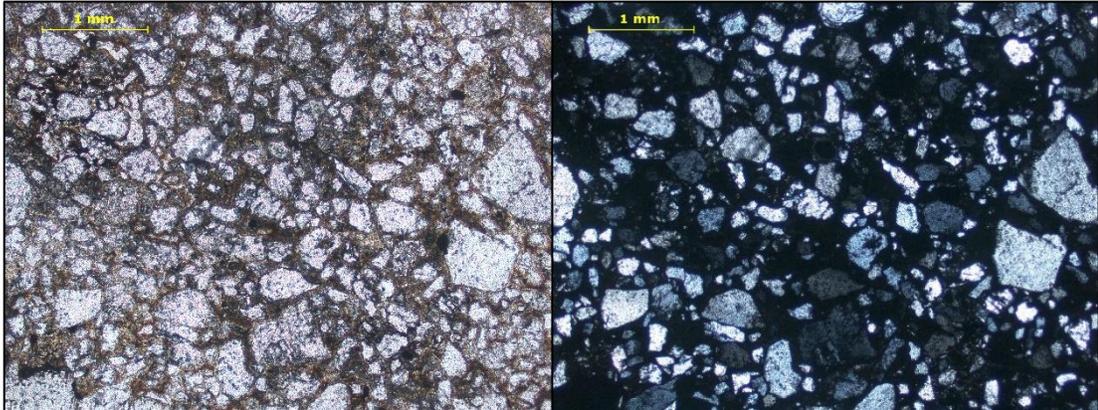
**Fotomicrografía 1. Muestra CP-29. Detalles: 1) Fragmento de alga. 2) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.**



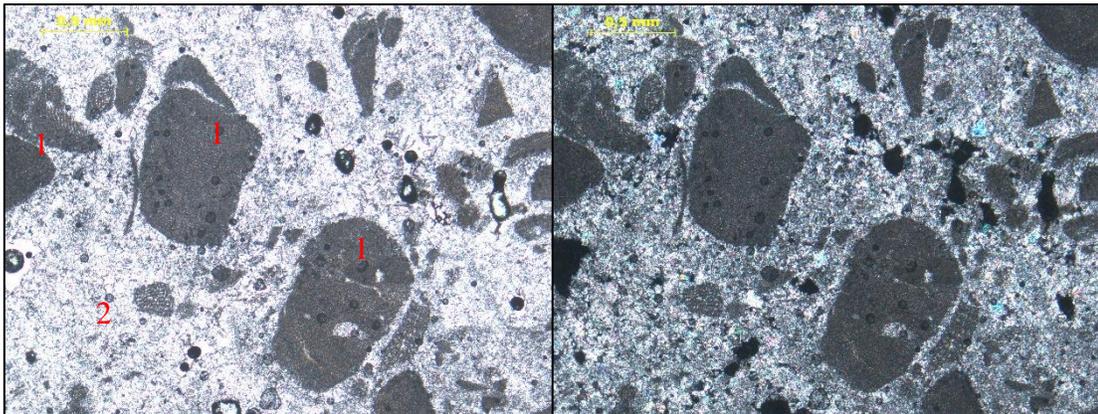
**Fotomicrografía 2. Muestra CP-29. Detalles: 1) Fragmento de molusco con interior relleno de micrita e inversión homoaxial.**



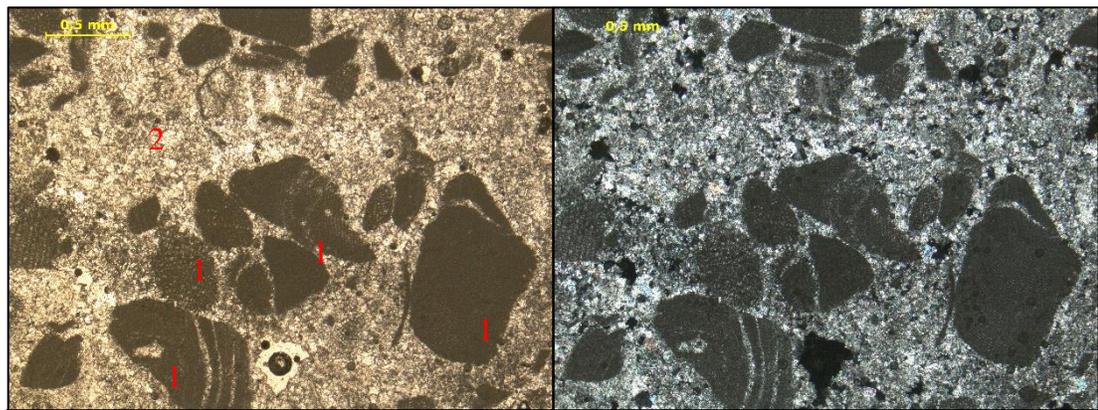
**Fotomicrografía 3. Muestra CP-38. General: Abundante contenido de extraclásticos (en especial cuarzo y feldespatos) en una matriz carbonática afectada por una fosfatización.**



**Fotomicrografía 4. Muestra CP-38. General:** Abundante contenido de extraclásticos (en especial cuarzo y feldespatos) en una matriz carbonática afectada por una fosfatización.

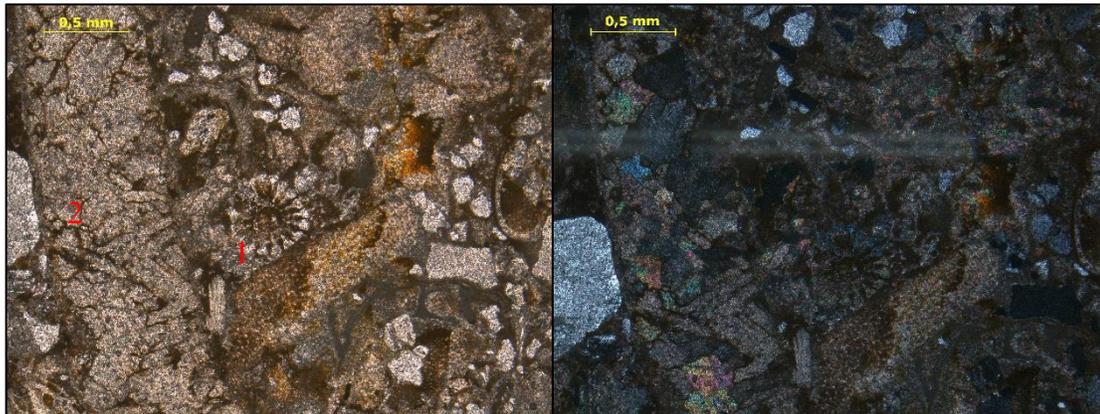


**Fotomicrografía 5. Muestra CP-45. Detalles:** 1) Fragmentos de algas coralinas. 2) Cemento de tamaño microespato.

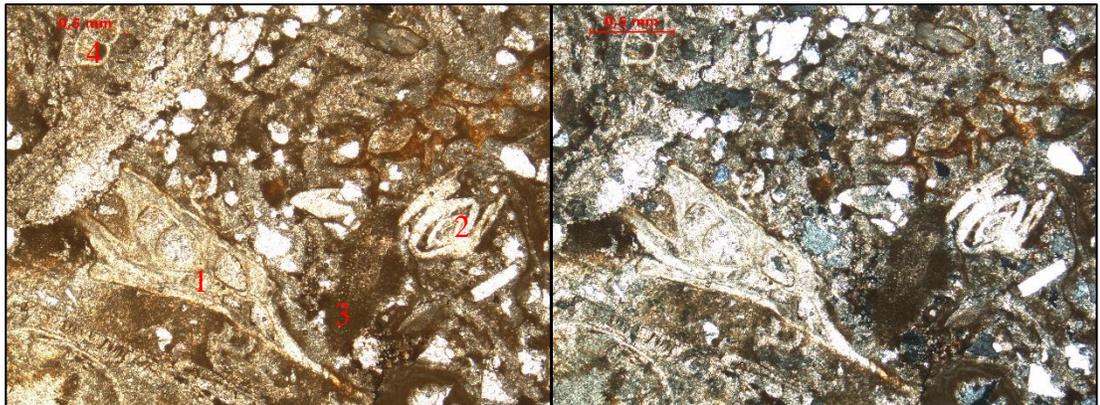


**Fotomicrografía 6. Muestra CP-45. Detalles:** 1) Fragmentos de algas coralinas. 2) Cemento de tamaño microespato.

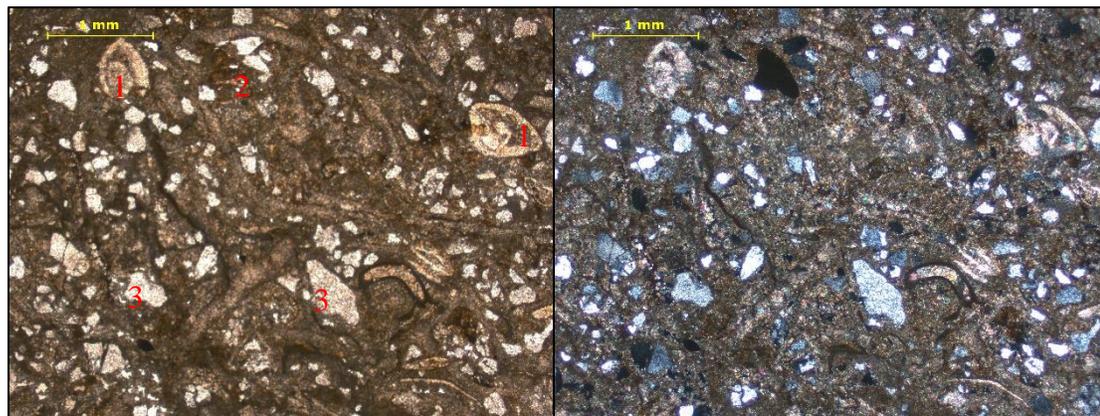
3



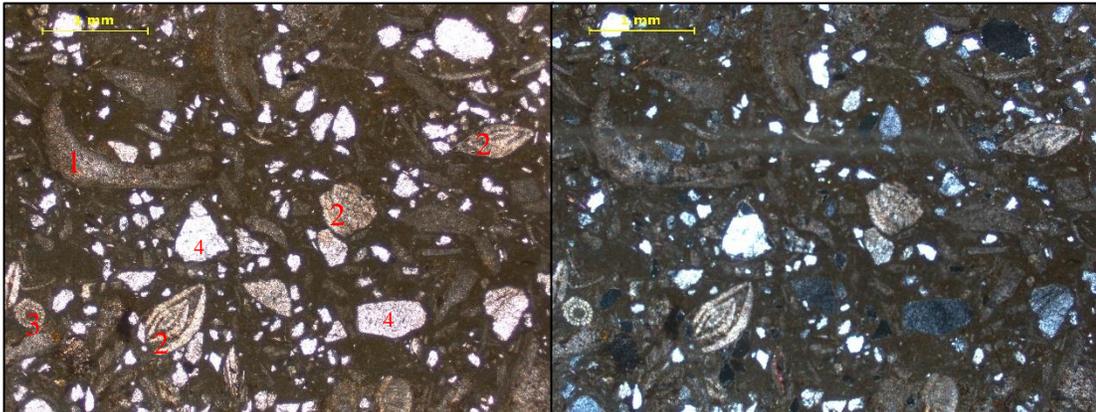
**Fotomicrografía 7. Muestra CP-46. Detalles:** 1) Corte transversal de espina de equinoide. 2) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 3) Fragmento de alga.



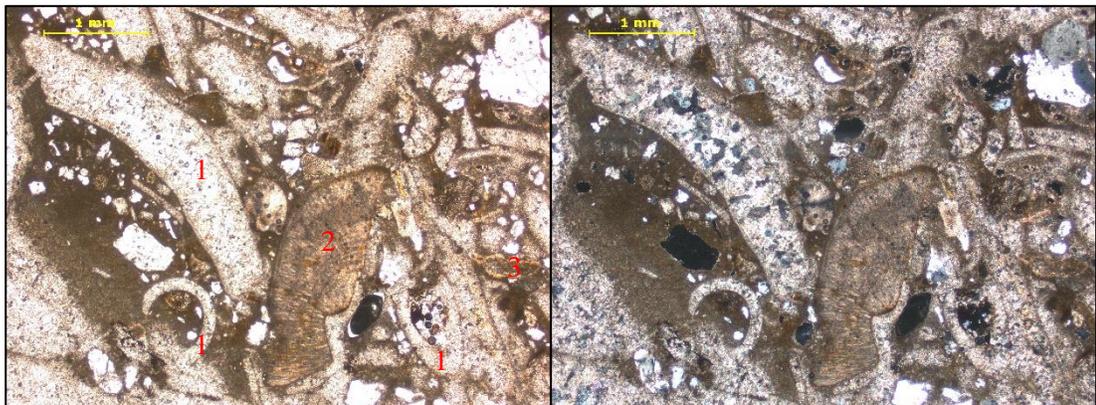
**Fotomicrografía 8. Muestra CP-46. Detalles:** 1) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2) Foraminífero bentónico del tipo "Nummulites sp." 3) Fragmento de equinodermo. 4) Foraminífero bentónico uniseriado.



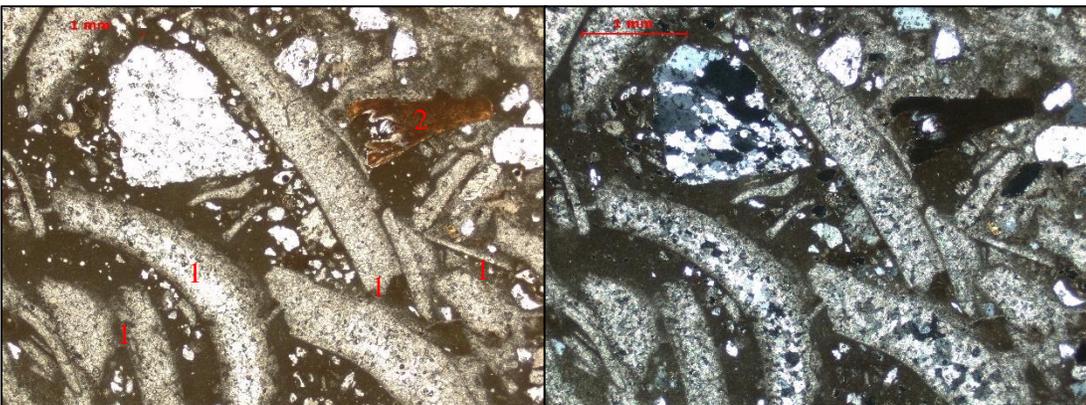
**Fotomicrografía 9. Muestra CP-47. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga con fosfatización. 3) Fragmento de cuarzo grande en comparación del resto de extraclásticos.



**Fotomicrografía 10. Muestra CP-47. Detalles:** 1) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 3) Corte transversal de espina de equinoide. 4) Fragmentos de extraclásticos grandes en comparación del resto.



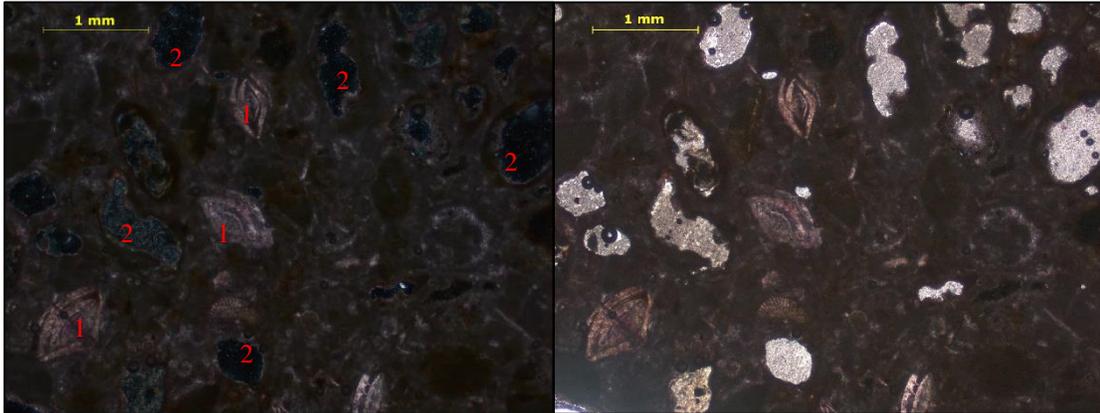
**Fotomicrografía 11. Muestra CP-48. Detalles:** 1) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 2) Fragmento de alga. 3) Foraminífero bentónico uniseriado.



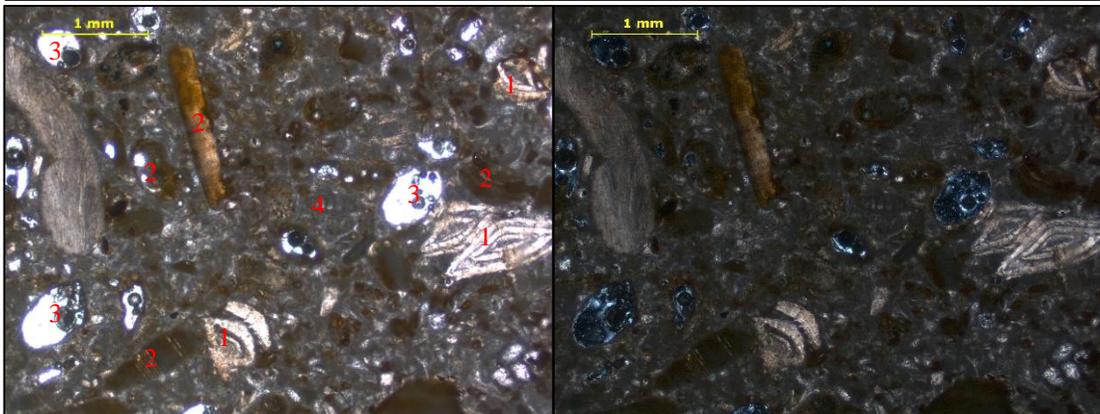
**Fotomicrografía 12. Muestra CP-48. Detalles:** 1) Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial. 2) Fragmento de alga coralina afectada por un proceso de fosfatización.

**7.3 Apéndice III. Observaciones petrográficas. Capadare, estado Falcón.** Todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nicoles paralelos y la derecha en nicoles cruzados.

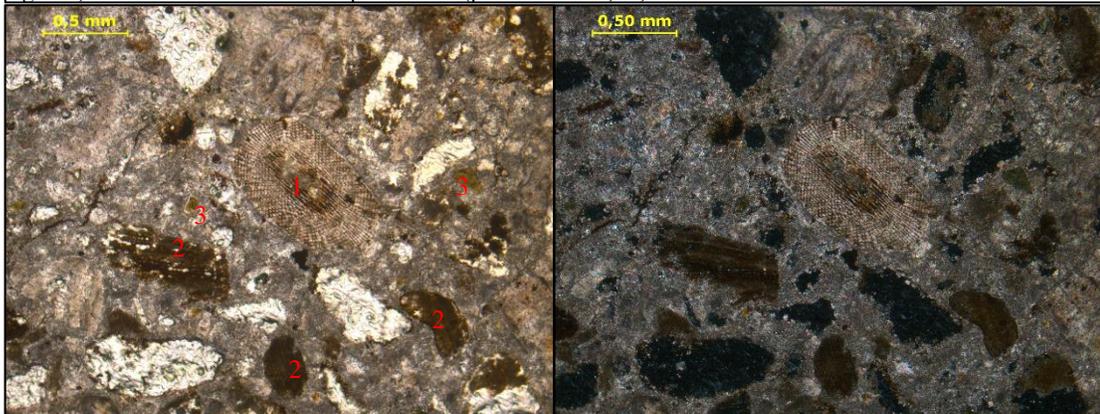
- Cerro Capadare



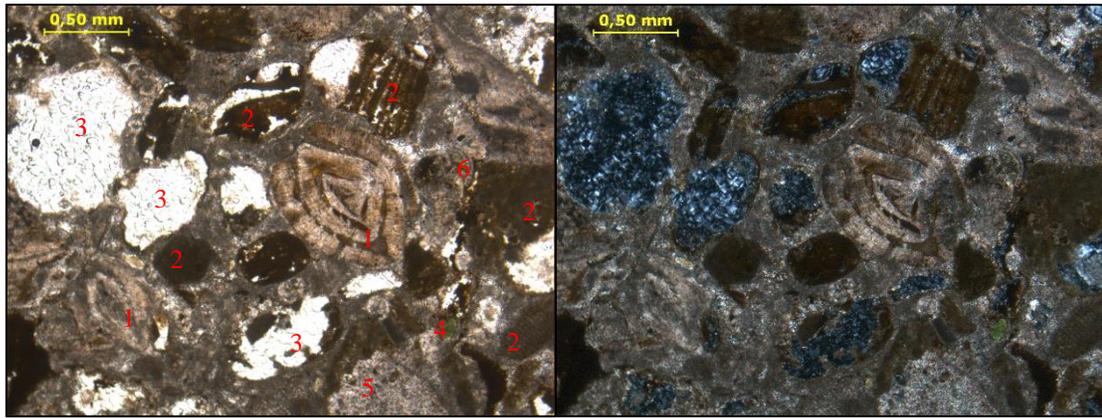
**Fotomicrografía 1. Muestra CP-3. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico del tipo Nummulites sp. 2) Porosidad secundaria dada por disolución.



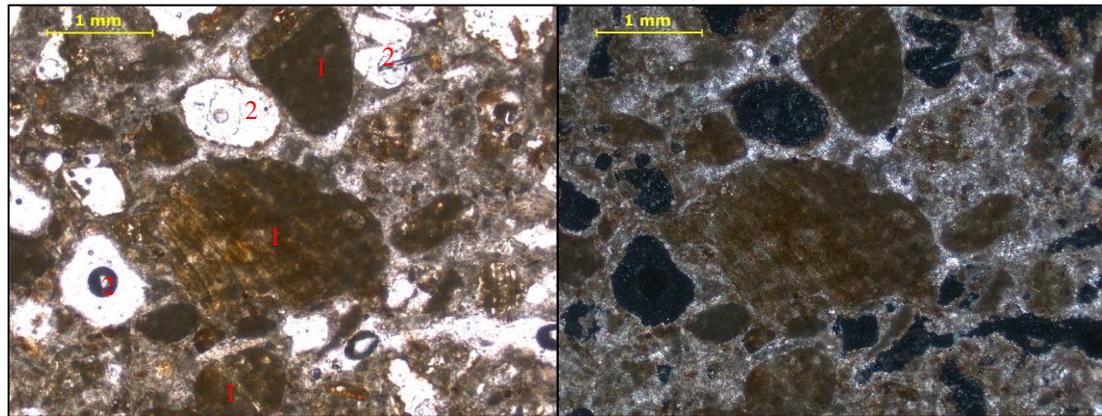
**Fotomicrografía 2. Muestra CP-3. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico del tipo Nummulites sp. 2) Fragmento de algas. 3) Porosidad secundaria del tipo móllica (por disolución). 4) Foraminífero bentónico uniseriado.



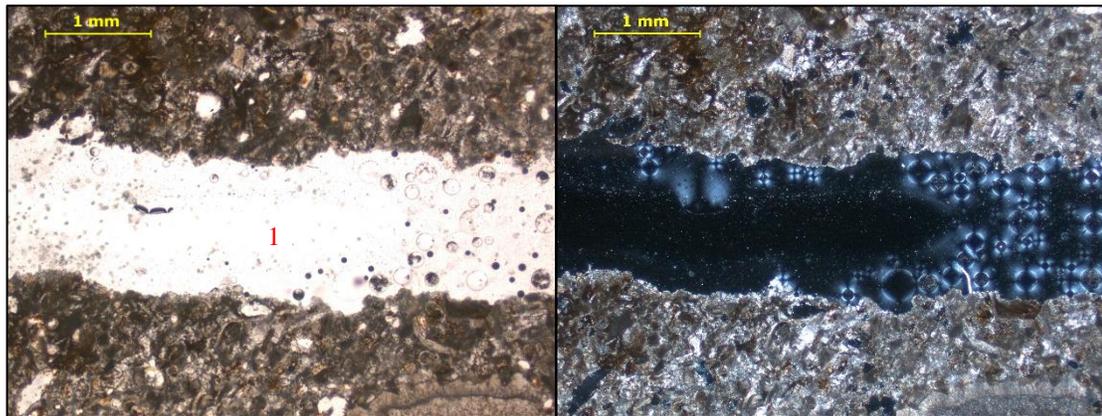
**Fotomicrografía 3. Muestra CP-5. Detalles:** 1) Fragmento de equinoide. 2) Fragmento de alga. 3) Cristales de glauconita.



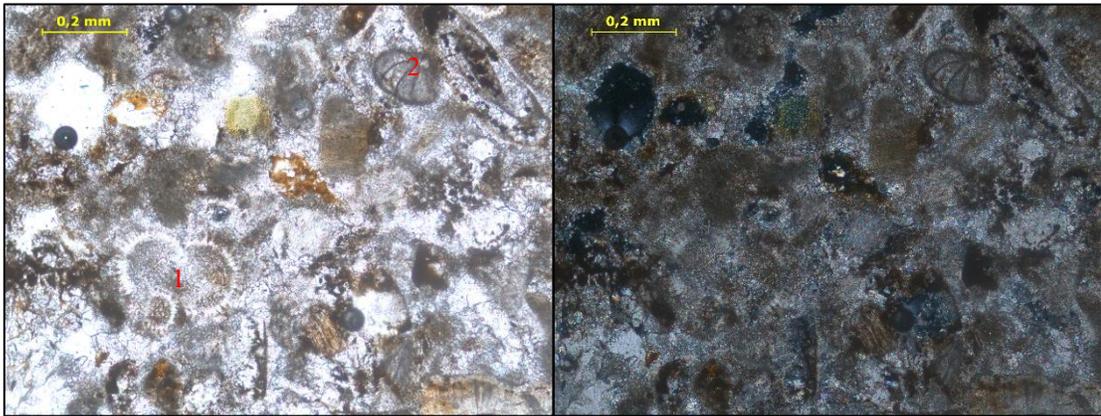
**Fotomicrografía 4. Muestra CP-5. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico del tipo Nummulites sp. 2) Fragmento de alga. 3) Porosidad secundaria de tipo móllica (por disolución). 4) Cristal de glauconita. 5) Cemento de tamaño microespato. 6) Foraminífero planctónico tipo Globorotalia sp.



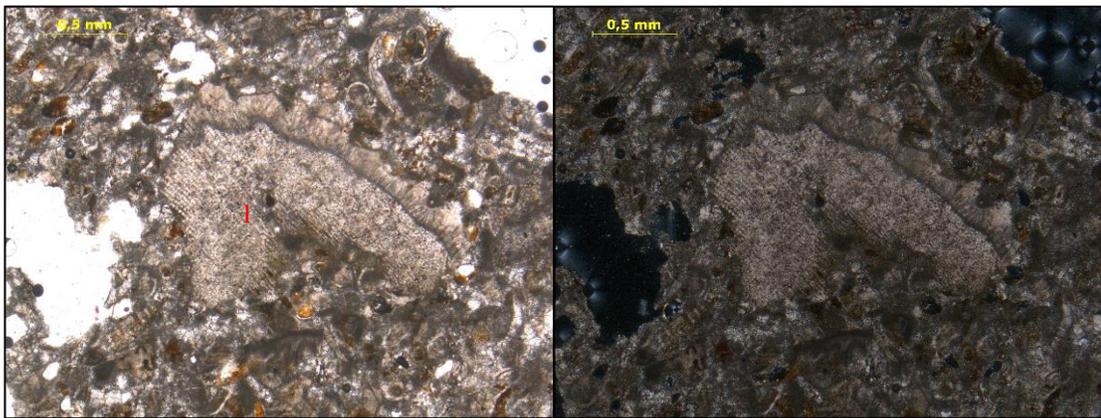
**Fotomicrografía 5. Muestra CP-9A. Detalles:** 1) Fragmento de alga coralina. 2) Porosidad secundaria tipo móllica (dada por disolución).



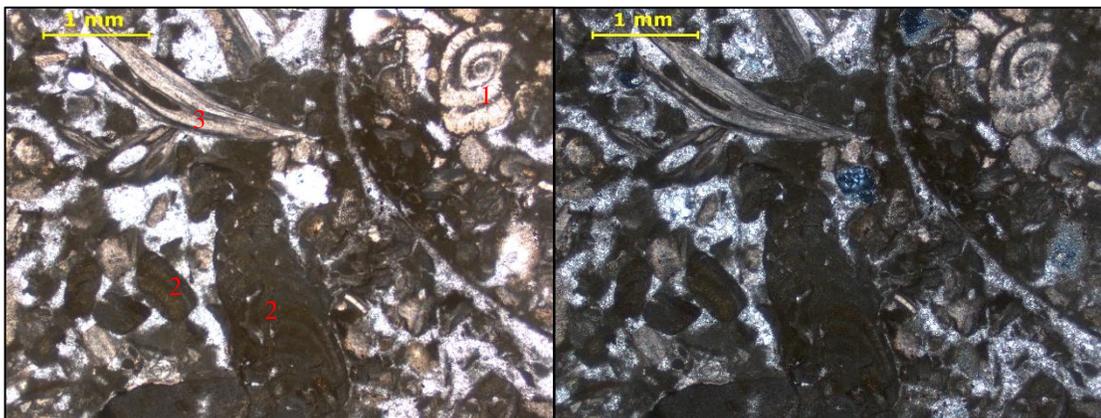
**Fotomicrografía 6. Muestra CP-9A. Detalles:** 1) Porosidad secundaria en canal (dada por disolución).



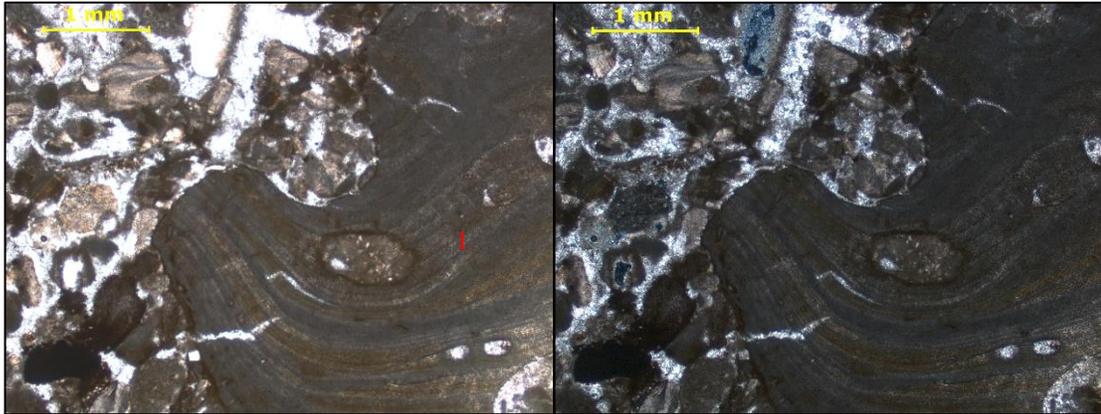
**Fotomicrografía 7. Muestra CP-10. Detalles: 1) Foraminífero planctónico tipo Globorotaria sp. 2) Foraminífero bentónico biseriado.**



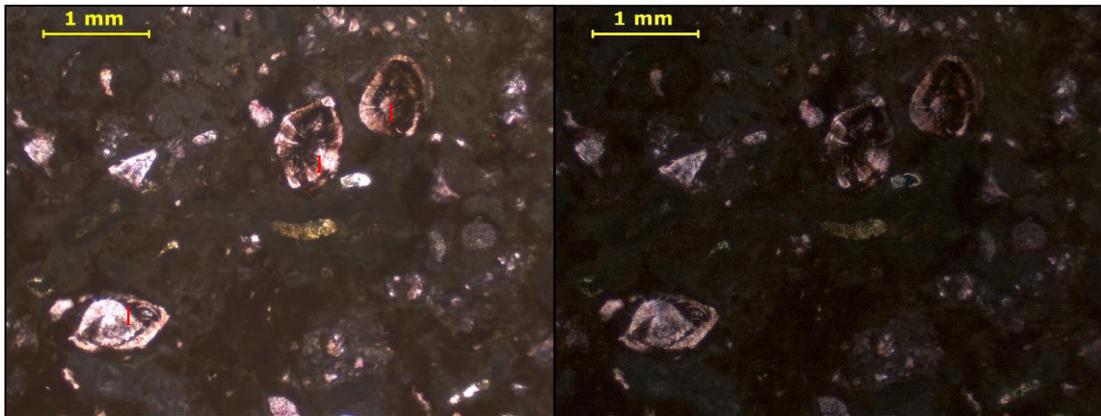
**Fotomicrografía 8. Muestra CP-10. Detalles: 1) Fragmento de equinodermo.**



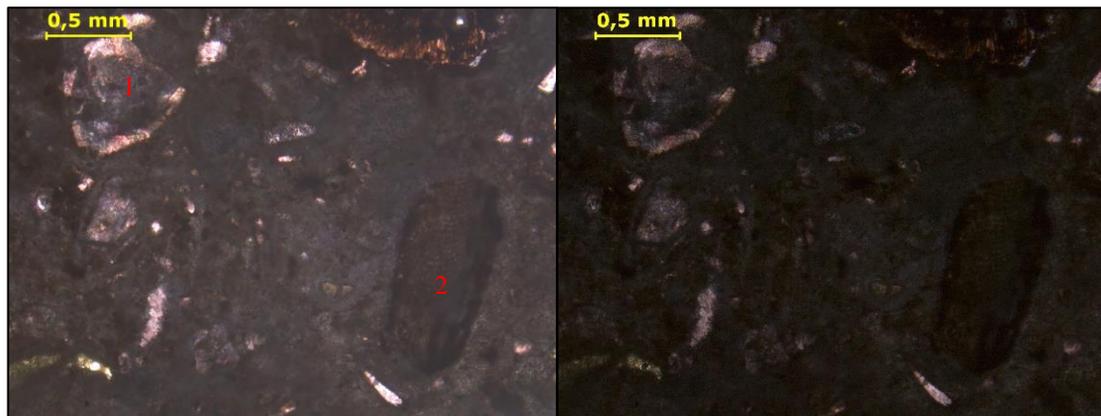
**Fotomicrografía 9. Muestra CP-34. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo Amphistegina sp. 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.**



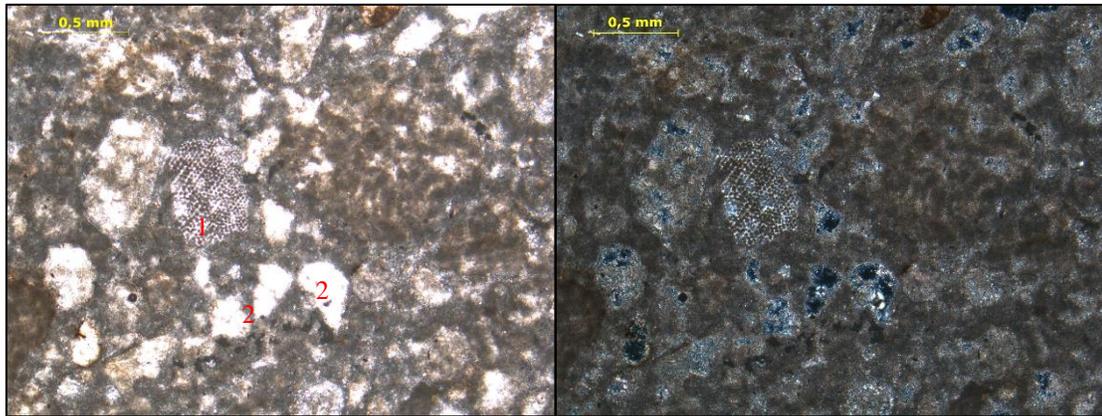
**Fotomicrografía 10. Muestra CP-34. Detalles: 1)** Fragmento de alga de tamaño significativo del tipo *Lithothamnium* sp.



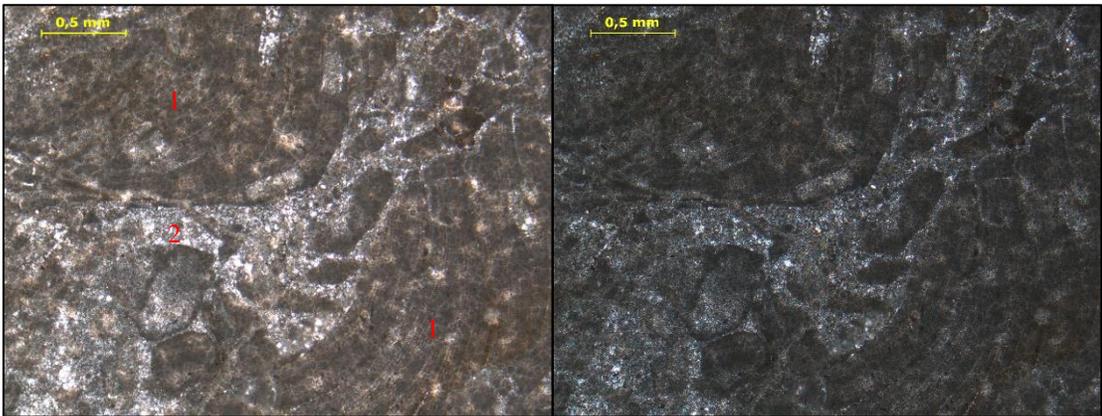
**Fotomicrografía 11. Muestra CP-36. Detalles: 1)** Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp.



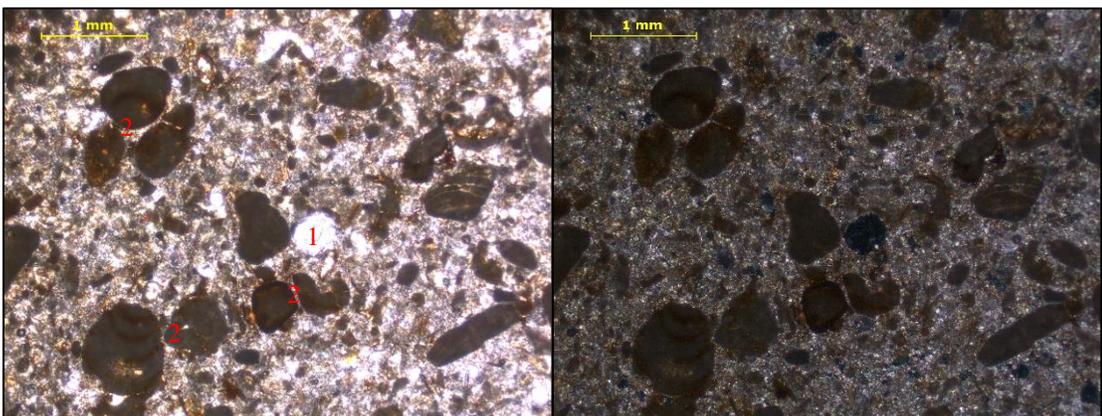
**Fotomicrografía 12. Muestra CP-36. Detalles: 1)** Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. **2)** Fragmento de alga.



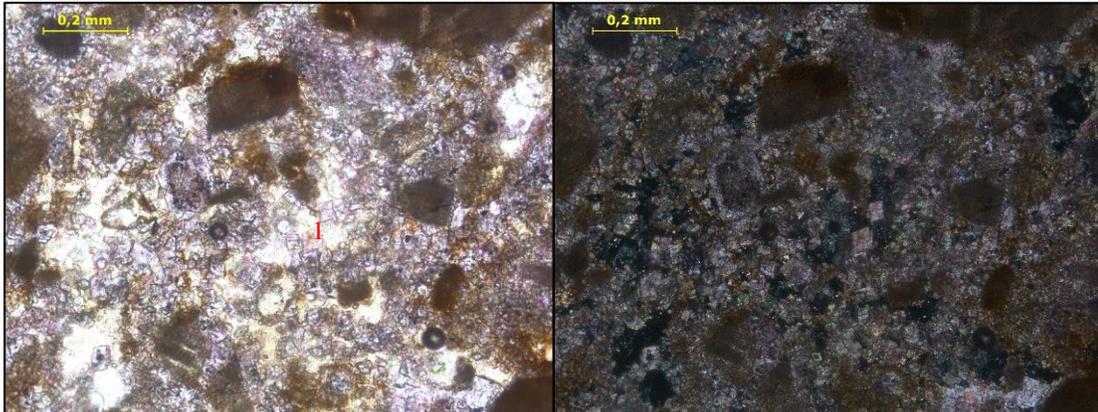
**Fotomicrografía 13. Muestra CP-37. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Porosidad secundaria dada por disolución.**



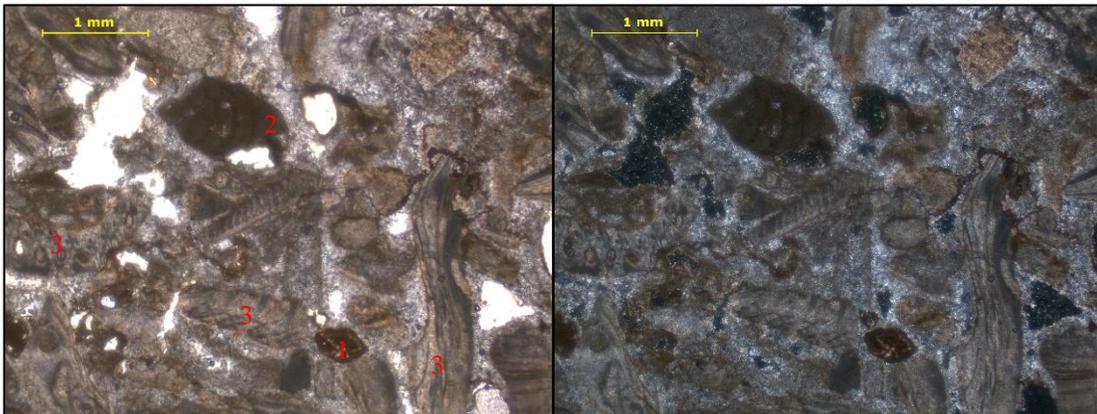
**Fotomicrografía 14. Muestra CP-37. Detalles: 1) Fragmento de alga coralina. 2) Cemento de tamaño microespato.**



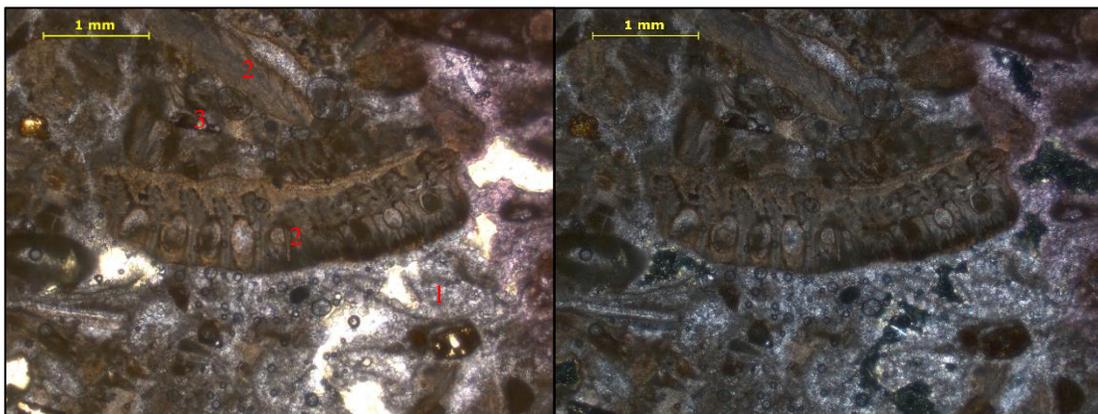
**Fotomicrografía 15. Muestra CP-38. Detalles: 1) Porosidad secundaria del tipo móldica. 2) Fragmentos de algas con micritización.**



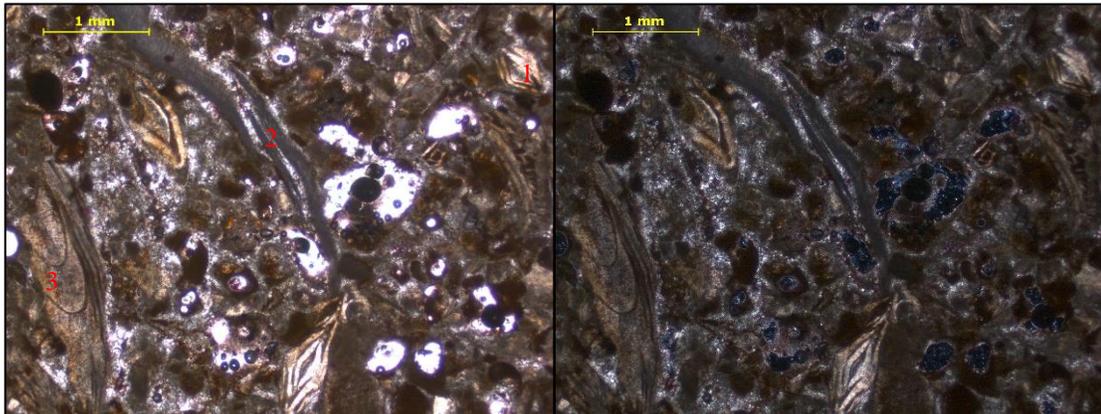
**Fotomicrografía 16. Muestra CP-38. General:** Proceso de dolomitización de la matriz carbonática (micrita).  
**Detalles: 1)** Cristales de dolomita.



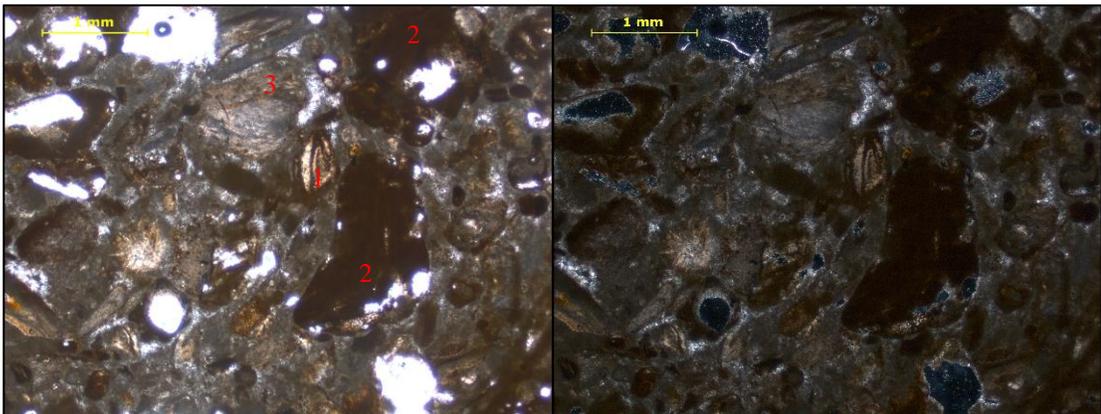
**Fotomicrografía 17. Muestra CP-39. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmentos de molusco con inversión homoaxial.



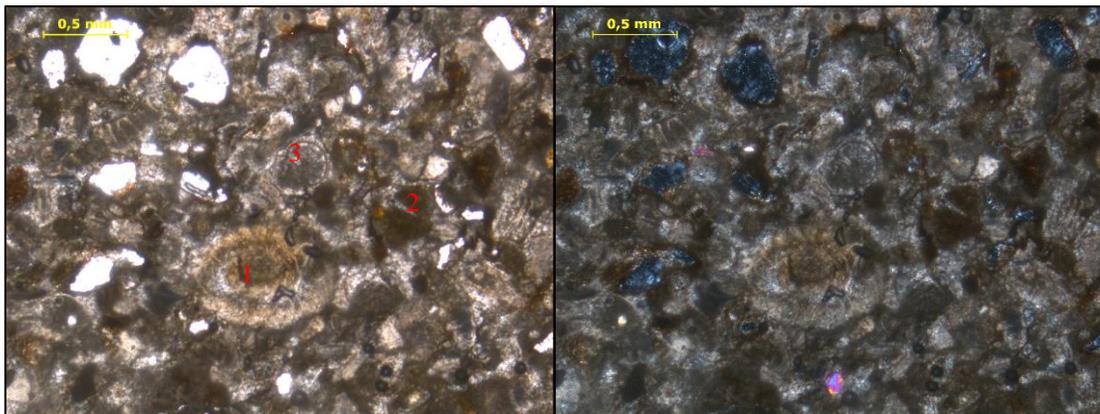
**Fotomicrografía 18. Muestra CP-39. Detalles:** 1) Cemento de tamaño microespato. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



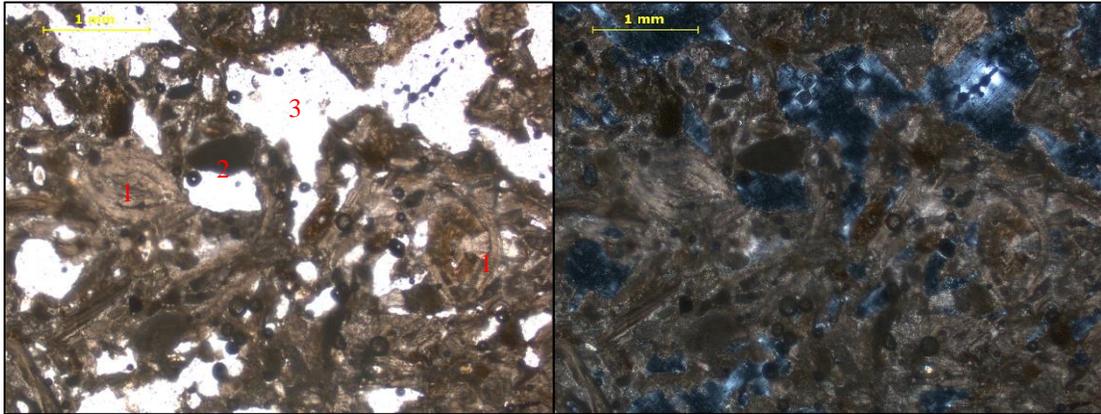
**Fotomicrografía 19. Muestra CP-40. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



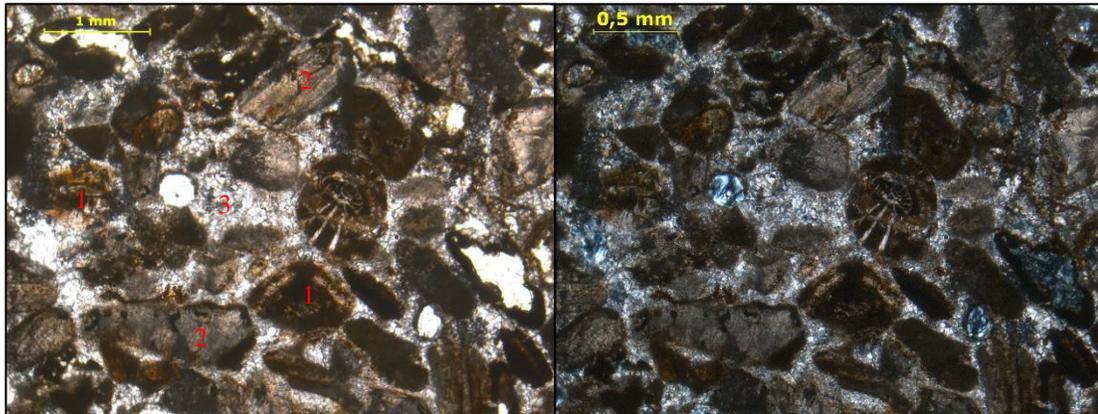
**Fotomicrografía 20. Muestra CP-40. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



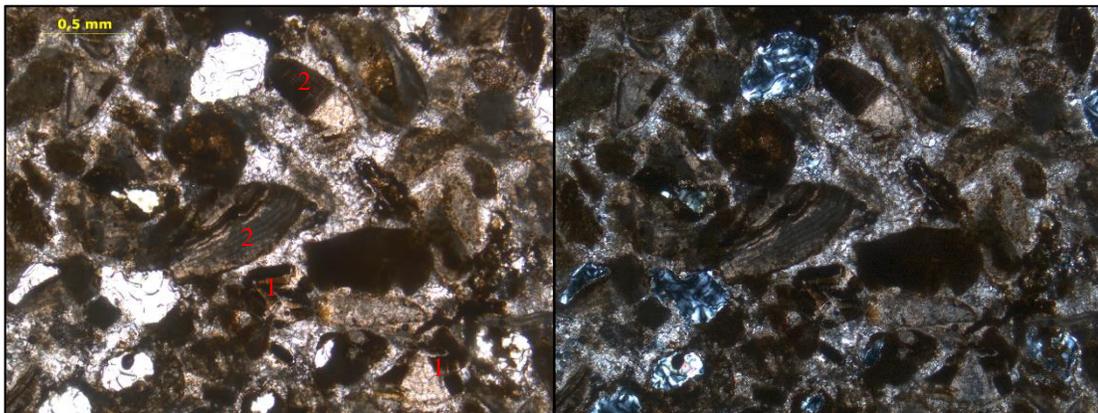
**Fotomicrografía 21. Muestra CP-41. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* con parte de su estructura afectada por la cementación. 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de foraminífero planctónico.



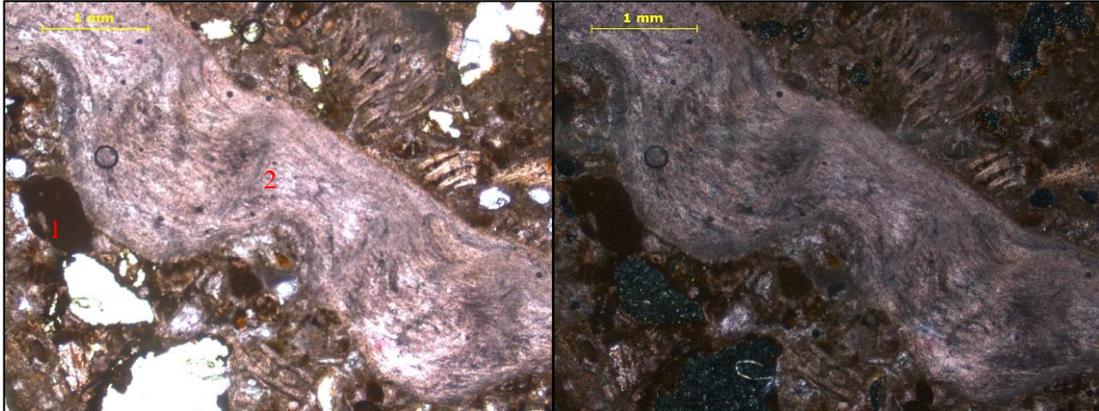
**Fotomicrografía 22. Muestra CP-41. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Porosidad secundaria en matriz dada por disolución.



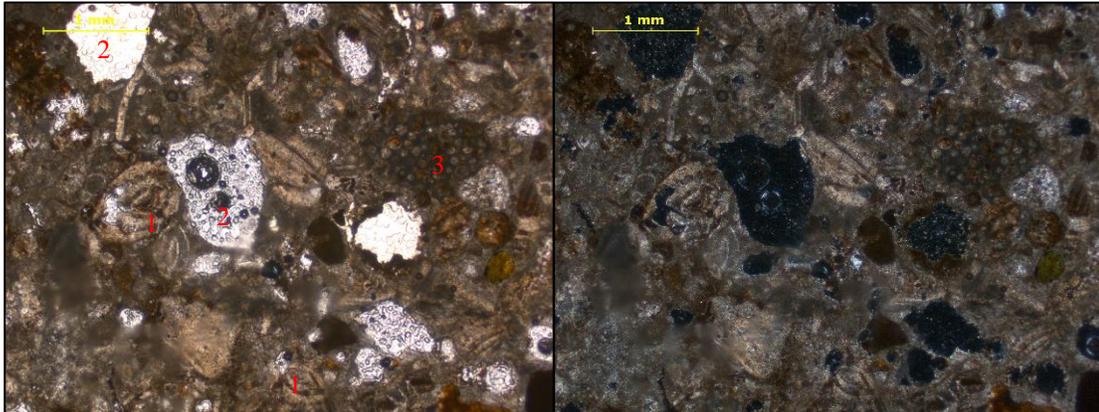
**Fotomicrografía 23. Muestra CP-42A. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 3) Cemento de tamaño pseudoespato.



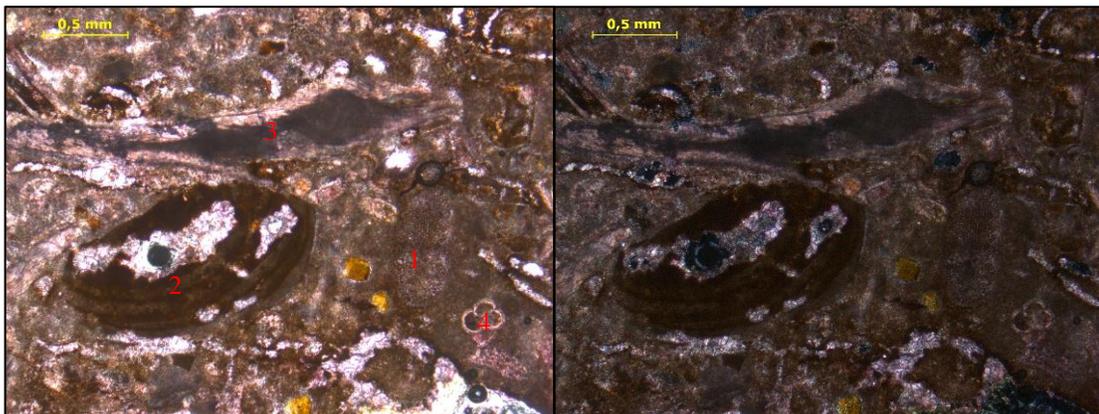
**Fotomicrografía 24. Muestra CP-42A. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites sp.* 2) Fragmento de alga.



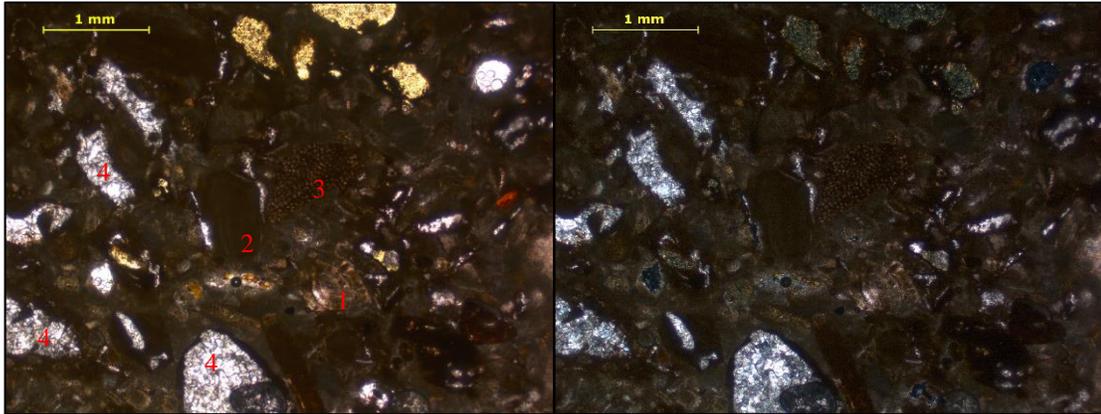
**Fotomicrografía 25. Muestra CP-43. Detalles:** 1) Fragmento de alga. 2) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



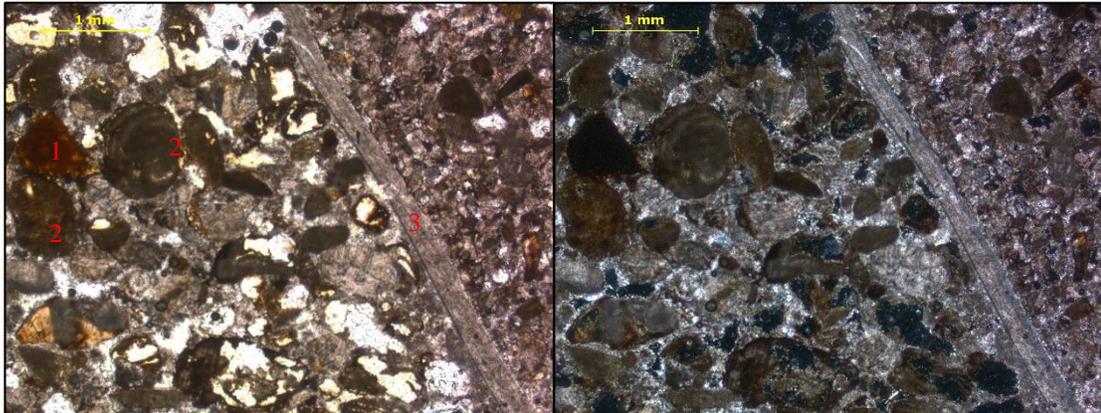
**Fotomicrografía 26. Muestra CP-43. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Porosidad secundaria en matriz dada por disolución. 3) Fragmento de estructura coralina.



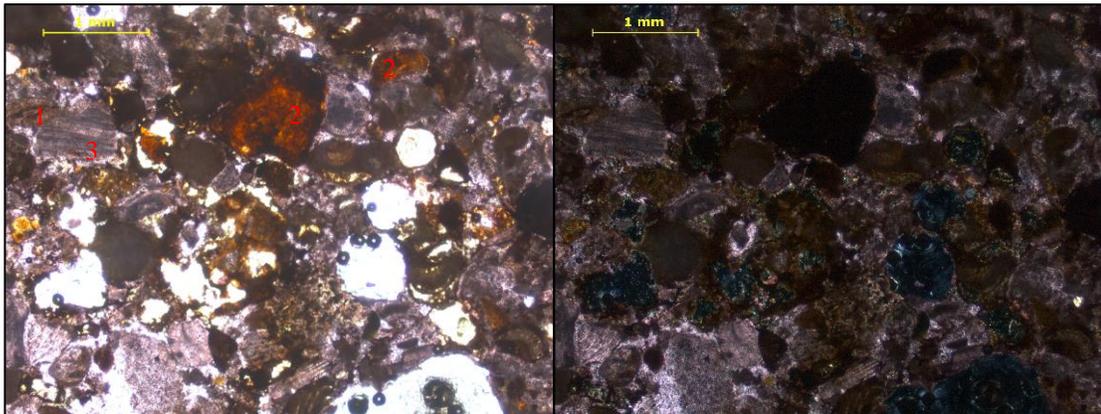
**Fotomicrografía 27. Muestra CP-46. Detalles:** 1) Fragmento de equinodermo. 2) Fragmento de alga afectada por procesos de disolución y rellena con cemento de tamaño microespato. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 4) Foraminífero bentónico biserial.



**Fotomicrografía 28. Muestra CP-46. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de equinodermo micritizado. 4) Porosidades rellenas con cemento tamaño pseudoespato.

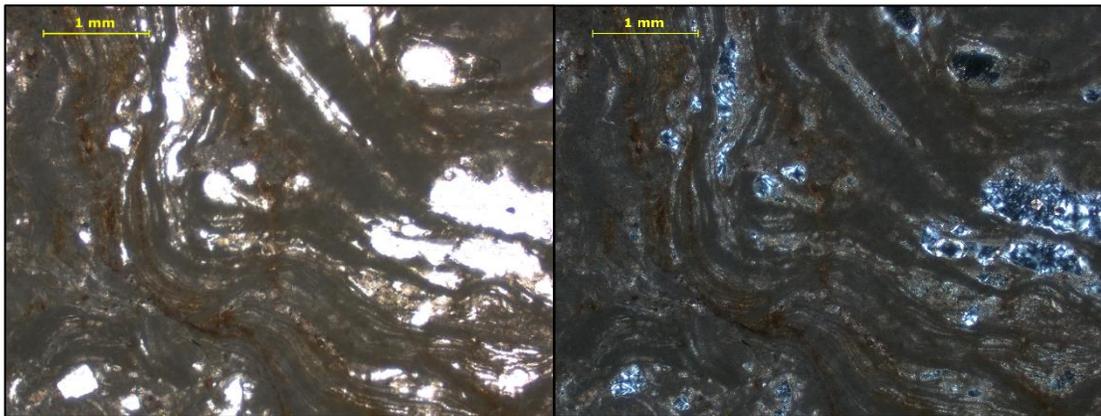


**Fotomicrografía 29. Muestra CP-48. Detalles:** 1) Fragmento de alga con fosfatización. 2) Fragmentos de algas. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.

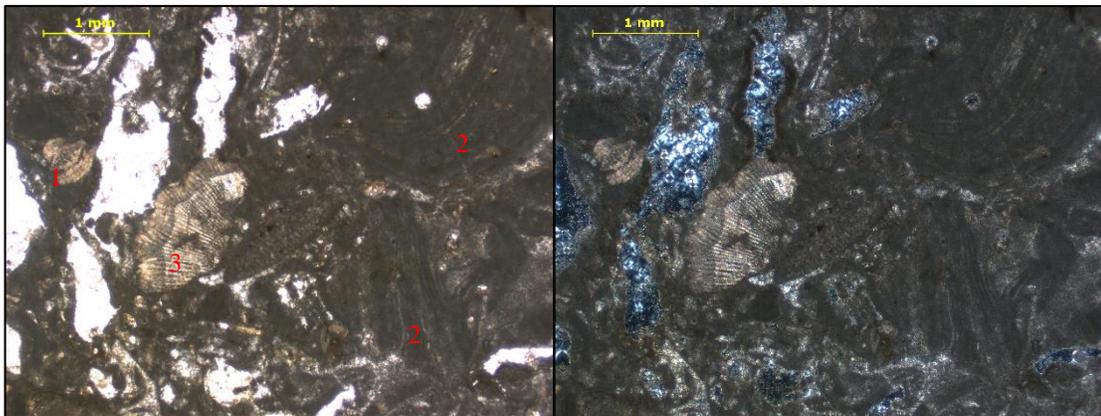


**Fotomicrografía 30. Muestra CP-48. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga con fosfatización. 3) Fragmento de alga coralina.

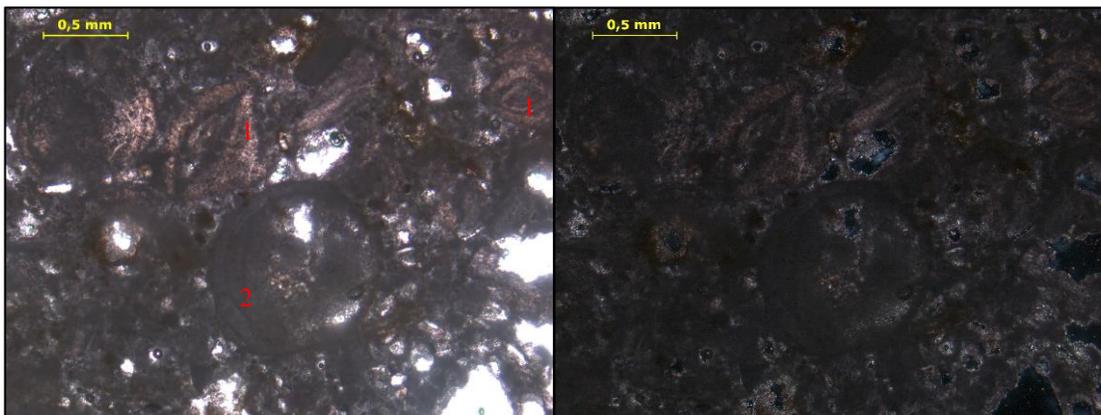
- Cerro Mirimire



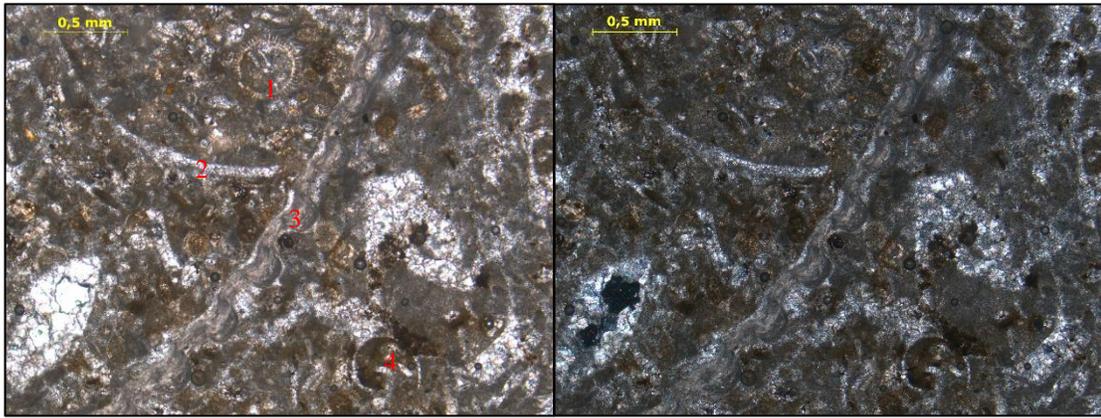
**Fotomicrografía 1. Muestra CP-13. General:** Fragmento de alga coralina del tipo *Lithotamnium sp.* afectada en su interior por procesos de disolución que dan lugar a porosidades.



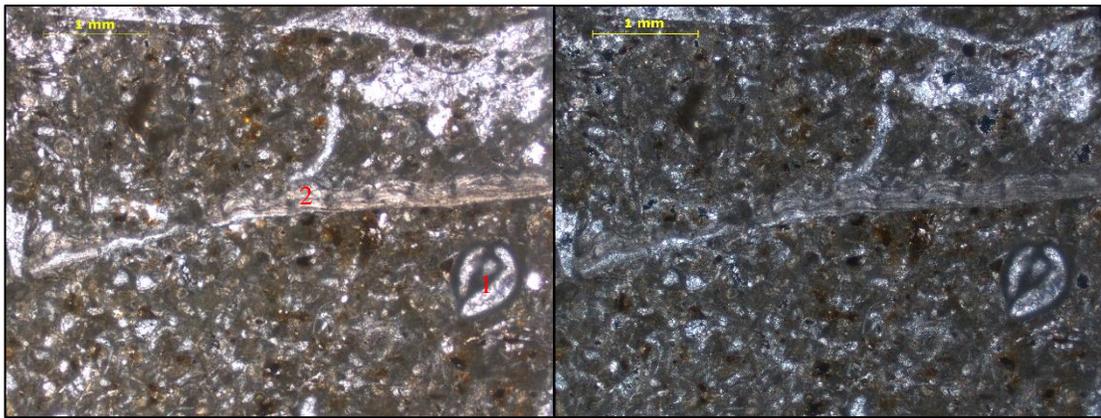
**Fotomicrografía 2. Muestra CP-13. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmentos de algas coralinas. 3) Fragmento de equinodermo.



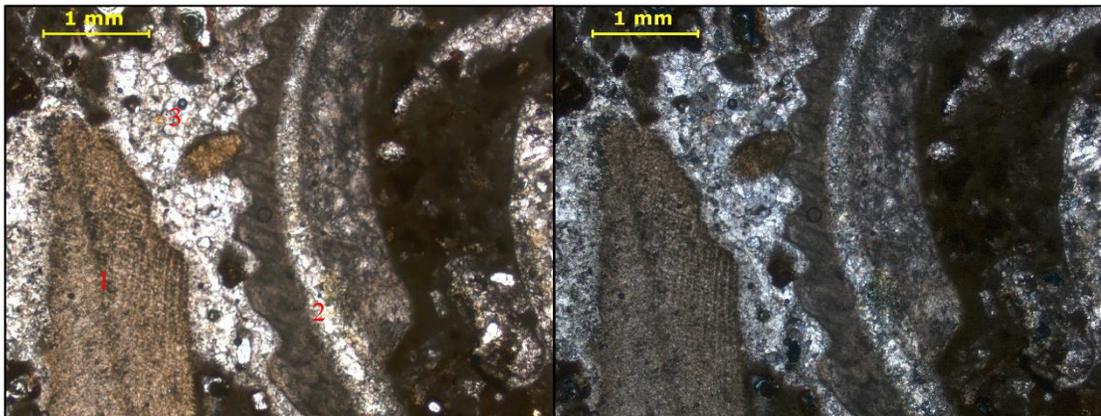
**Fotomicrografía 3. Muestra CP-14. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga.



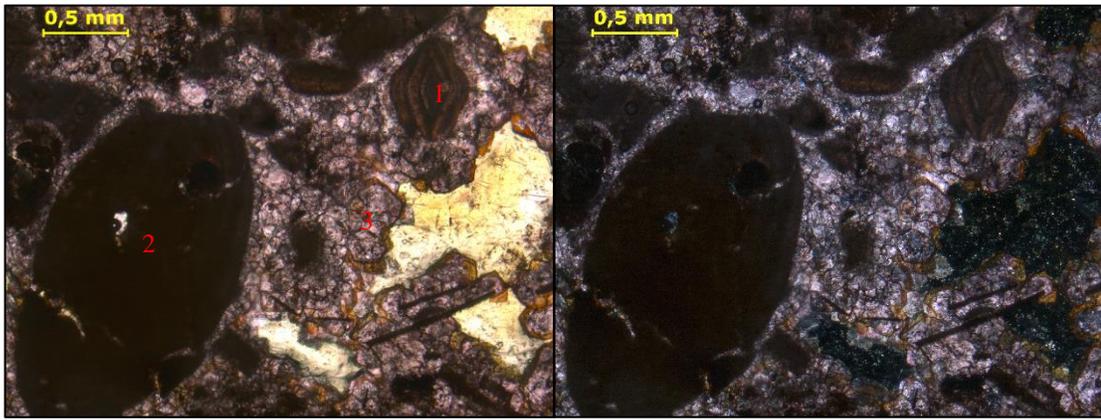
**Fotomicrografía 4. Muestra CP-15. Detalles:** 1) Foraminífero planctónico. 2) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 4) Corte transversal de gasterópodo.



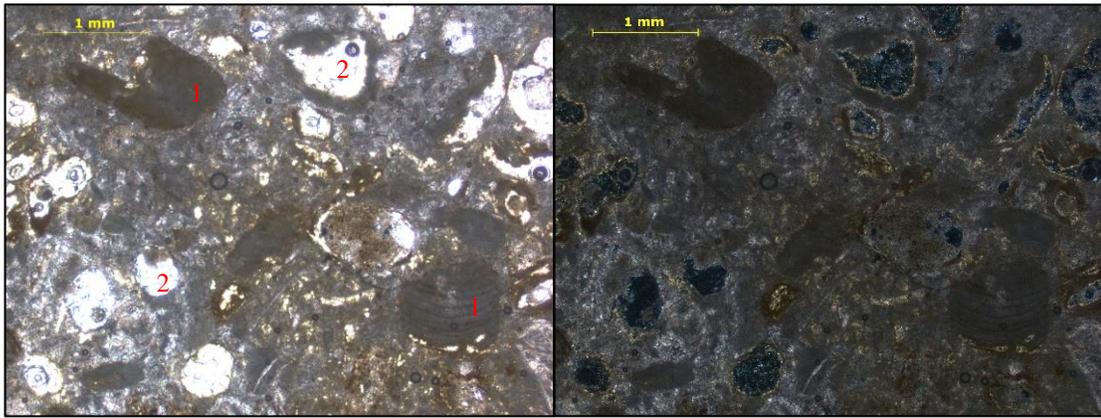
**Fotomicrografía 5. Muestra CP-15. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico Miolido relleno de cemento de tamaño microespato. 2) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



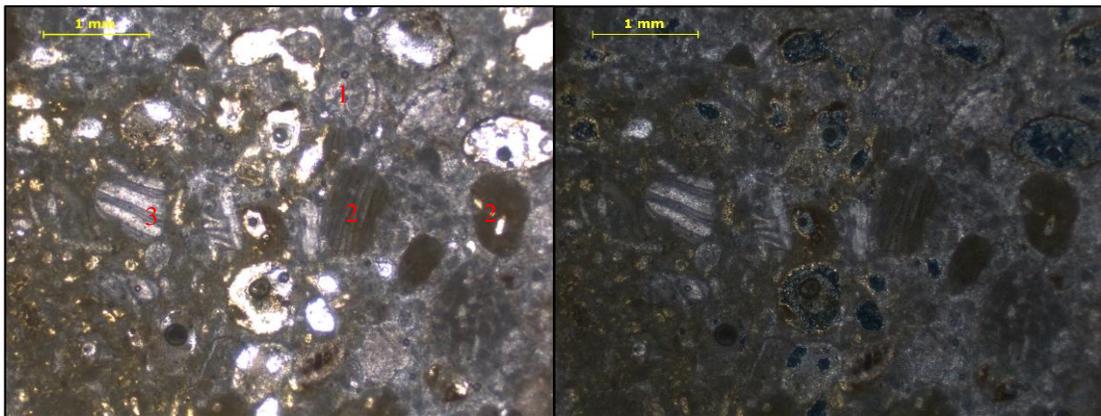
**Fotomicrografía 6. Muestra CP-21. Detalles:** 1) Fragmento de equinodermo. 2) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial con su interior relleno de micrita. 3) Cemento de tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



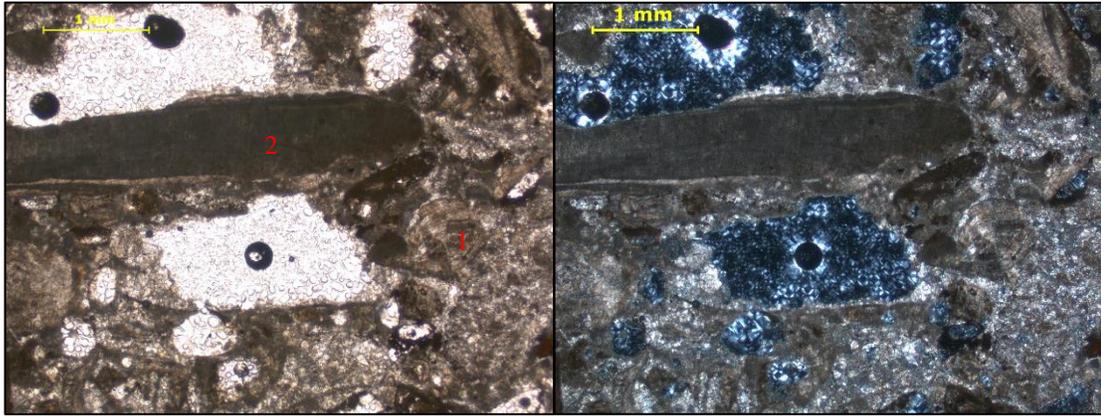
**Fotomicrografía 7. Muestra CP-21. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Cemento de tamaño espato con textura de mosaico.



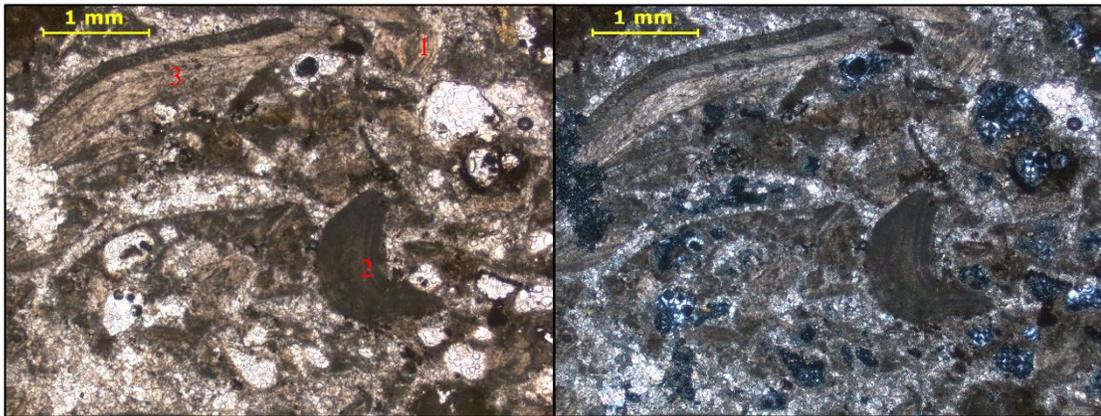
**Fotomicrografía 8. Muestra CP-22. Detalles:** 1) Fragmento de alga. 2) Porosidad secundaria por disolución.



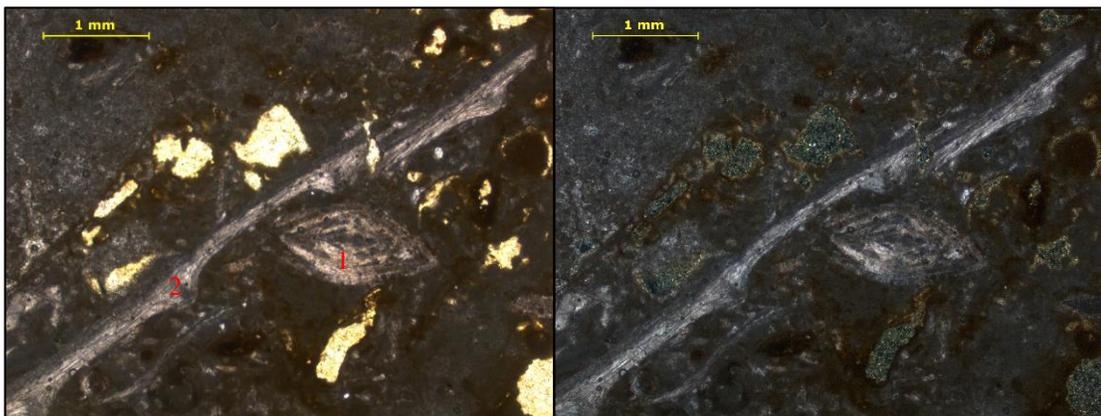
**Fotomicrografía 9. Muestra CP-22. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



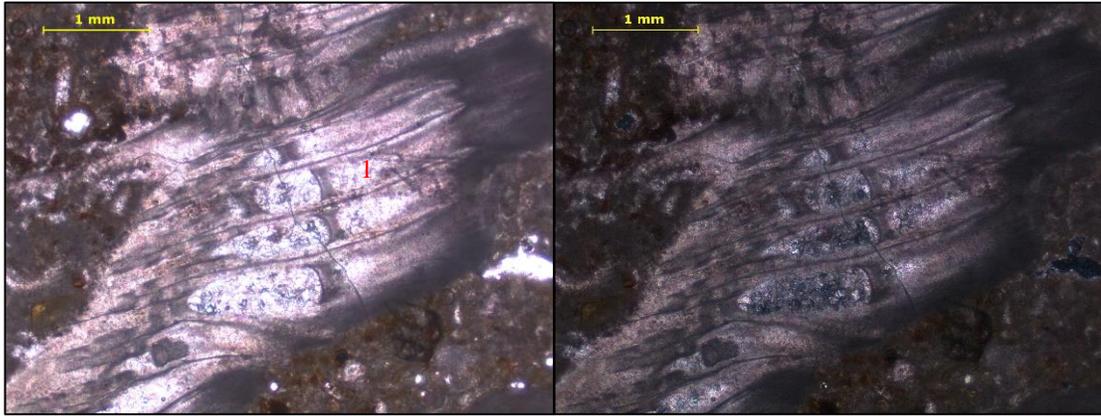
**Fotomicrografía 10. Muestra CP-23. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites* sp. 2) Fragmento de alga.**



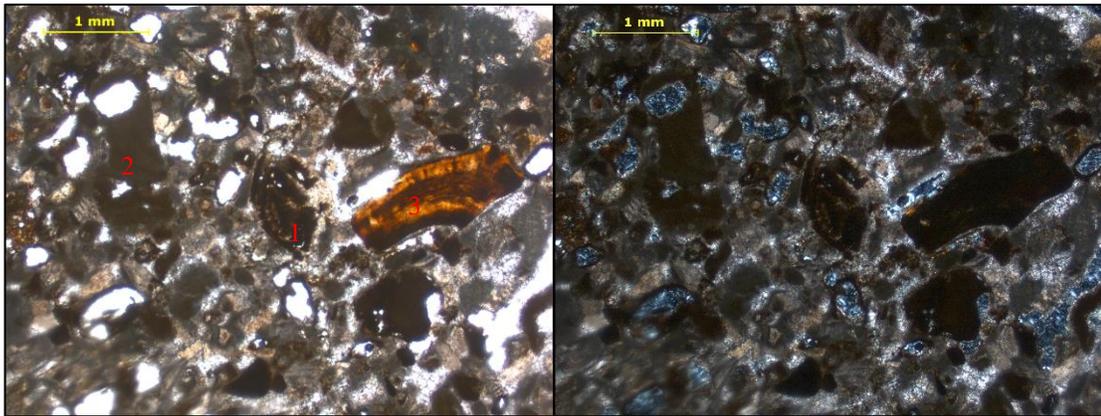
**Fotomicrografía 11. Muestra CP-23. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites* sp. 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.**



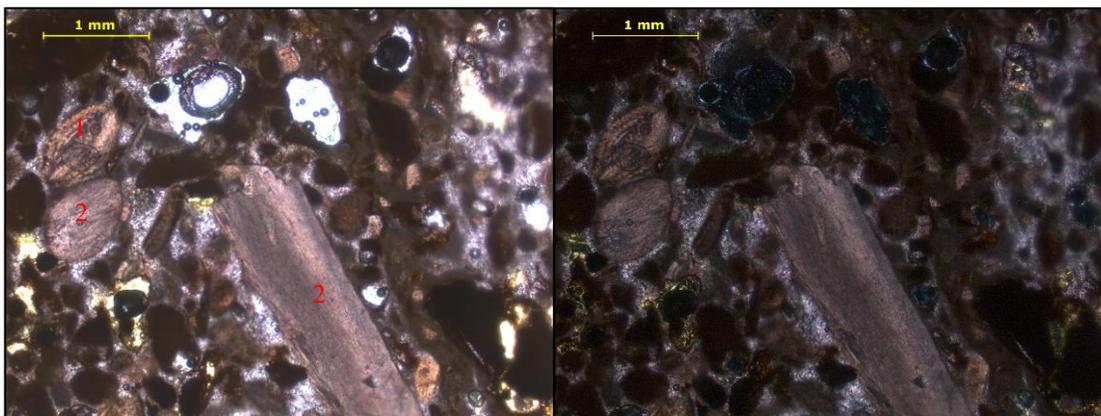
**Fotomicrografía 12. Muestra CP-57. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.**



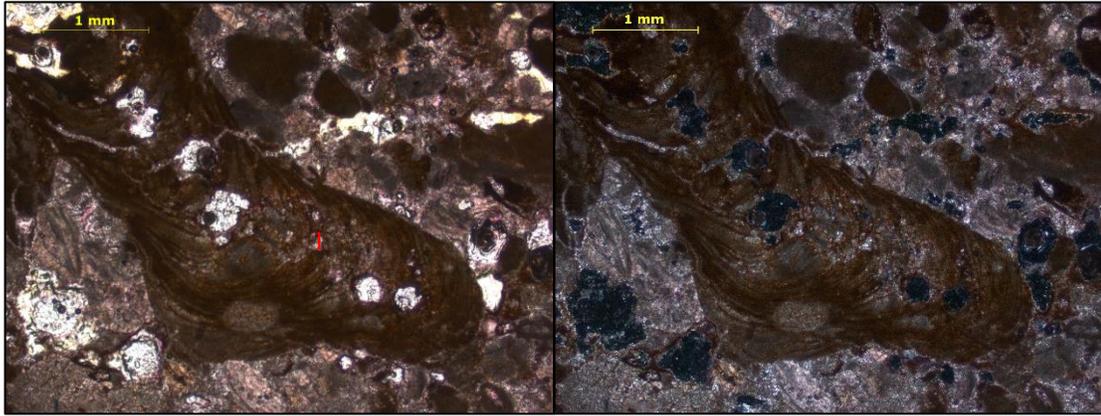
**Fotomicrografía 13. Muestra CP-57. Detalles: 1)** Fragmento de molusco con inversión homoaxial con cavidades internas rellenas de cemento de tamaño pseudoespato.



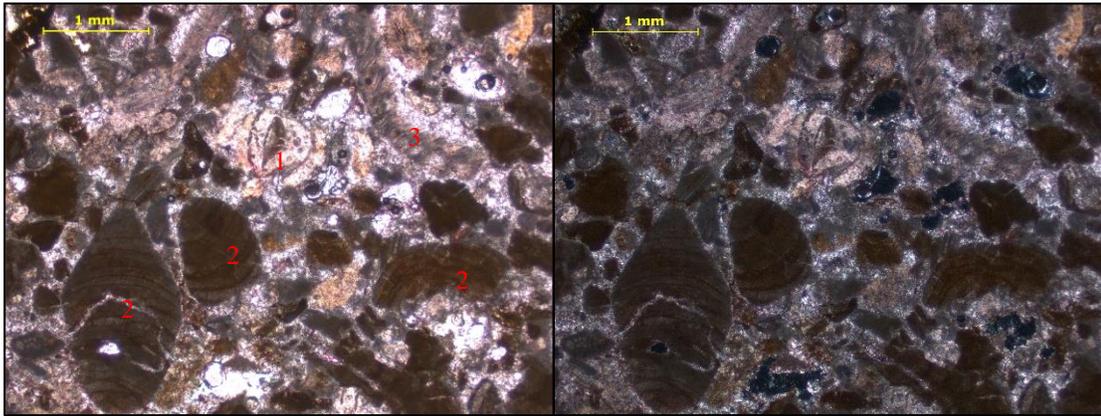
**Fotomicrografía 14. Muestra CP-59. Detalles: 1)** Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp* micritizado. **2)** Fragmento de alga. **3)** Fragmento de molusco fosfatizado.



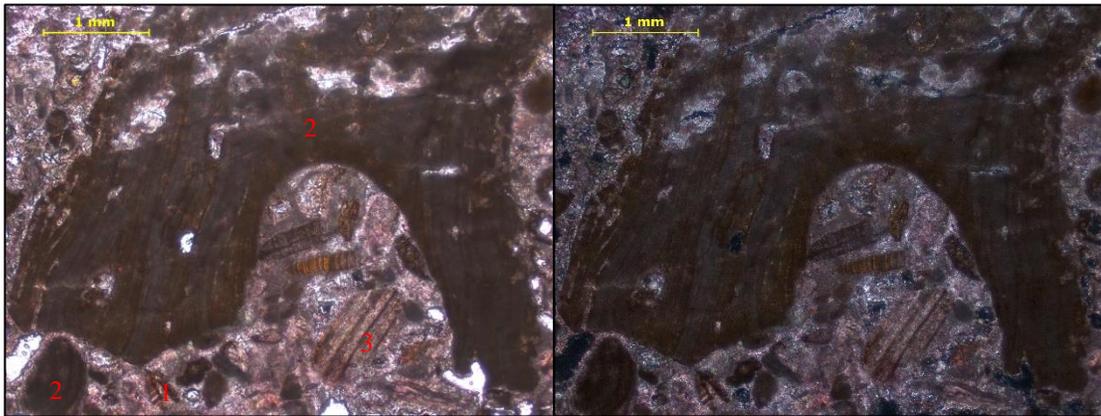
**Fotomicrografía 15. Muestra CP-59. Detalles: 1)** Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp*. **2)** Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



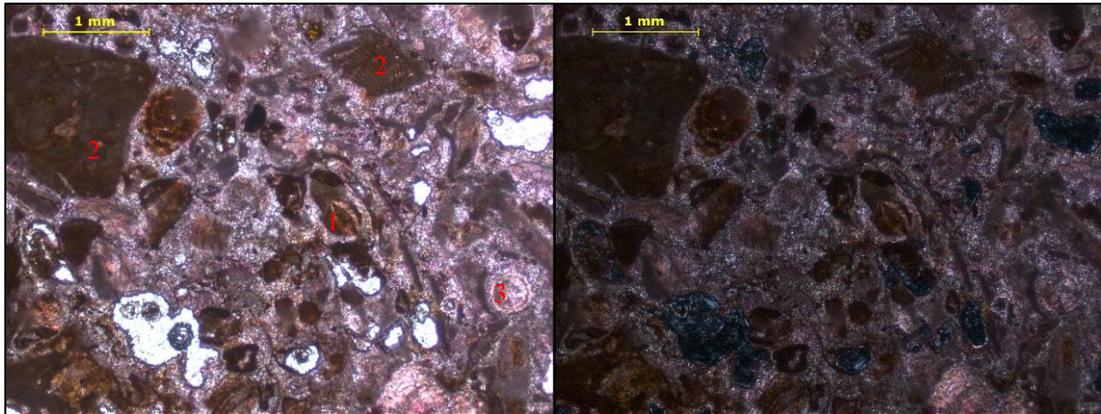
**Fotomicrografía 16. Muestra CP-61. Detalles: 1) Fragmento de alga coralina.**



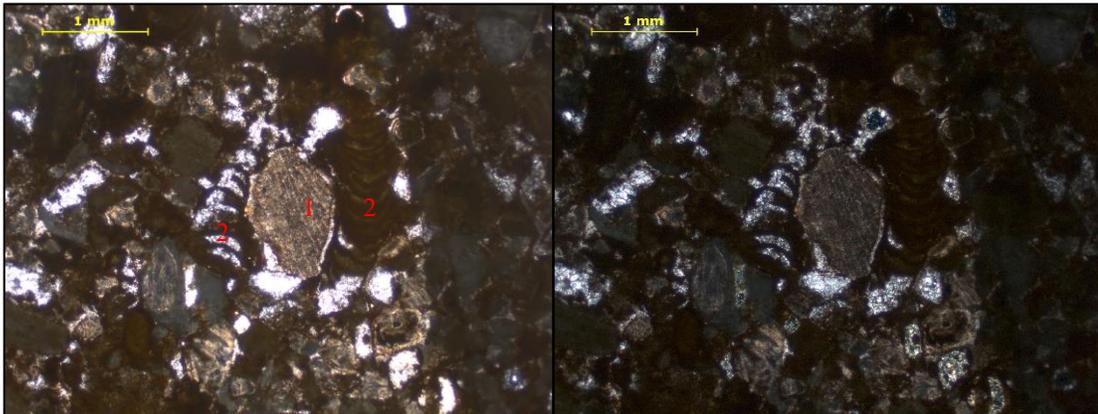
**Fotomicrografía 17. Muestra CP-61. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.**



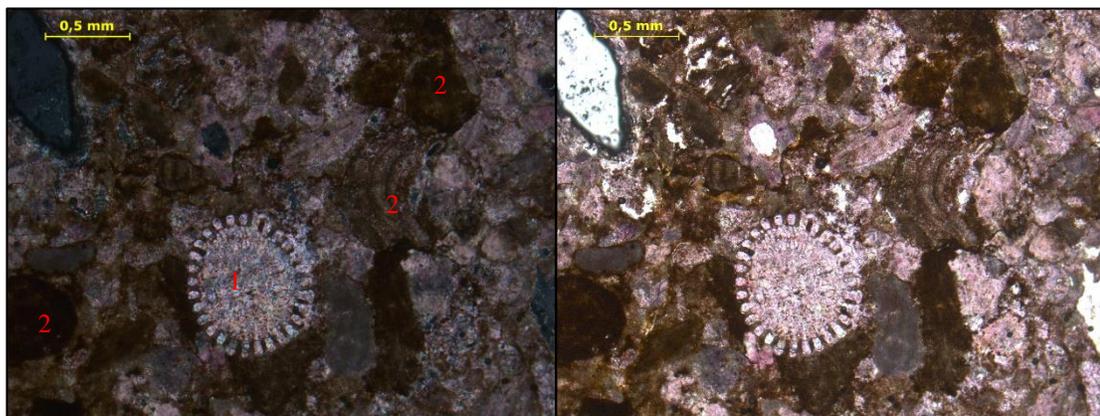
**Fotomicrografía 19. Muestra CP-63. Detalles: 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites* sp. 2) Fragmento de alga tipo *Lithotamnium* sp. 3) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.**



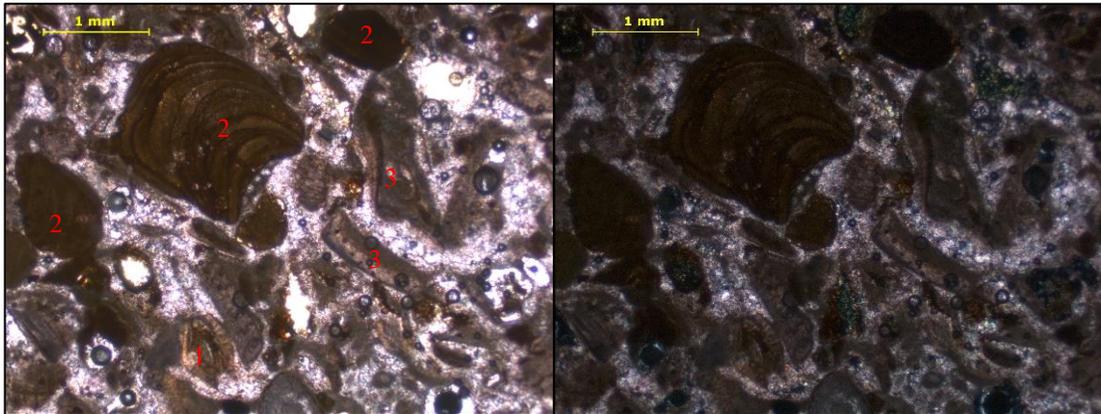
**Fotomicrografía 20. Muestra CP-63. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Foraminífero planctónico.



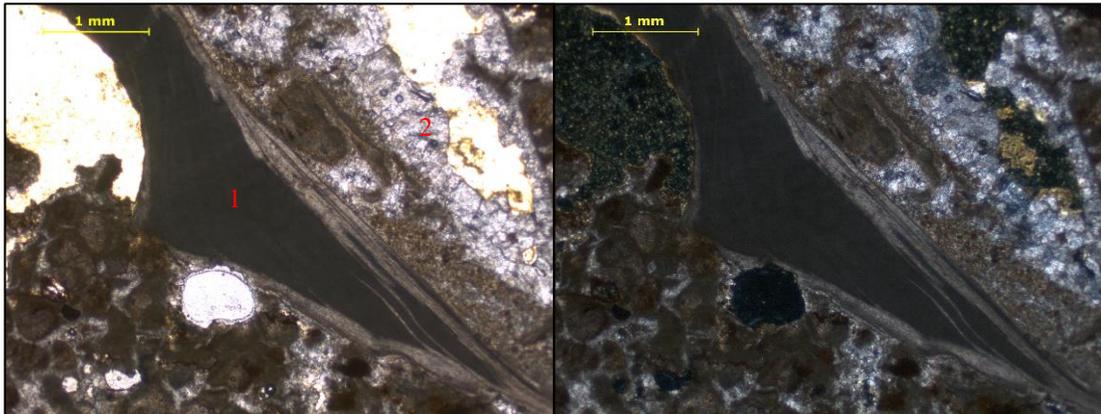
**Fotomicrografía 21. Muestra CP-65. Detalles:** 1) Fragmento de equinodermo. 2) Fragmento de alga con porosidades internas producto de disolución rellenas con cemento de tamaño microespato.



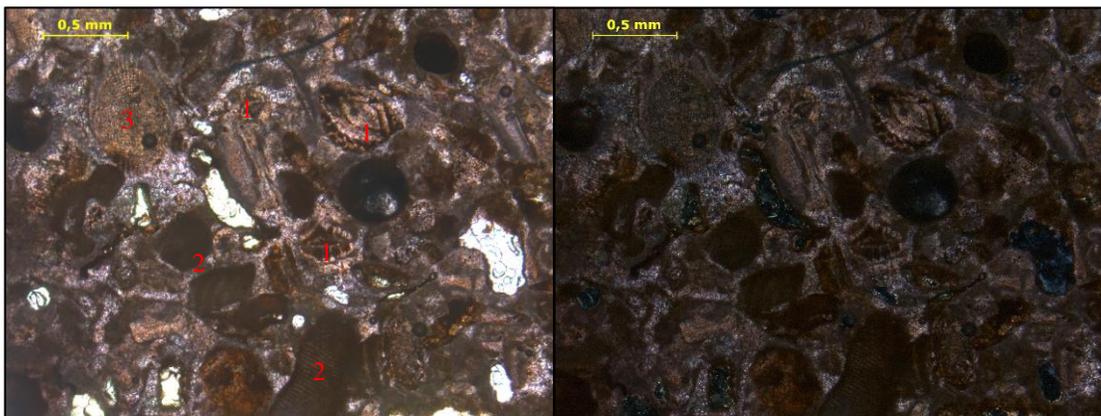
**Fotomicrografía 22. Muestra CP-65. Detalles:** 1) Corte transversal de espícula de equinoide. 2) Fragmentos de algas.



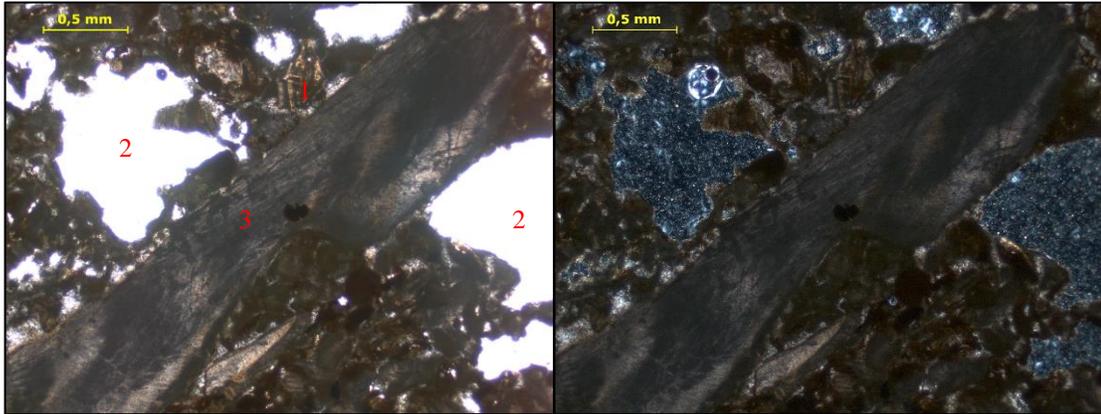
**Fotomicrografía 23. Muestra CP-66. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites sp.* 2) Fragmentos de algas coralinas. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaixial.



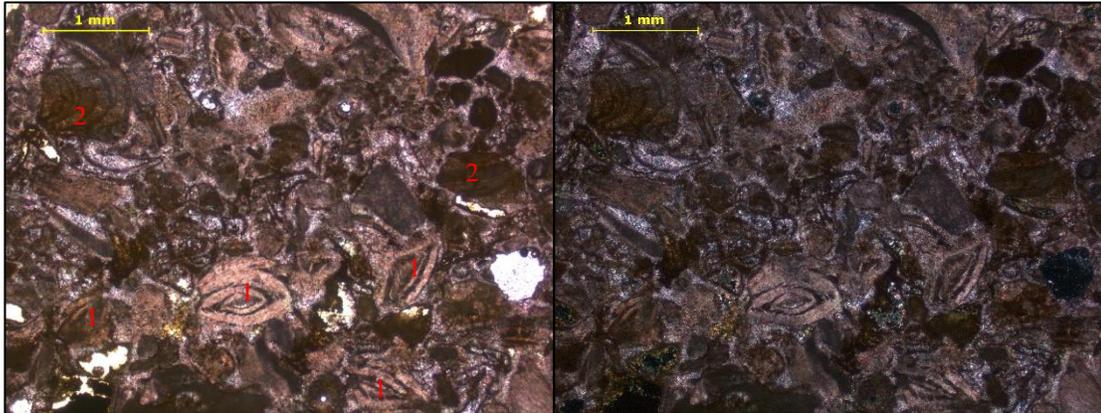
**Fotomicrografía 24. Muestra CP-66. Detalles:** 1) Fragmento de alga coralina. 2) Cemento de tamaño pseudoespato.



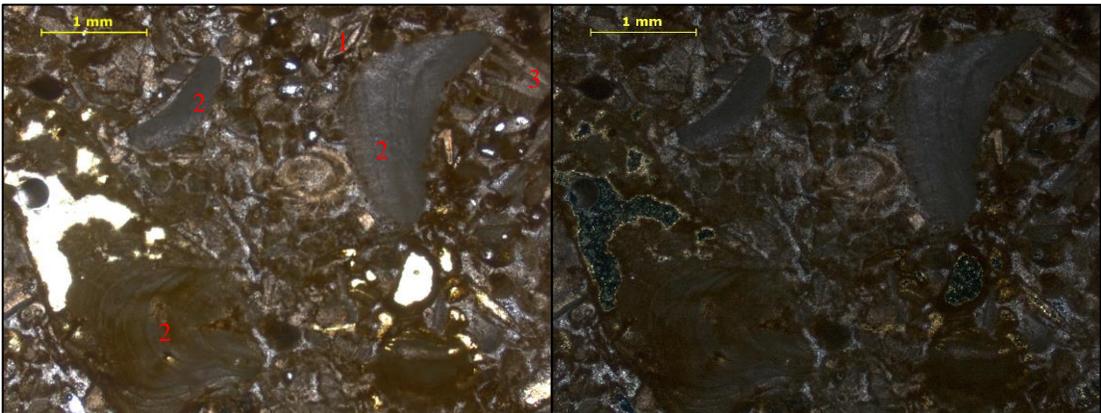
**Fotomicrografía 25. Muestra CP-67. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de equinodermo.



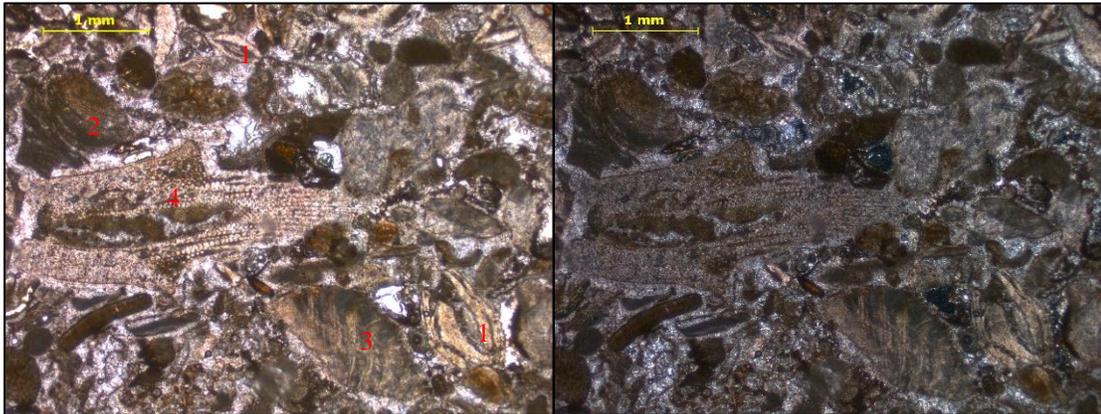
**Fotomicrografía 26. Muestra CP-67. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Porosidad secundaria dada por disolución. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



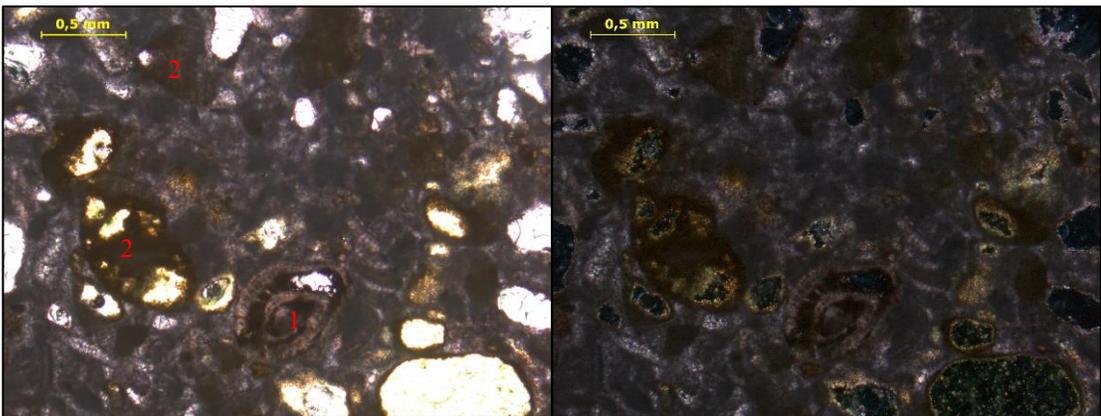
**Fotomicrografía 27. Muestra CP-68. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Fragmento de alga.



**Fotomicrografía 28. Muestra CP-68. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina* sp. 2) Fragmentos de algas. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



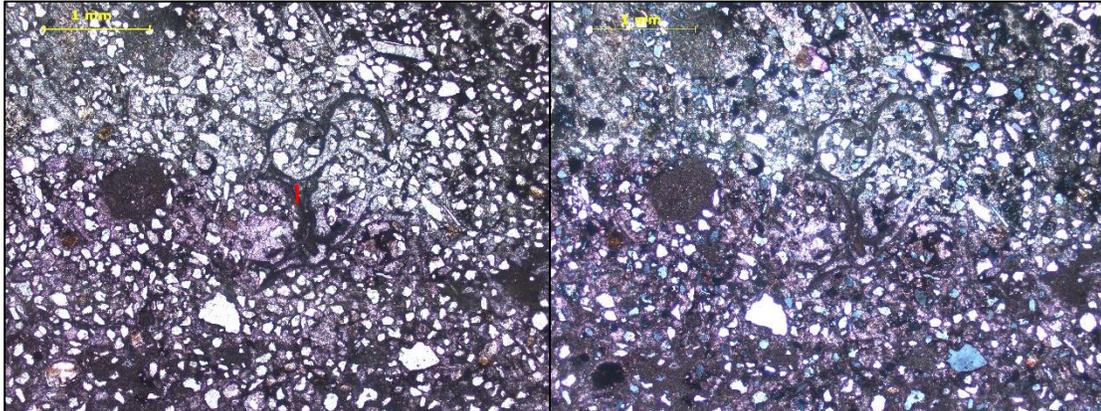
**Fotomicrografía 29. Muestra CP-68. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmento de alga. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 4) Fragmento de equinodermo.



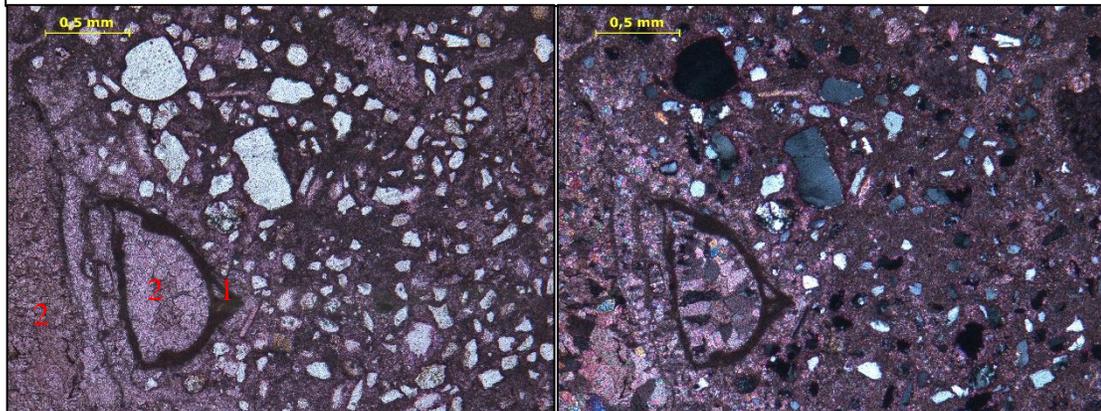
**Fotomicrografía 30. Muestra CP-70. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Amphistegina sp.* 2) Fragmentos de algas.

#### 7.4 Apéndice IV. Observaciones petrográficas. Macuere, estado Lara.

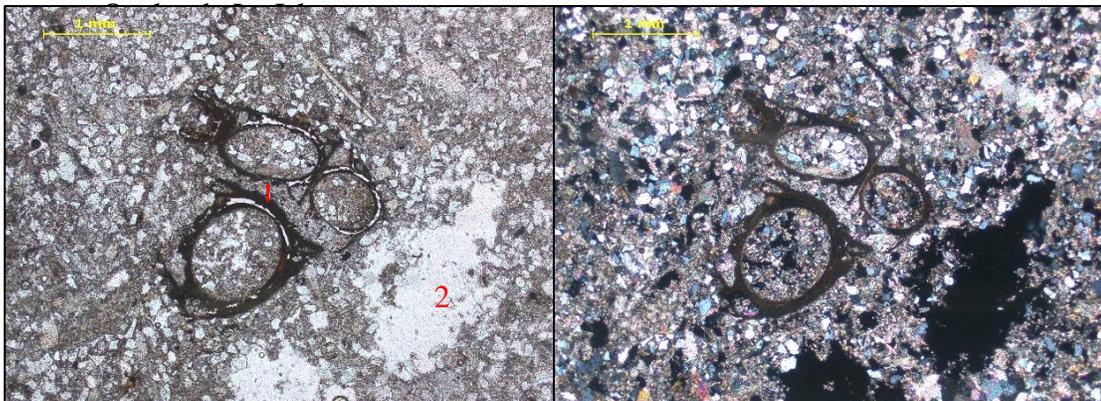
Todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nicoles paralelos y la derecha en nicoles cruzados.



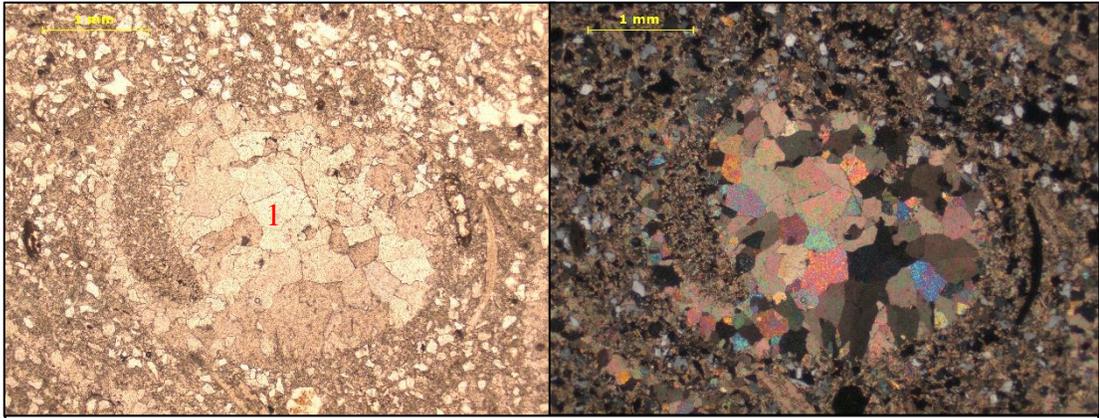
**Fotomicrografía 1. Muestra CP-1. General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles: 1.** Anélido (poliqueto).



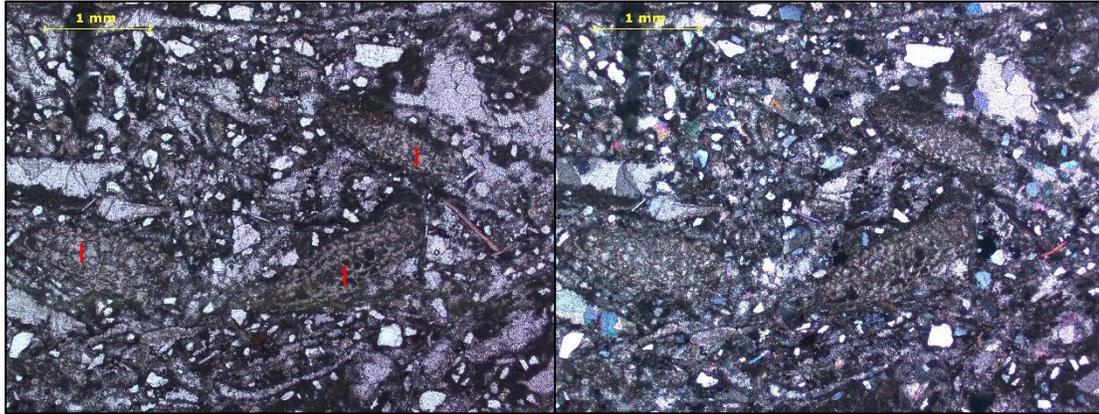
**Fotomicrografía 2. Muestra CP-1. General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles: 1)** Anélido (poliqueto). **2)** Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



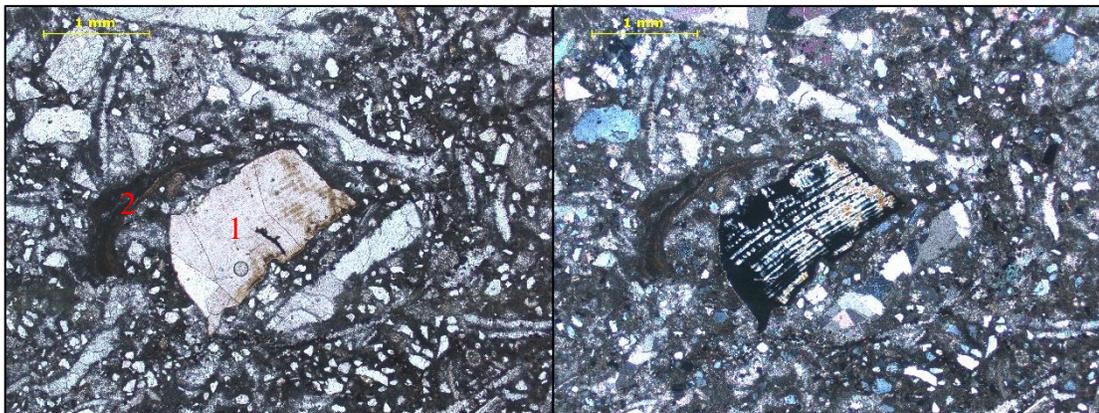
**Fotomicrografía 3. Muestra CP-2. General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles: 1.** Anélido (poliqueto). **2)** Porosidad secundaria, por disolución de ortoquímicos presentes.



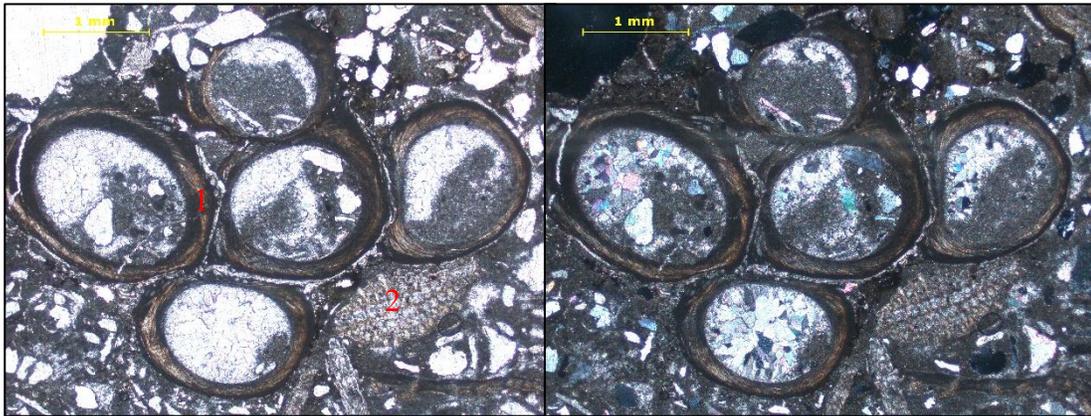
**Fotomicrografía 4. Muestra CP-2. Detalles: 1)** Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



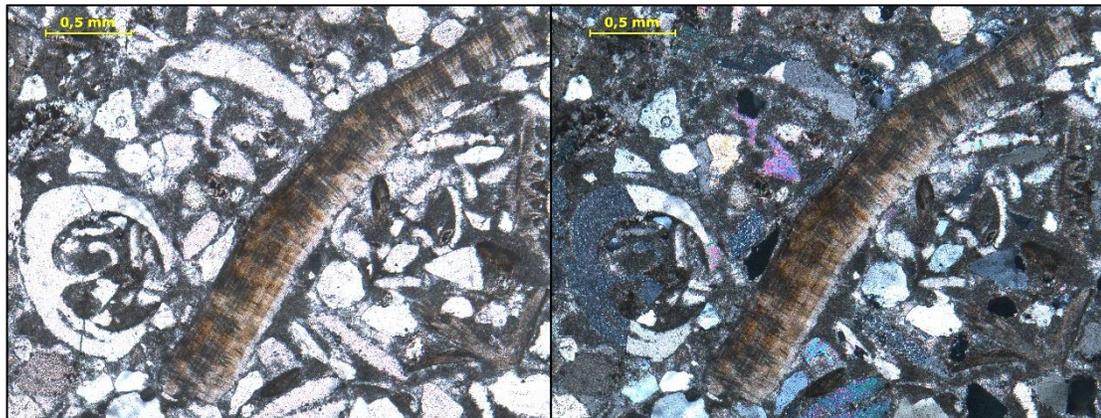
**Fotomicrografía 5. Muestra CP-4. Detalles: 1)** La mayor parte de la muestra representada por foraminíferos bénticos *Miogyssina sp.*



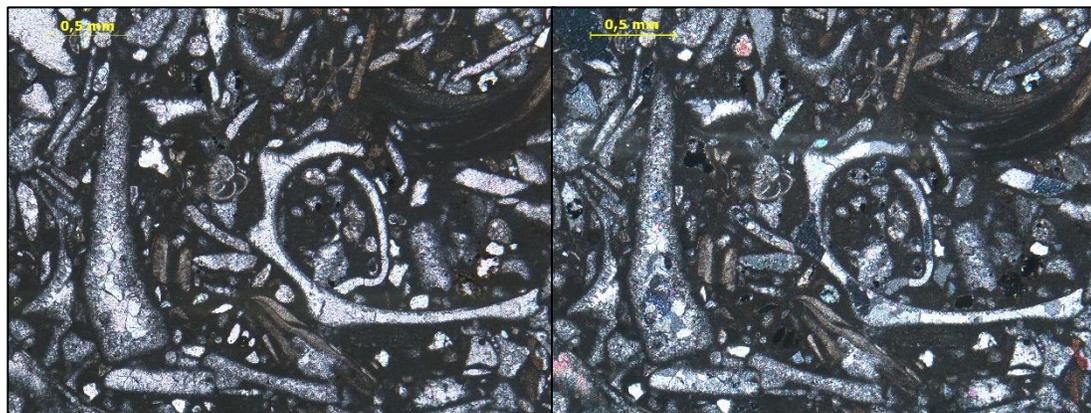
**Fotomicrografía 6. Muestra CP-4. Detalles: 1)** Fragmento de alga fosfatizada. **2)** Fragmento de anélido (poliqueto).



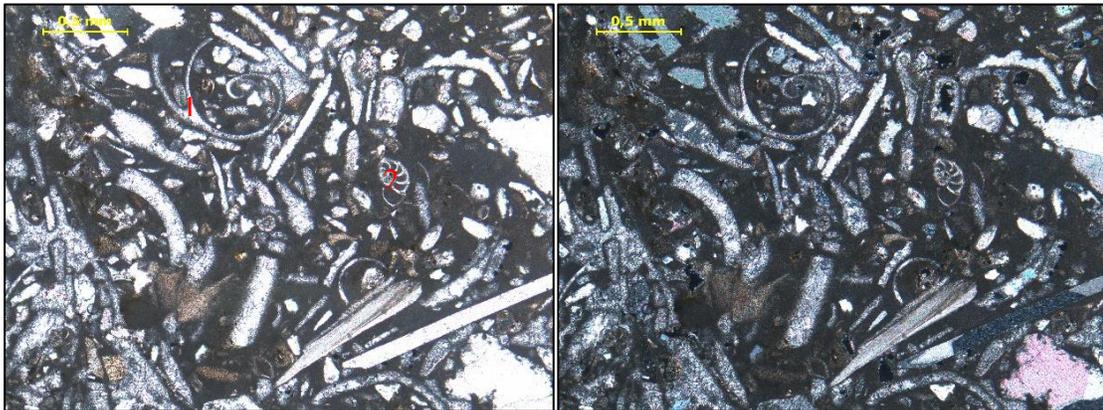
**Fotomicrografía 7. Muestra CP-5. Detalles: 1) Acumulación de anélidos (poliquetos). 2) Foraminífero béntico *Miogypsina* sp.**



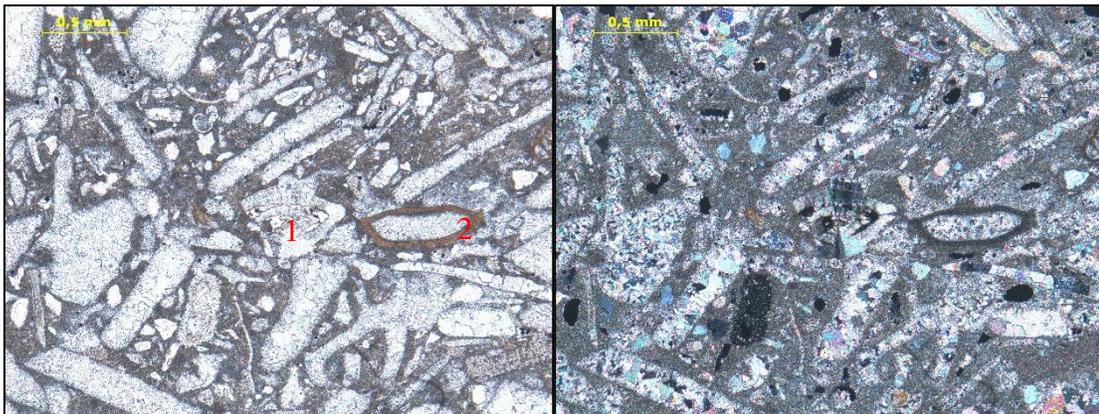
**Fotomicrografía 8. Muestra CP-5. Detalles: 1) Fragmento de molusco fosfatizado. 2) Corte transversal de gasterópodo.**



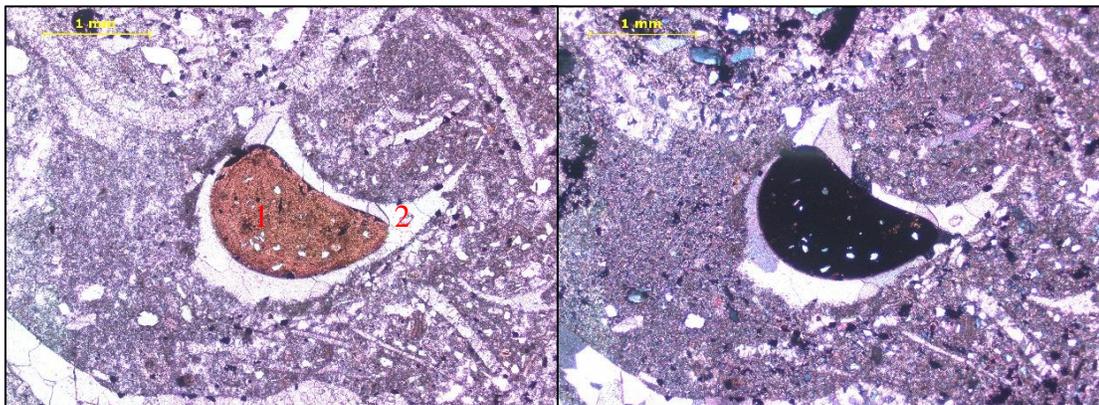
**Fotomicrografía 9. Muestra CP-7A. General: Acumulación de fragmentos de molusco.**



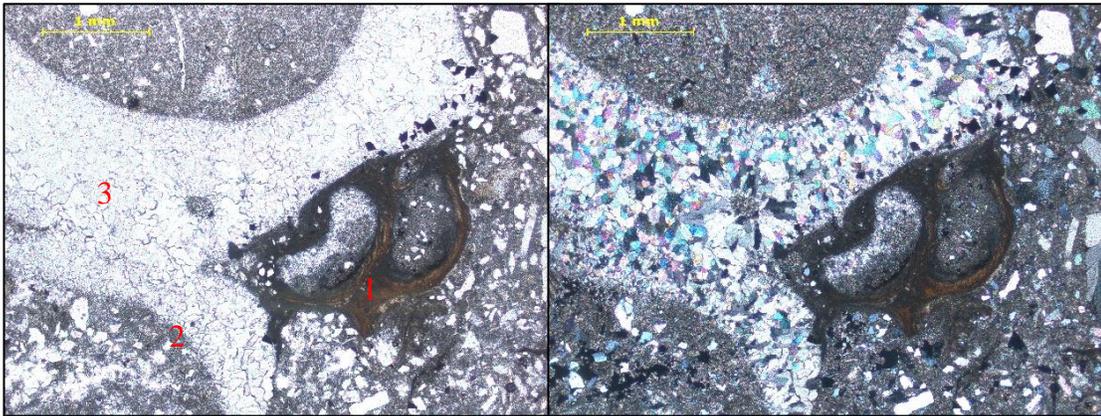
**Fotomicrografía 10. Muestra CP-7A. Detalles:** 1) Corte de transversal de gasterópodo. 2) Foraminífero béntico seriado.



**Fotomicrografía 11. Muestra CP-7B. General:** alto contenido de fragmentos de molusco con neomorfismo heteroaxial con cemento tamaño pseudoespato. **Detalles:** 1) Foraminífero béntico *Nummulites* sp. 2) Fragmento de molusco fosfatizado.



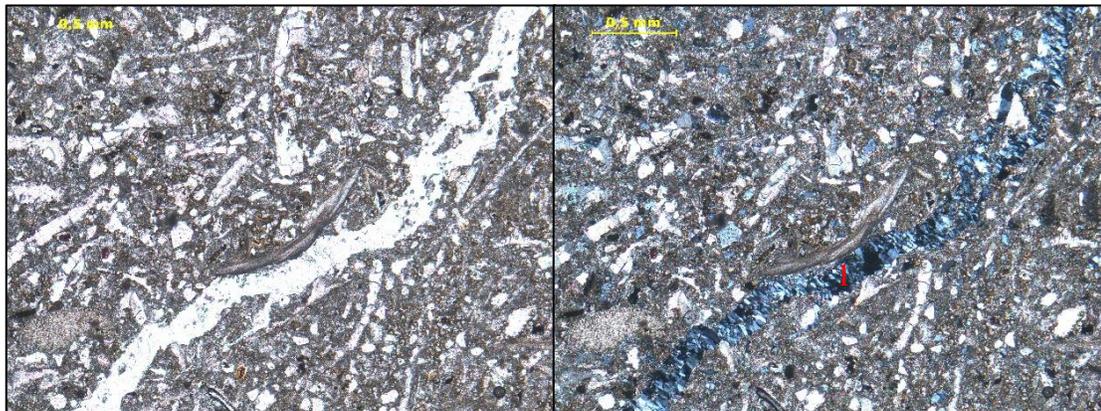
**Fotomicrografía 12. Muestra CP-8. Detalles:** 1) Fragmento de caliza fosfatizado. 2) Cemento tamaño espato.



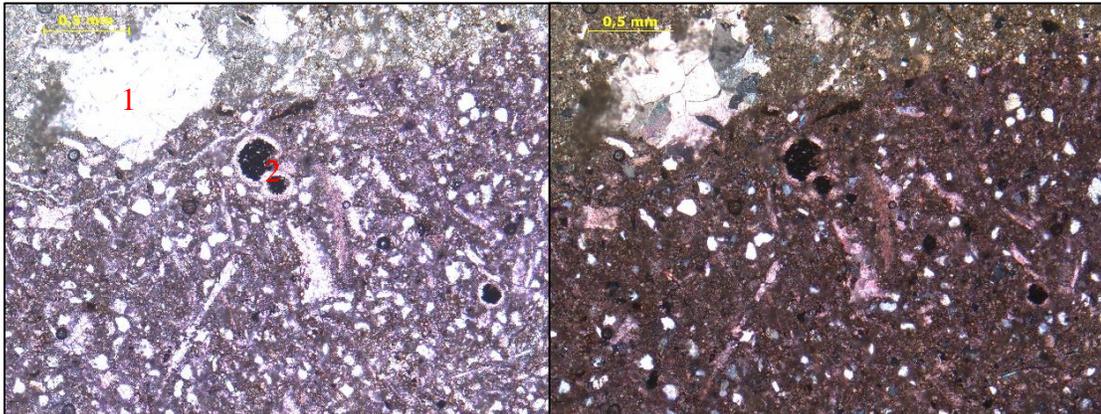
**Fotomicrografía 13. Muestra CP-8. Detalles:** 1) Anélido (poliqueto). 2) Cemento tamaño espato con textura radiaxial. 3) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



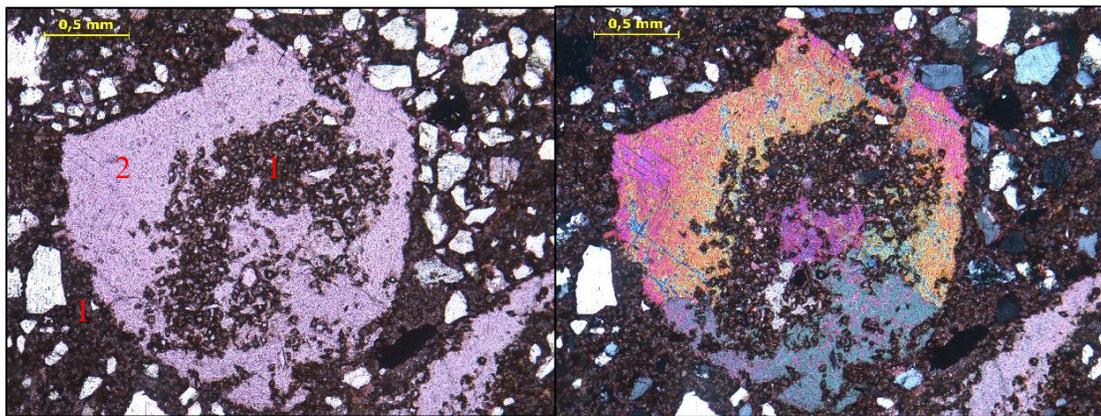
**Fotomicrografía 14. Muestra CP-9. Detalles:** 1) Anélidos (poliquetos). 2) Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial.



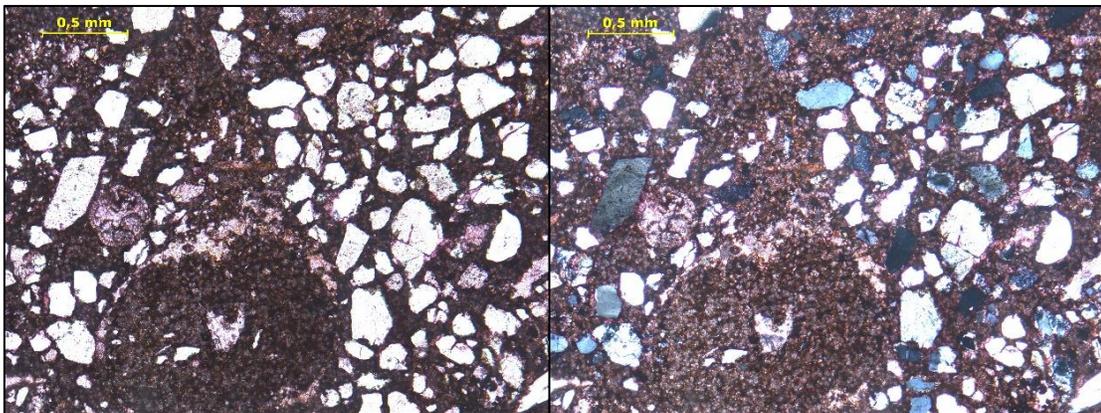
**Fotomicrografía 15. Muestra CP-11. General:** Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial. 1) Vetilla de cuarzo que se distribuye en forma de red en la muestra.



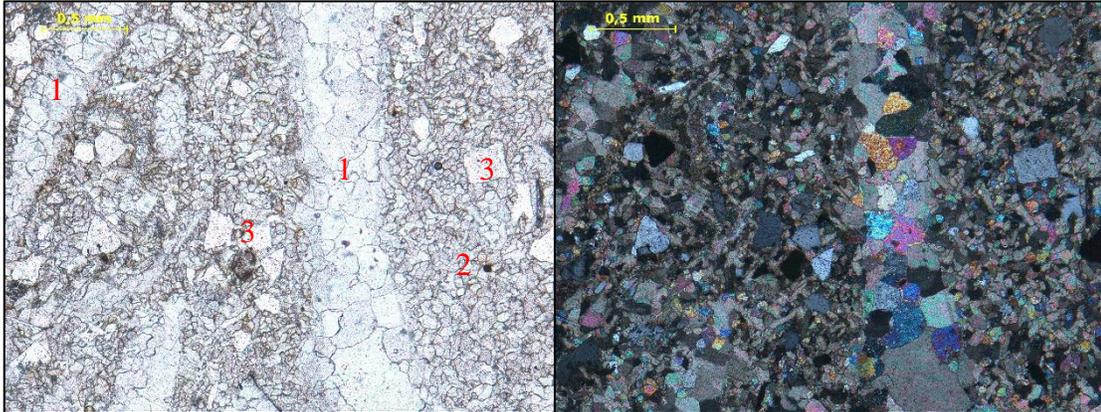
**Fotomicrografía 16. Muestra CP-11. Detalles: 1) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 2) Foraminífero pláctico *Globorotalia sp.***



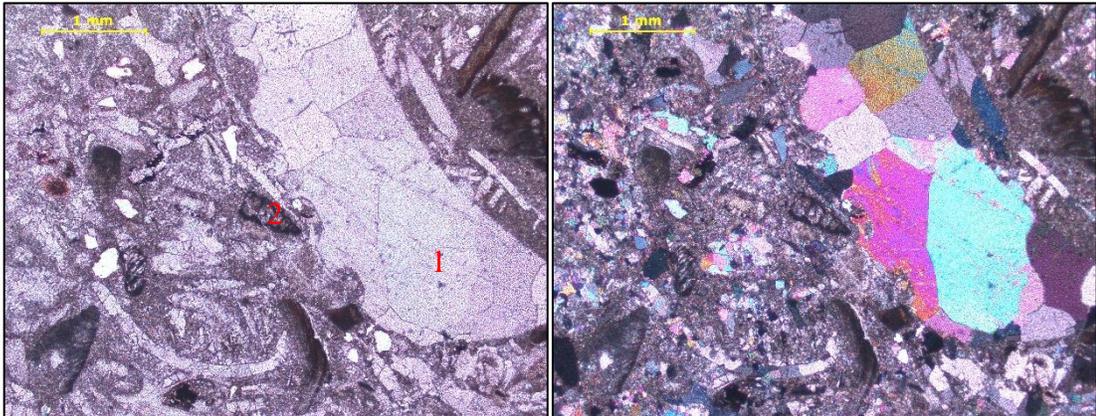
**Fotomicrografía 17. Muestra CP-18. General: Matriz carbonática (micrita) dolomitizada con contenido de extraclástico. Detalles: 1) Cristales de dolomita. 2) Cemento esparítico.**



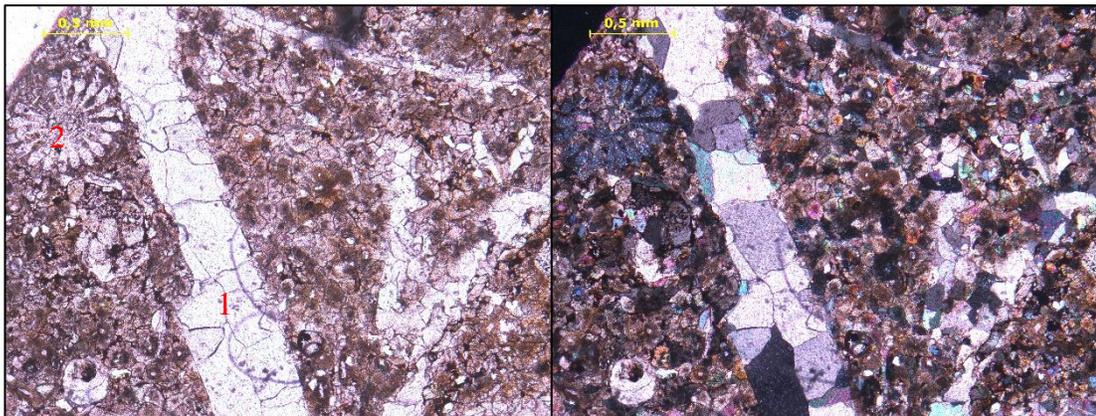
**Fotomicrografía 18. Muestra CP-18. General: Alto contenido de extraclásticos en matriz carbónica (micrita) dolomitizada.**



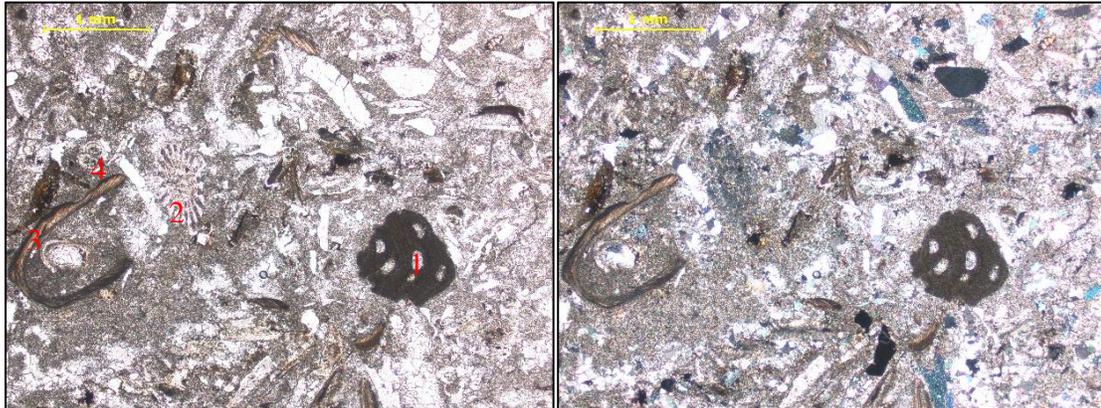
**Fotomicrografía 19. Muestra CP-19. Detalles:** 1) Cemento tamaño espato con textura mosaico o equigranular. 2) Cemento tamaño pseudoespato con textura mosaico o equigranular. 3) Fragmentos de cuarzo.



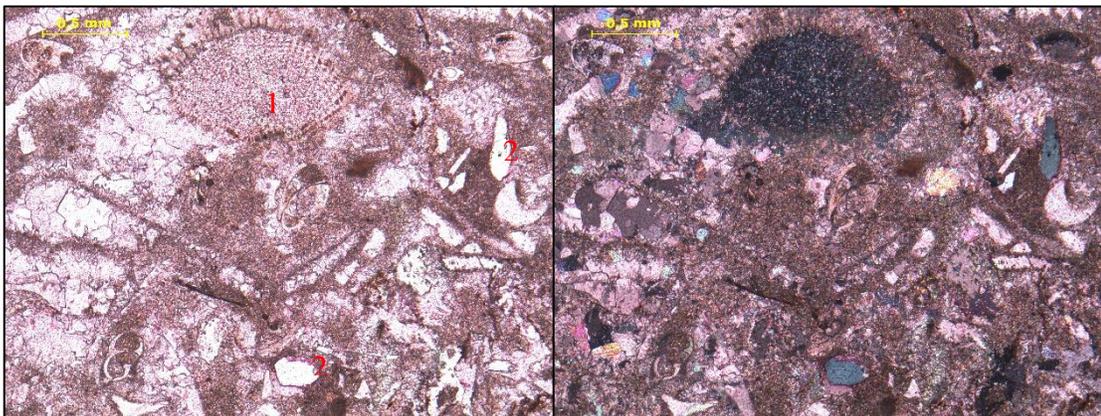
**Fotomicrografía 20. Muestra CP-20. Detalles:** 1) Fragmento de molusco con neomorfismo agradable, cemento tamaño espato. 2) Foraminífero béntico uniseriado.



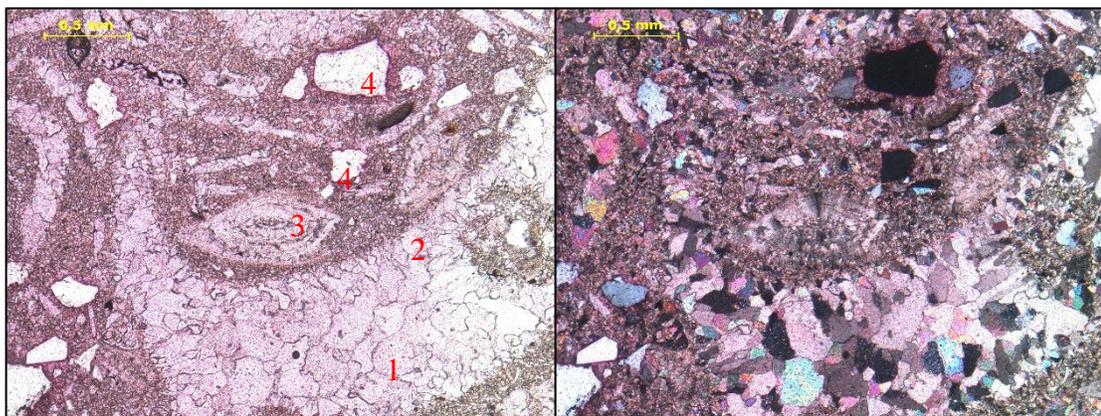
**Fotomicrografía 21. Muestra CP-21. Detalles:** 1) Cemento tamaño espato con textura mosaico o equigranular. Corte transversal de espina de equinoide.



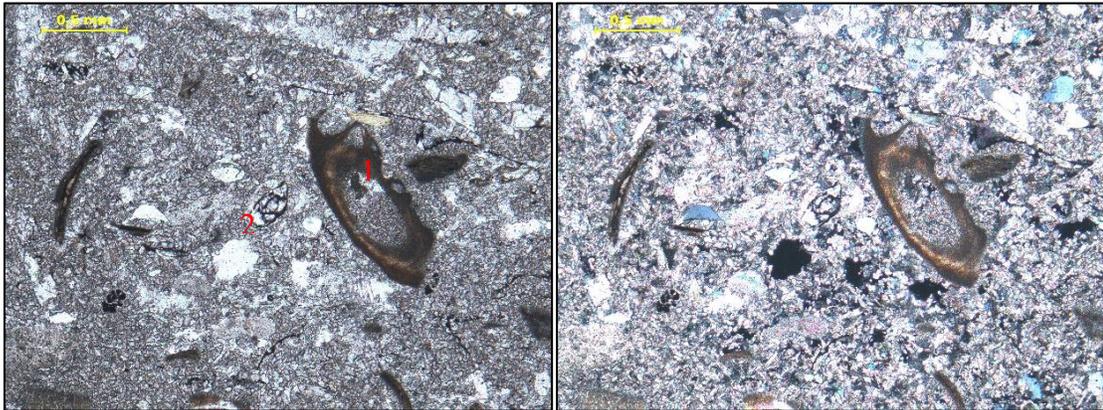
**Fotomicrografía 22. Muestra CP-22. Detalles:** 1) Fragmento de alga roja. 2) Corte transversal de espina de equinoide. 3) Fragmento de anélido (poliqueto). 4) Foraminífero pláctico *Globorotalia sp.*



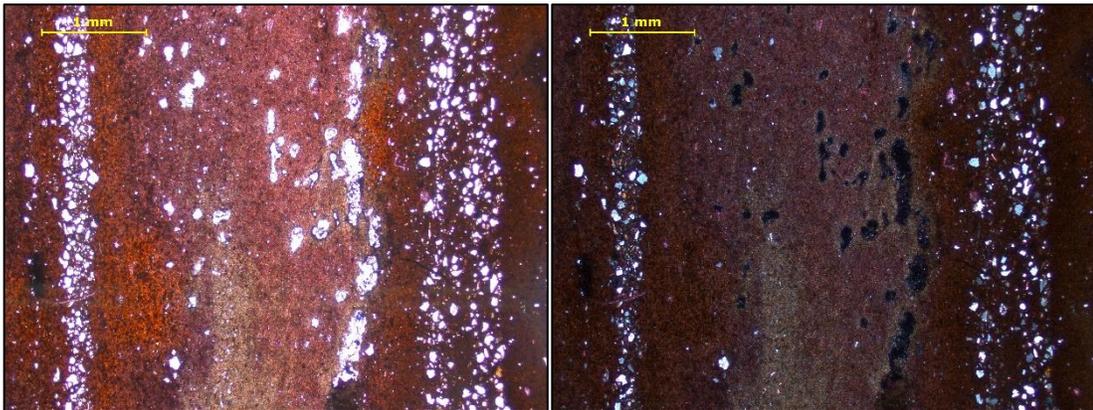
**Fotomicrografía 23. Muestra CP-22. Detalles:** 1) Fragmento de equinodermo. 2) Fragmentos de cuarzo.



**Fotomicrografía 24. Muestra CP-23. Detalles:** 1) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 2) Cemento tamaño pseudo espato con textura radial o radiaxial. 3) Foraminífero béntico *Nummulites sp.* 4) Porosidad secundaria dada por disolución.



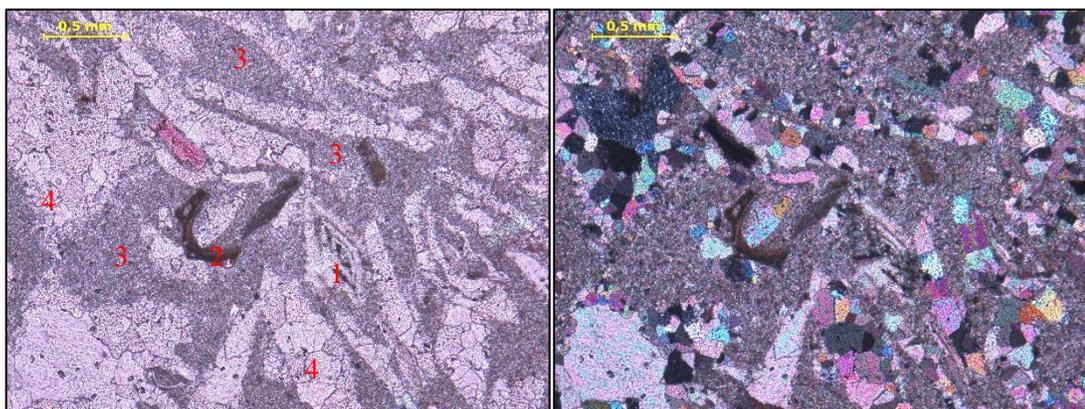
**Fotomicrografía 25. Muestra CP-23. General:** Cemento esparfítico tamaño pseudoespato, producto de la recristalización del lodo carbonático. **1)** Anélido (poliqueto). **2)** Foraminífero bentónico tipo Miliólido.



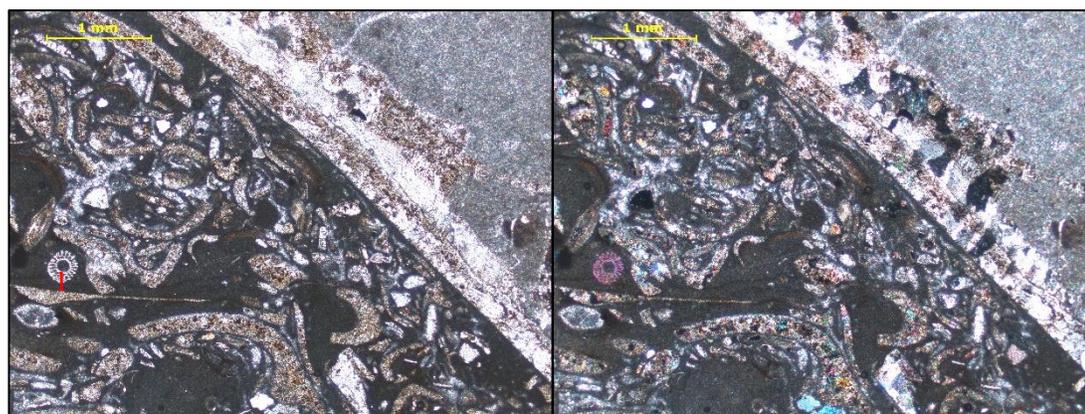
**Fotomicrografía 26. Muestra CP-23A. General:** muestra con alto contenido de micrita, presenta bandeamientos orientados de mayor concentración de extraclásticos.



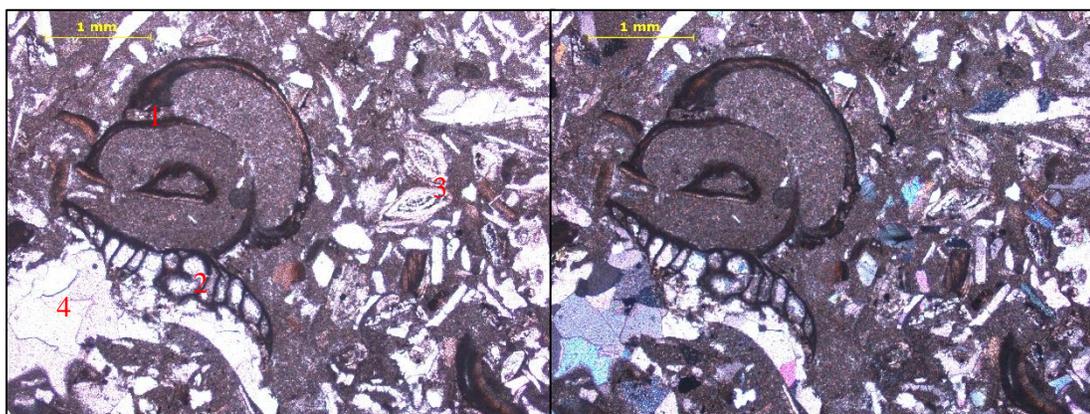
**Fotomicrografía 27. Muestra CP-23A. General:** Matriz de lodo carbonático (micrita). **Detalles: 1)** Foraminíferos bentónicos.



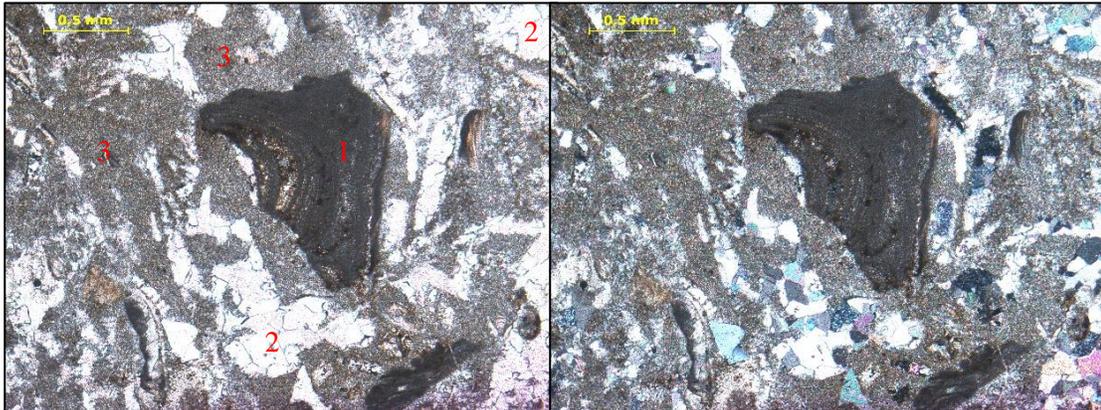
**Fotomicrografía 28. Muestra CP-24. Detalles:** 1) Foraminífero bentónico tipo *Nummulites* sp. 2) Fragmento de anélido (poliqueto). 3) Cemento tamaño microspato. 4) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



**Fotomicrografía 29. Muestra CP-24. General:** Alto porcentaje de aloquímicos, principalmente fragmentos de moluscos. **Detalles:** 1) Corte transversal de espina de equinoide.

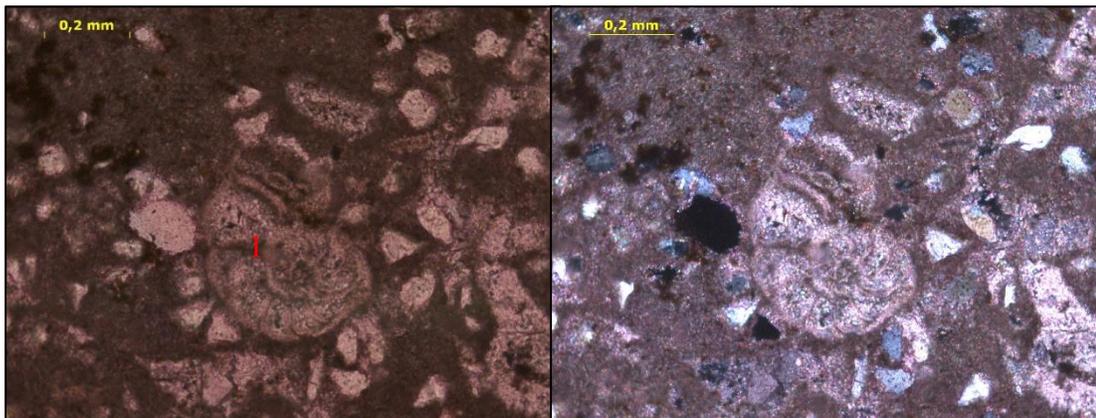


**Fotomicrografía 30. Muestra CP-26. Detalles:** 1) Anélidos (poliquetos). 2) Foraminífero bentónico uniseriado. 3) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 4) Foraminíferos bentónicos tipo *Nummulites* sp.

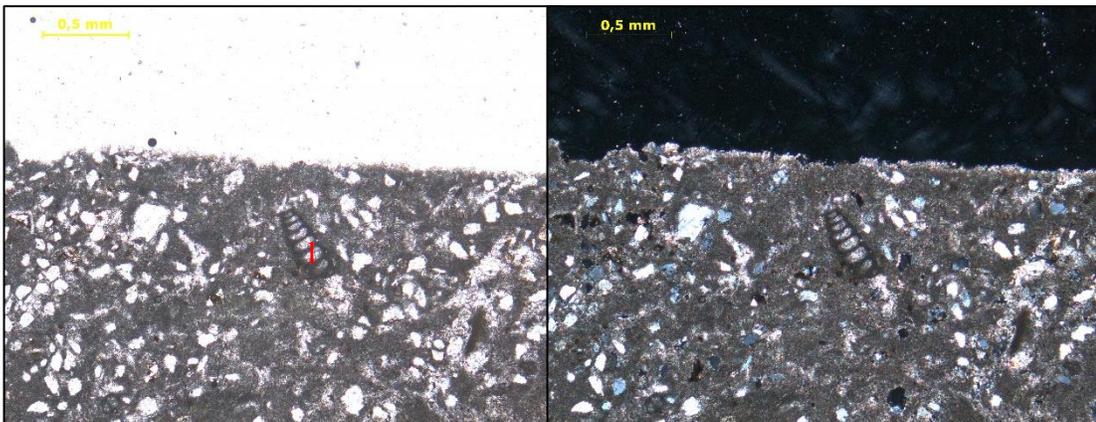


**Fotomicrografía 31. Muestra CP-26.** 1) Fragmento de alga coralina. 2) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 3) Cemento tamaño microespato, producto de la recristalización de la matriz carbonática.

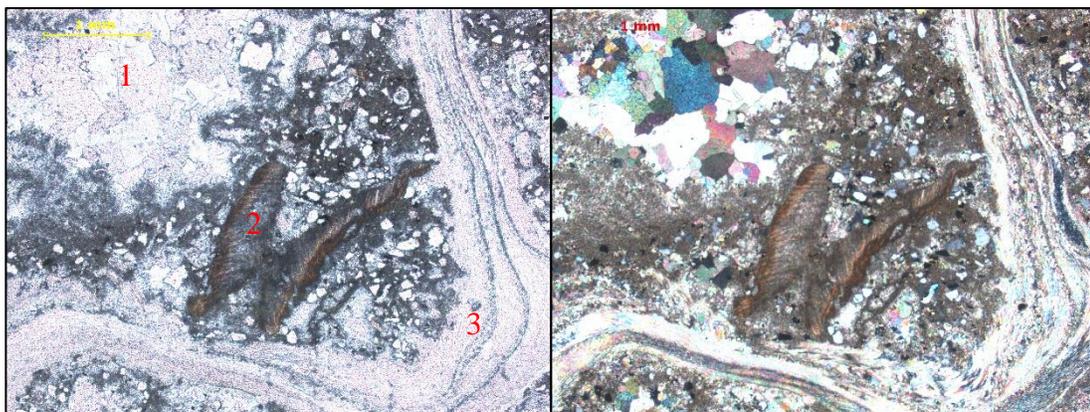
- Quebrada La Torta



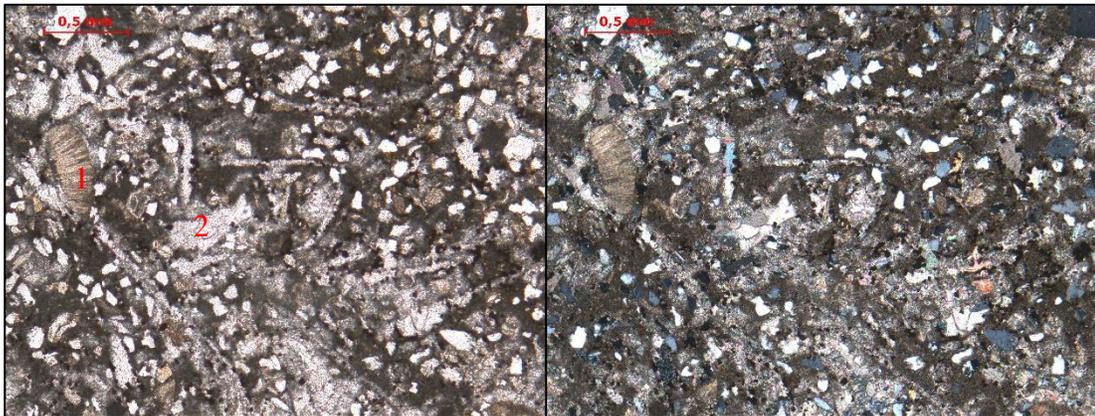
Fotomicrografía 32. Muestra CPT-03. 1) Foraminífero bentónico



Fotomicrografía 33. Muestra CPT-03. 1) Foraminífero bentónico uniseriado



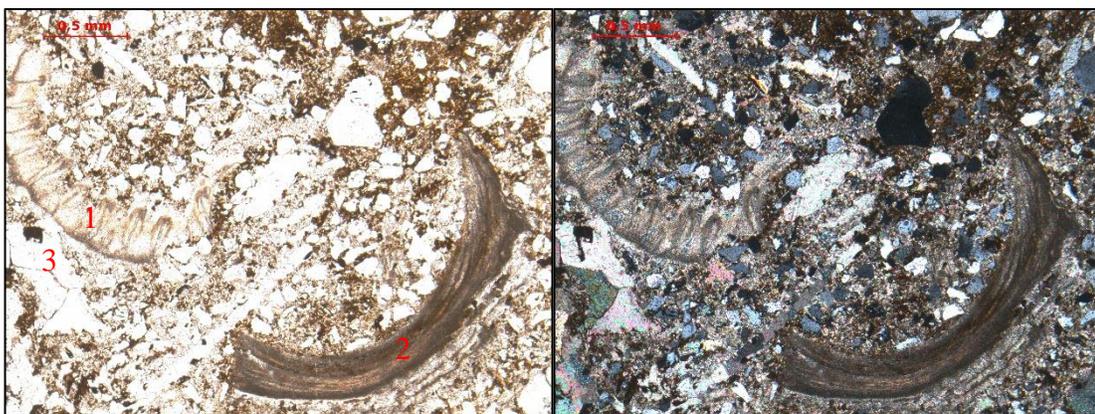
Fotomicrografía 34. Muestra CPT-04. 1) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 2) Fragmentos de poliquetos (corte transversal). 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



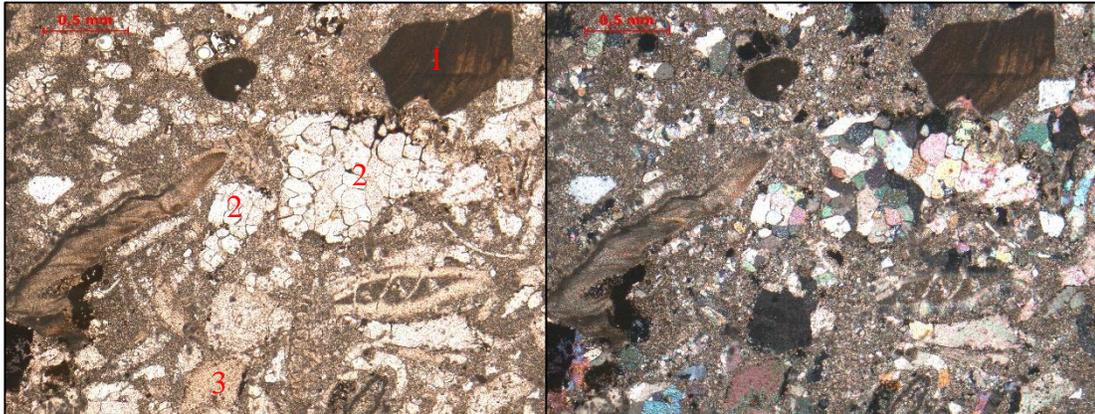
**Fotomicrografía 35. Muestra CPT-04.** 1) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico relleno de una porosidad secundaria de ortoquímicos.



**Fotomicrografía 36. Muestra CPT-05.** 1) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2) Fragmento de equinodermo.



**Fotomicrografía 37. Muestra CPT-05.** 1) Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2) Fragmento de anélido (poliqueto). 3) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



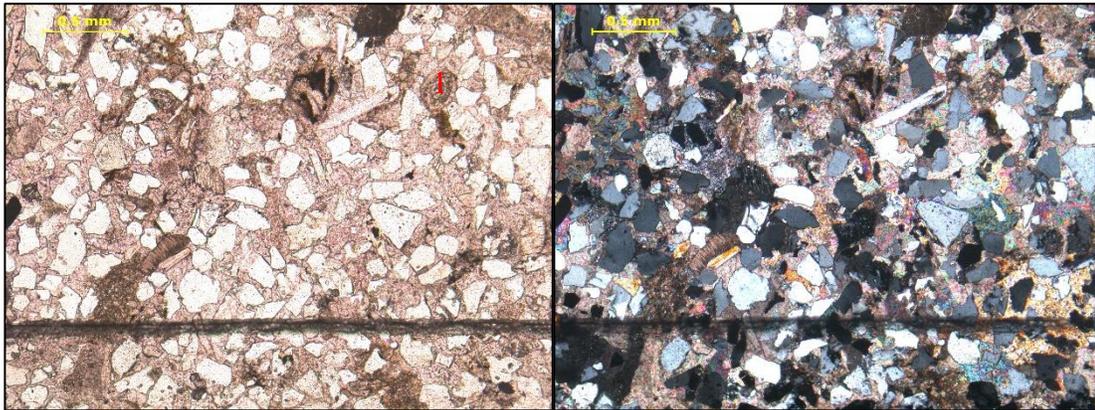
**Fotomicrografía 38. Muestra CPT-6A.** 1) Fragmento de alga “roja”. 2) Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 3) Fragmento de equinoide.



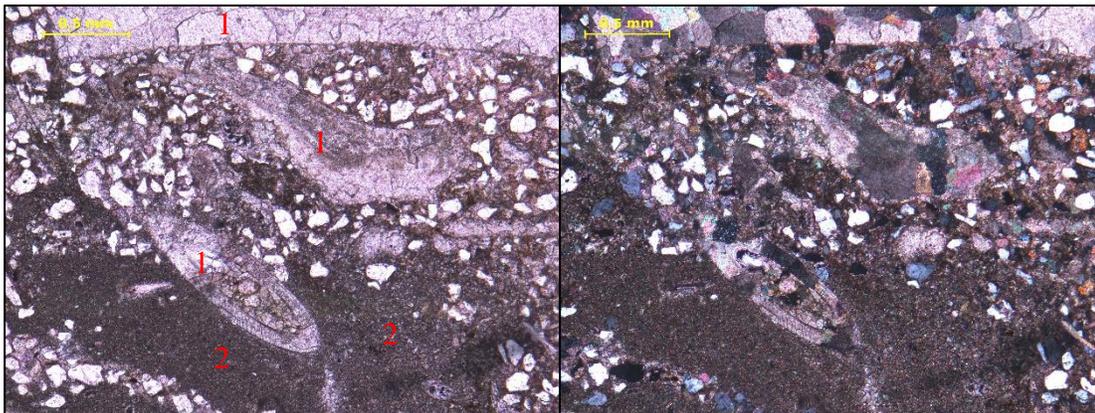
**Fotomicrografía 39. Muestra CPT-6A.** 1) Foraminíferos bentónicos tipo *Nummulites sp.* 2) Corte transversal de fragmento de equinoide. 3) Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



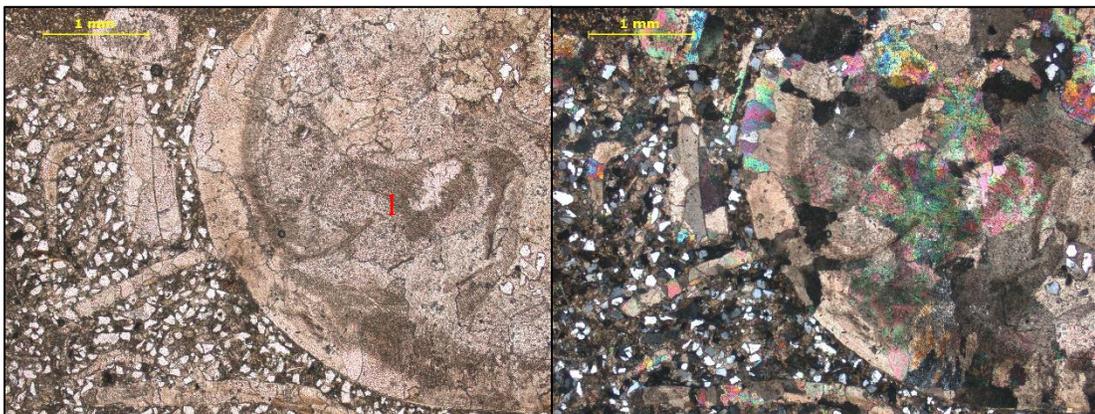
**Fotomicrografía 40. Muestra CPT-7. General:** alto porcentaje de extraclásticos. 1) Mica. 2) Fragmento de molusco fracturado con inversión homoaxial. 3) Fragmento de alga “roja”.



**Fotomicrografía 41. Muestra CPT-7. General:** alto porcentaje de extraclásticos. 1) Foraminífero bentónico.



**Fotomicrografía 42. Muestra CPT-11.** 1) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 2) Lodo carbonático (micrita).



**Fotomicrografía 43. Muestra CPT-11.** 1) Oncoide recristalizado a cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.