

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE
LA FORMACIÓN CAPADARE EN LAS REGIONES DE MACUERE, ESTADO
LARA Y RIECITO, ESTADO FALCÓN**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Geólogo
por las Bras Pernía B, Sarái y
Tirado C, Karla F

Caracas, junio 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE
LA FORMACIÓN CAPADARE EN LAS REGIONES DE MACUERE, ESTADO
LARA Y RIECITO, ESTADO FALCÓN**

Tutor Académico:
Prof. González, Lenín

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Geólogo
por las Bras Pernía B, Sarái y
Tirado C, Karla F

Caracas, junio 2011

PERNÍA B. Sarafí, TIRADO C. Karla F.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CAPADARE EN LAS REGIONES MACUERE, ESTADO LARA Y RIECITO, ESTADO FALCÓN

Tutor: Prof. Lenín GONZÁLEZ. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2011, 150 p.

Palabras claves: Formación Capadare, Facies, roca híbrida, fluorescencia de rayos X, geoquímica, petrografías, diagénesis, quimiofacies.

Resumen: Se plantea la caracterización geológica y el análisis sedimentológico de la Formación Capadare a partir del levantamiento geológico de dos localidades, una al sureste del estado Falcón y la otra al norte del estado Lara. La primera, correspondiente al cerro Riecito, municipio Jacura, al sur de la población de Riecito, estado Falcón; la segunda a las quebradas La Isla, La Torta y Topeye, en la región de Macuere, municipio Urdaneta, al noroeste de la población de Siquisique.

La metodología consistió en realizar un compendio bibliográfico para unificar criterios sobre lo publicado hasta el momento en la Formación Capadare, complementando con estudios de campo, observaciones petrográficas, geoquímica por fluorescencia de rayos X, generación de columnas estratigráficas, correlaciones y cartografía a diferentes escalas.

A partir de las correlaciones y generación de columnas litoestratigráficas, se definieron para la sección levantada en Macuere tres facies: *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. En Riecito, se definieron cuatro facies: *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).

Estas litofacies fueron sustentadas por los resultados obtenidos a partir de los análisis geoquímicos por fluorescencia de rayos X, que definieron quimiofacies correspondientes, donde el porcentaje de SiO₂ resultó mayor en las facies definidas por rocas híbridas y el porcentaje de CaO resultó menor en éstas, análogamente, los compuestos Al₂O₃ y TiO₂ también se relacionaron a estas facies de mayor contenido siliciclástico; las facies representadas por rocas carbonáticas mostraron una respuesta inversa a las anteriormente descritas, tanto en la localidad de Riecito, estado Falcón como en Macuere, estado Lara.

Las descripciones petrográficas realizadas permitieron clasificar las muestras y definir en orden de abundancia los litotipos presentes en la Formación Capadare como sigue: entre las rocas carbonáticas, según DUNHAM (1962) predomina caliza lodosa (wackstone), seguida de caliza lodogranular (packstone) y en menor proporción lodolita carbonática (mudstone) y según FOLK (1962) biomicrorita y bioesparita; y las rocas híbridas, según MOUNT (1985) microrita arenosa, seguida de caliza aloquímica arenosa y finalmente arenisca micrítica. Además, permitieron asociar la secuencia a una diagénesis de intermedia a levemente tardía, evidenciada por la presencia de neomorfismo heteroaxial dominando sobre el homoaxial, procesos diagnósticos como la silificación y glauconitización, observación de microestilolitas, presencia de minerales

de arcilla (illita), lo que además se apoyó con la identificación de clorita autigénica a través de la DRX en arcilla.

Las litofacies definidas permitieron generar un esquema de sedimentación para estas secuencias condicionado por variaciones en el nivel del mar y paleogeografía, definiéndose varios ambientes de depositación entre laguna interna proximal a la línea de costa y delante del arrecife.

El estudio de la fracción siliciclástica presente en las rocas híbridas permitió a partir de la asociación litológica señalar como roca fuente a: el Gneis de Yaritagua, la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare y el Esquisto de Aroa, lo cual pudo apoyarse con la aplicación de la metodología de conteo modal y clasificación de DICKINSON & SUCZEK (1979), que asigna la fuente de aporte clástico a bloques continentales.

Finalmente, la Formación Capadare se describe como una secuencia de rocas carbonáticas fosilíferas y niveles dolomíticos, intercaladas con rocas híbridas y niveles de lutita.

AGRADECIMIENTOS

Karla y Saraí

Agradecemos...

A Dios, por permitirnos estar en este lugar y en este momento y darnos la sabiduría, paciencia, fortaleza y mil bendiciones más que nos permitieron lograr otro objetivo más en la vida.

Al prof. Franco Urbani por haber confiado en nosotras y asignarnos este proyecto, a FUNVISIS y al proyecto GEODINOS y LOCTI por permitir que lo desarrolláramos, a nuestro Tutor Académico Lenin González por aceptar tutoriarnos.

A la empresa Geocyma C.A., especialmente al Ingeniero Daniel Menéndez por su valiosa colaboración sin la cual no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A los profesores José Méndez Baamonde, David Mendi por sus valiosos aportes, Enzo Caraballo por su colaboración en la dura labor de trabajar con Argis y Ruthman Hurtado por siempre apoyarnos.

A Gregorio López y Leonardo Bochetti por su colaboración.

Karla Tirado

Primeramente agradezco a la mujer más especial que conozco, mi mami hermosa, muchas gracias Liliam Yadira Tirado Contreras por haberme regalado la vida, por apoyarme, soportarme, entenderme y por siempre estar allí, y en esta misma onda quiero agradecer a mi querido Jesús Romero por representar esa figura que toda niña necesita, la de un padre, a mis hermanos Rudy y Juan Manuel por simplemente existir y formar parte de mi vida.

En segundo lugar a la Universidad Central de Venezuela por haberme dado el honor y la oportunidad de formarme profesionalmente, a mi querido Núcleo de Cagua, y a la escuela de Geología, Minas y Geofísica, en la que momentos tan especiales viví y me permitió conocer un sin fin de personas únicas.

Gracias nuevamente mí querido profesor Franco Urbani por la oportunidad que me brindo al realizar este maravilloso trabajo y por ofrecer tanto su experiencia y sabiduría como su cariño, igualmente a mi súper tutor Lenin González: profe no se me ocurre otra cosa que decirle que es lo máximo!

Gracias a mi súper compañerita de tesis!!! amiga fue un placer haber trabajado contigo eres toda una profesional, gracias por soportarme, y agradezco a Dios por haberme dado paciencia para soportarte a ti! Jejejeje, te quiero mucho.

Agradezco muy especialmente al profesor David Mendí por su valiosa e incomparable ayuda en este trabajo y el apoyo brindado, a los profesores que contribuyeron con mi formación: Ruthman Hurtado (gracias por los cafecitos, su ayuda y conocimientos), Ricardo Alezones por permitirme ir de visita a su laboratorio y por las mejores clases dictadas (mapas y campo corto) toda una suerte!

A mí querido profe Feliciano De Santis por las oportunidades brindadas con las que adquirí una gran experiencia.

A mis amigos del Lab 330: Alí (todo un profesional de las arcillas), Walter (peque gracias por tu mapa), Viky (mis cejas te adoran amiga! Jejejeje, yo también), Jhonda (prepa), Daniel (papi gracias por enseñarme a pulverizar), a mi flaco bello Fercho, a mi amiga bella Mariale y Alonzo, a mi lokita Shira, a Andrés “Pupi”, a Andrés Sánchez nuestro presidente, a mi querido colega Andreí Ichaso, y a Enzo otra vez, gracias también a Arturo por los cafecitos tan bueno a William por su apoyo y consejos y a Leito!

No se me pueden olvidar mis amigas de la resi: Shira, Leonela, Yerita, Jhoa, Leidy, Ruthja, gracias a todas por esos momentos tan divertidos que compartimos, mis amigas de siempre: Sinouhe, Anny, Airam, las quiero mucho, al igual que mis amigos: Ronald, Angelvis, Gabriel...

En fin GRACIAS a todos los que de alguna manera contribuyeron para la realización de este trabajo y los que forman parte de mi vida.

Saraí Pernía Bastidas

Gracias....

... A Dios, por ser mi guía y bendecirme en cada momento, darme fortaleza, perseverancia y valor en los momentos donde las condiciones parecían desfavorables.

... A mis padres, Alex Maritza Bastidas Sanchez y Pedro Pablo Pernía García, sin ellos no lo hubiese logrado, por ser mi apoyo incondicional e infinito, estar SIEMPRE dispuestos a escuchar, entender y servir en TODOS los sentidos de la vida, por comprender mis malcriadeces y faltas en el hogar por el tiempo dedicado a esta carrera, por ser LOS MEJORES PADRES DEL UNIVERSO. LOS AMO!

... A mi hermanita Ana Marina Pernía Bastidas, por sus consejos, apoyo, lecciones de vida, amistad, compañía, por ser la MEJOR HERMANA DEL MUNDO. TE AMO!

... A mi familia TODA (abuelos, tíos, primos), aunque algunos ya no estén en este mundo terrenal, fueron ejemplo de vida (especialmente mi abuelita Carmen Rolón).

Muy especialmente a mis primos: Esmic José Rodríguez, Francisco José Rodríguez, Jesús Alejandro Blanco, María Alejandra Blanco y Nathaly Blanco, por escucharme y apoyarme cuando los necesite; a mis tíos: Esnaida, Marina y Rafael Bastidas y Esperanza Pernía. LOS AMO!

... A mi compañera de tesis Karla Fabiola Tirado Contreras (Karlita), por ser más que mi compañera mi AMIGA, por soportarme y comprenderme, por aceptar trabajar conmigo, por siempre estar allí...

... A Edinho Isaac Urbina, mi novio, por ser tan paciente, comprensivo y apoyarme en todo lo que necesite, por brindarme su ayuda incondicional. TE AMO!

... A mi súper tutor, profesor Lenin González por ser guía y amigo, por darnos apoyo académico y sobretodo moral, por sus consejos sabios y oportunos, por ser paciente y tolerante, por TODO LO QUE ES...

... A los profesores más especiales de toda la UCV: Profs. Franco Urbani, Ruthman Hurtado, David Mendi, Ricardo Alezones, Enzo Caraballo, Feliciano De Santis, Marianela Blanco, Alfredo Mederos, fueron más que simples profesores amigos, por sus consejos y apoyo.

... A mis AMIGOS por tantos momentos compartidos, risas y lagrimas, emociones y rabias, gustos y disgustos, a cada uno por dejarme un pedacito de ellos en mi vida y recuerdos y vivencias que jamás olvidaré: de nuevo Karla Tirado, Orlando Rodríguez, Javier Nava, Alejandra Moreno, Marialejandra Pérez, Rotshira Pacheco, Victoria Coello, Vanessa Buenahora, Andreí Chazo, Fernando Nevado, Andrés Sánchez, Jonnathan Arévalo, Walter Reategui, Alí Gomez, Raúl Coello, Humberto Dugarte, Wiliam Rivero, Alonzo Azocar.

... A mis compañeros de carrera, por ser parte de esta experiencia y enseñarme a convivir con otros caracteres y humores, Daniela Castro, Adriana Gamero, Marlys Revetti, María Guaipo, Valeria Daza, Andrés Mujica, Bernardo López y muchos más que ahorita no recuerdo.

... A todas aquellas personas por su infinito apoyo y colaboración: Leonardo Bochetti, Arturo Espinoza, Luis Carlos Sánchez Sra. Marianela Avendaño, Sr. Julio Nava, Jesica Nava, Sra. Nancy Cedeño, Arnaldo Salazar, prof. Méndez Baamonde, Sra. Moira Meza, Moirita, Dr. Ascanio Rincón (IVIC), Gerencia Técnica de PDVSA, CVP y muchas más que no recuerdo en este momento.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivo	1
1.2.1. Objetivo general	1
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Ubicación del área de estudio	3
1.4. Antecedentes	5
1.4.1. Estudios previos referentes a la Formación Capadare.....	5
1.4.2. Estudios previos referentes a la metodología aplicada.....	7
2. MARCO METODOLÓGICO	9
2.1. Etapa pre-campo	9
2.2. Etapa de campo	9
2.3. Etapa post-campo	10
3. GEOLOGÍA REGIONAL	12
3.1. Unidades geológicas	12
3.1.1. Formación La Luna	12
3.1.2. Formación Matatere	12
3.1.3. Formación Capadare	13
3.1.3.1. Caliza de Riecito	15
3.2. Marco estructural	16
4. GEOLOGÍA LOCAL	19
4.1. Generalidades	19
4.2. Formación Capadare	19
4.2.1. Macuere, estado Lara	19
4.2.2. Riecito, estado Falcón	23
4.2.3. Comparación entre las zonas	25
5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES	26
5.1. Petrográficas (clasificación)	26
5.1.1. Macuere, estado Lara	26
5.1.2. Riecito, estado Falcón	32
5.1.3. Comparación entre las zonas	37
5.1.4. Aspectos generales	38
5.2. Geoquímica	41

5.2.1. Generalidades	41
5.2.2. Macuere, estado Lara	41
5.2.3. Riecito, estado Falcón	43
5.2.4. Comparación entre las dos áreas	44
5.2.5. Perfiles geoquímicos	46
5.2.6. Discusiones.....	49
5.3. Correlación	50
5.3.1. Macuere, estado Lara	50
5.3.2. Riecito, estado Falcón	52
5.4. Esquema de sedimentación asociado a las facies litológicas escritas.....	53
5.5. Diagénesis.....	57
5.5.1. Generalidades	57
5.5.2. Macuere, estado Lara	58
5.5.3. Riecito, estado Falcón	61
5.5.4. Comparación entre las zonas	65
5.6. Procedencia	67
5.6.1. Generalidades	67
5.6.2. Asociación litológica.....	67
5.6.3. Asociación a partir del método de conteo modal propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979).....	75
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
8. APÉNDICES	84
8.1. Apéndice I. Bases teóricas	84
8.1.1. Clasificación de rocas híbridas según Mount (1985)	84
8.1.2. Clasificación de rocas carbonáticas según Folk (1962)	85
8.1.3. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962)	86
8.1.4. Clasificación de rocas conglomeráticas según Pettijohn (1976)	87
8.1.5. Clasificación de Dickinson & Suczek (1979)	87
8.1.6. Método de Fluorescencia de Rayos X.....	88
8.1.7. Concepto de diagrama de caja.....	90
8.2. Apéndice II. Observaciones de campo.....	91
8.3. Apéndice III. Observaciones petrográficas. Macuere, estado Lara	102
8.4. Apéndice IV. Observaciones petrográficas. Riecito, estado Falcón	136

9. ANEXOS.....	150
9.1. Tablas de resultados petrográficos	
9.1.1. Macuere, estado Lara	
9.1.1.1. Quebrada La Isla	
9.1.1.2. Quebrada La Torta	
9.1.1.3. Conglomerado Basal	
9.1.2. Riecito, estado Falcón	
9.1.3. Resultados de conteo modal	
9.2. Tablas de resultados de Fluorescencia de Rayos X	
9.2.1. Macuere, estado Lara	
9.2.2. Riecito, estado Falcón	
9.3. Diagramas de caja (geoquímica)	
9.3.1. Macuere, estado Lara	
9.3.2. Riecito, estado Falcón	
9.3.3. Comparación entre las dos áreas	
9.4. Columnas estratigráficas	
9.4.1. Correlación de Riecito	
9.4.1.1. Diagrama de correlación simplificado	
9.4.1.2. Vistas 3D de las facies definidas en Riecito	
9.4.2. Columnas particulares y generalizadas. Macuere, estado Lara	
9.4.3. Columna generalizada. Riecito, estado Falcón	
9.5. Mapas geológicos	
9.5.1. Extensión de la Formación Capadare a escala 1:150.000	
9.5.2. Ubicación de la Formación Capadare, Macuere estado Lara a escala 1:25.000	
9.5.3. Ubicación de la Formación Capadare, quebrada La Isla, Macuere estado Lara a escala 1:5.000	
9.5.4. Ubicación de la Formación Capadare, quebrada La Torta y Topeye, Macuere estado Lara a escala 1:5.000	
9.5.5. Ubicación de la Formación Capadare, Riecito estado Falcón a escala 1:25.000	
9.5.6. Ubicación de la Formación Capadare, cerro Riecito, estado Falcón a escala 1:5.000	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación general de la zona de estudio. En el recuadro de color verde se presentan las zonas de estudio	3
Figura 2. Mapa en el cual se delimita la Formación Capadare y Formación San Luis, URBANI & PERERA (1976).....	8
Figura 3. Secuencia "on lap" observada en la localidad de Riecito, estado Falcón, fotografía tomada por el profesor Lenin González.....	16
Figura 4. Mapa paleogeográfico del Noroeste de Venezuela en el Mioceno Inferior, tomado y modificado de DÍAZ DE GAMERO, 1976.	17
Figura 5. Modelo sedimentario esquemático durante el Oligoceno-Mioceno Temprano para la cuenca de Falcón. A: Formación Casupal; B: Depósitos de aguas profundas provenientes del oeste; C: Calizas de las formaciones Churuguara y Capadare; D: Depósitos de abanicos de talud. E: Arrecifes de la Formación San Luis. Simplificado PORRAS (2000).....	18
Figura 6. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de las <i>Facies I</i> definidas.....	21
Figura 7. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de las <i>Facies II</i> y <i>III</i> definidas.....	22
Figura 8. Columna generalizada de la sección levantada Riecito, estado Falcón.	24
Figura 9. Distribución de litologías según resultados petrográficos. Macuere, estado Lara.	26
Figura 10 Fotomicrografía de las muestras CPT-1 (izquierda) y CPT-2 (derecha). Conglomerado basal donde se observan los fragmentos de cuarzo de menor tamaño y de de chert de mayor magnitud.....	27
Figura 11. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según Folk (1962) (izquierda) y Dunham (1962) (derecha). Macuere, estado Lara.	28
Figura 12 Fotomicrografías que muestran ejemplos de ortoquímicos, a) muestra CP-7a, caliza lodogranular (packstone) / biomicrita, donde la micrita presenta la textura terrosa típica; b) muestra CPT-10, caliza lodosa (wackstone) / bioesparita con la micrita dolomitizada por reemplazamiento; y c) muestra muestra CP-1, caliza lodosa (wackstone) / bioesparita condiferentes tamaños y texturas del cemento.	29
Figura 13. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Macuere, estado Lara.	30
Figura 14. Fotomicrografía izquierda: muestra CP-2, caliza aloquímica arenosa. Fotomicrografía derecha muestra CP-18, micrita arenosa.....	30
Figura 15. Fotomicrografía de la muestra CP12A. Caliza aloquímica arenosa. Nótese la dolomita como producto de la recristalización de la matriz	31
Figura 16. Gráfico de distribución de litologías según los resultados petrográficos para la zona de Riecito, estado Falcón.....	32
Figura 17. Gráfico de distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según Folk (1962), izquierda y Dunham (1962), derecha. Riecito, estado Falcón.	33
Figura 18. A la izquierda fotomicrografía PG-18-M-1, caliza lodogranular (packstone), donde se observan los tamaños y texturas del cemento. A la derecha, fotomicrografía de la muestra PG-08-M-12, lodolita carbonática (mudstone), donde se observa el proceso de recristalización de dolomita a partir de micrita, muestra.	33
Figura 20. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Riecito, estado Falcón.....	34
Figura 19. Ejemplos de los grupos de carbonatos de acuerdo al tipo de aloquímico presente, donde las fotomicrografías: a) muestra PG-07-M-13, caliza lodogranular (packstone), pertenece al primer grupo; b) muestra PG-15-M-02, caliza lodosa	

(wackstone), pertenece al segundo; y c) muestra PG-12-M-08, caliza lodogranular (packstone), al tercero.....	34
Figura 21. Fotomicrografías que muestran ejemplos de los tipos de roca híbrida. a) Muestra PG09-M-05, arenisca micrítica; b) Muestra PG05-M-19, micrita arenosa; c) Muestra PG20-M-13, caliza aloquímica arenosa.....	35
Figura 22. Arriba, fotomicrografía de la muestra PG23-M-6, caliza fosfática perteneciente al 1er grupo descrito. Abajo, PG22-M-19, caliza fosfática perteneciente al 2do grupo descrito. Muestras a la izquierda en nicoles paralelos y a la derecha en nicoles cruzados.....	36
Figura 23. Fotomicrografías que muestran ejemplos de los tipos de porosidad. a) muestra PG-21-M-28, caliza lodogranular (packstone) con porosidad móldica; b) muestra PG-15-M-10, caliza lodogranular (packstone) con porosidad tipo vug; c) muestra PG17-M-03, caliza lodosa (wackstone) con porosidad fenestral.....	38
Figura 24. Fotomicrografía de la muestra PG18-M-18, micrita arenosa, donde se observa la porosidad intercrystal asociada al proceso de dolomitización. A la izquierda nicoles paralelos y a la derecha cruzados	39
Figura 25. Fotomicrografía de la muestra PG19-M-1, caliza lodosa (wackstone), en la cual se observa la disolución a través de los planos de maclado de plagioclasas. A la izquierda nicoles paralelos y a la derecha nicoles cruzados.	39
Figura 26. Fotomicrografías en las que se observa en a) muestra CP-8, caliza aloquímica arenosa con silificación de fragmento fósil (anélido, poliqueto); b) muestra CPT-5, caliza aloquímica arenosa con fosfatización de partículas carbonáticas (fragmento de caliza aloquímica); c) muestra PG-04-M-05, micrita arenosa con piritización; y d) muestra PG24-M-07, caliza fosfática con glauconitización.....	40
Figura 27. Diagramas de caja que muestra la comparación del porcentaje de CaO y SiO ₂ de acuerdo a cada <i>facies</i> , Macuere, estado Lara.....	42
Figura 28. Diagramas de caja que muestra la comparación del porcentaje de CaO y SiO ₂ de acuerdo a cada <i>facies</i> , Riecito, estado Falcón.....	44
Figura 29. Comparación del CaO y SiO ₂ entre las áreas de estudio.....	44
Figura 30. Perfiles que muestra la distribución de los compuestos en la columna generalizada de Riecito, estado Falcón.....	48
Figura 31. Perfiles que muestra la distribución de los compuestos en la columna generalizada de Macuere, estado Lara.....	49
Figura 32. Correlación de las quebradas La Isla y Topeye con quebrada La Isla, la línea punteada representa la proyección de una de las capas guías (CPT-8 a y CP-4)...	50
Figura 33. Fotomicrografías de las muestras: la izquierda CP-8 A y a la derecha la muestra CP-4.....	51
Figura 34. Fotomicrografías de las muestras: a la izquierda CPT-10 A y a la derecha CP-12 A.....	51
Figura 35. Fotomicrografías de las muestras: la izquierda CPT-11 y a la derecha CP-12 B.....	51
Figura 36. Bloque diagramático de la primera etapa de sedimentación. “R” Riecito y “M” Macuere. Sin escala.....	54
Figura 37. Bloque diagramático de la segunda etapa de sedimentación. “R” Riecito y “M” Macuere. Sin escala.....	54
Figura 38. Bloque diagramático de la tercera etapa de sedimentación. “R” Riecito y “M” Macuere. Sin escala.....	55
Figura 39. Bloque diagramático de la cuarta etapa de sedimentación. “R” Riecito y “M” Macuere. Sin escala	56

Figura 40. Fotomicrografía de la muestra CPT-6B, en la cual puede observarse tanto un superficie estilolítica y fragmentos de molusco con inversión tanto homoaxial y heteroaxial.....	58
Figura 41. Fotomicrografía de la muestra CPT-7, se observan fragmentos de moscovita coexistiendo con minerales de arcilla y deformación de granos ductiles.....	59
Figura 42. Petrografías en las cuales se observan fragmentos de molusco con inversión predominantemente heteroaxial: a) Muestra CP-6, <i>Facies I</i> b) Muestra CP-14 A, <i>Facies II</i> , c) Muestra CP-27, <i>Facies III</i>	60
Figura 43. . Gráfico de la muestra CP-13 en donde se observan los resultados del análisis de arcilla a través de DRX.	61
Figura 45. Fotomicrografía de la muestra PG07-M-13 (<i>Facies I</i>), se observa un fragmento de molusco con una superficie de microestilolita.	62
Figura 44. Fotomicrografías en las cuales se observan microfalla, nótese el desplazamiento que se genera, a) Muestra PG05-M-10 la microfalla se genera en una vetilla de cemento (<i>Facies I</i>), b) PG19-M-8, la microfalla se produce a través de un fragmento de molusco (<i>Facies III</i>).	62
Figura 46. Fotomicrografía de la muestra PG08-M-25 en la cual puede observarse el alto contenido de illita presente	63
Figura 48. Fotomicrografía de la muestra PG21-M-16, <i>Facies II</i> , en la cual se observan fragmentos de molusco con inversión homoaxial y heteroaxial.	64
Figura 47. Muestra PG-25-M-9, clorita autigénica, a la izquierda nicoles paralelos, a la derecha nicoles cruzados.....	64
Figura 49. Fotomicrografía de la muestra PG04-M-5, se observa u parche de cemento de Illita.....	65
Figura 50. . Esquema que muestra la transformación de arcillas	66
Figura 51. Fotomicrografías de las muestras: a) PG23-M-09 y b) CPT-7, donde se observa la variabilidad siliciclástica de las muestras de roca híbrida tanto en la localidad de Macuere, estado Lara como en la localidad de Riecito, estado Falcón: 1. feldespato K; 2. moscovita; 3. Plagioclasa; 4. cuarzo policristalino; 5. fragmento de chert	67
Figura 52. Fotomicrografías de las muestras: a) PG06-M-09, fragmento de cuarzo policristalino metamórfico; b) PG05-M-13, fragmento de cuarzo policristalino metamórfico; c) CPT-8b, cuarzo monocristalino metamórfico; d) PG11-M-17, cuarzo metamórfico bandeado.....	68
Figura 53. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de feldespato-k alterando a sericita; y b) PG03-M-12; c) CPT-7; d) PG04-M-16: fragmentos de microclino	69
Figura 54. Fotomicrografías de las muestras a) CPT-8; b) PG25-M09. Fragmentos de Chert redondeados.....	69
Figura 55. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de esquisto-cuarzo-micáceo poco preservado; b) CPT-9, fragmento de esquisto-cuarzo-micáceo bien preservado; c) PG05-M-09, fragmento de esquisto cuarzo micáceo bien preservado; d) PG25-M-09, fragmento de esquisto cuarzo micáceo poco preservado. .	70
Figura 56. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de plagioclasa (andesina) bien preservado; b) PG07-M-05, fragmento de plagioclasa (andesina) alterando a sericita; c) PG14-M-07, fragmento de plagioclasa con disolución a través de su plano de maclado, nicoles cruzados; d) fragmento de plagioclasa con disolución a través de su plano de maclado, nicoles paralelos	71
Figura 58. Fotomicrografías de las muestras: a) CP-18 y b) PG05-M-19, circones redondeados.	72

Figura 57. Fotomicrografías de las muestras: a) PG06-M-11 y b) CPT-9, fragmentos de moscovita metamórfica bien preservada; c) PG03-M-21 y d) PG12-M-16, fragmentos de biotita	72
Figura 59. Mapa paleogeográfico del Noroeste de Venezuela en el Mioceno Inferior. Tomado y modificado de DIAZ DE GAMERO et al (1976).....	74
Figura 60. Bloque diagramático de la cuenca de Falcón durante el Oligoceno-Mioceno Temprano. A: Formación Casupal; B: Depósitos de aguas profundas provenientes del oeste; C: Calizas de las formaciones Churuguara y Capadare; D: Depósitos de abanicos de talud. E: Arrecifes de la Formación San Luis. Simplificado de CARNEVALI et al (2000).....	74
Figura 61. Triángulo Q-F-L de discriminación de área de aporte propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979), para las muestras de Macuere, estado Lara (en rojo) y Riecito, estado Falcón (en verde)	75
Figura 62. Mapa estructural generalizado. Tomado y modificado de DÍAZ DE GAMERO (1985). Sin escala	76
Figura 63. Esquema propuesto por MOUNT (1985) para la clasificación de mezclas....	84
Figura 64. Tetraedro propuesto por MOUNT (1985) que muestra las 8 subdivisiones de sedimentos mixtos.....	84
Figura 65. Clasificación gráfica según FOLK (1962), imagen modificada a partir de KENDALL (2005)	86
Figura 66. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962).....	87
Figura 67. Diagramas de DICKINSON (1979) que muestran las diferentes procedencias de sedimentos y el ambiente tectónico al que se asocian.....	88
Figura 68. Ejemplo de un espectro de fluorescencia de rayos X.....	89
Figura 69. Esquema del proceso de generación de fluorescencia de rayos X	89
Figura 70. Diagrama de caja, se muestran las partes que lo componen.	90

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

La Formación Capadare ha sido estudiada especialmente en su localidad tipo en el cerro Capadare, municipio Acosta del estado Falcón, por lo tanto la información que existe de otras zonas donde aflora esta formación es escasa, en general dispersa y variable de acuerdo a distintos autores; desde el punto de vista de nomenclatura, localidad tipo, miembros y correlaciones. El trabajo especial de grado que se presenta a continuación, pretende mostrar un criterio unificado en base a un compendio bibliográfico, complementado con levantamientos geológicos y análisis sedimentológico de dos áreas correspondientes a dicha formación en los estados Falcón y Lara.

Es importante destacar que las áreas de estudio fueron seleccionadas debido a los hallazgos en estudios a través de trabajos previos como MUÑOZ & RODRÍGUEZ (2009), REATEGUI (2011) que identificaban la presencia de la Formación Capadare en el estado Lara pero no profundizaban en su estudio, y en el caso de Falcón porque se contaba con las muestras de núcleos frescos y profundidades considerables.

En el estado Falcón, específicamente en la región de Riecito (se obtuvo información tanto de superficie como de perforaciones) se tiene conocimiento de ésta por ser una mina importante de fosfatos, y en la región de Macuere, estado Lara (levantamiento de superficie), donde no se conocen estudios formales de la formación.

El análisis sedimentológico, correlación litoestratigráfica y relación espacial de la Formación Capadare en las áreas de estudio y entre ellas, aportará información básica para la reconstrucción de las condiciones de sedimentación de la formación y mejora de la cartografía.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Caracterizar y analizar sedimentológicamente la Formación Capadare aflorante en las quebradas La Isla, La Torta y Topeye, ubicadas en la región de Macuere, municipio Urdaneta, Norte del estado Lara y la sección del cerro Riecito, municipio Jacura, Oriente del estado Falcón con el fin de ampliar la descripción que se tiene actualmente de la misma.

1.2.2. Objetivos específicos

- Recopilar información bibliográfica y cartográfica del área y de la Formación en estudio que permitan conocer investigaciones publicadas que sirven como apoyo o en su defecto para su complemento.
- Realizar levantamientos geológicos de la zona de estudio con poligonal abierta y llevando un muestreo controlado que permita obtener la información necesaria para elaborar el trabajo.
- Efectuar análisis petrográficos de las muestras recolectadas en campo para clasificarlas y unificar la información de campo y así establecer facies y condiciones diagenéticas.
- Analizar las muestras químicamente con compuestos mayoritarios, aplicando el método de Fluorescencia de Rayos X y así corroborar y complementar lo establecido a partir del objetivo anterior.
- Elaborar columnas estratigráficas para mostrar las unidades definidas y su disposición cronológica-estratigráfica.
- Actualizar la cartografía existente a escala 1:150.000, examinando e integrando las unidades geológicas de la zona.
- Generar mapas geológicos a escala 1:25.000 y 1:5.000, para cada área de estudio, con las unidades geológicas definidas.
- Hacer una revisión de los componentes extraclásticos presentes en los carbonatos estudiados para establecer posibles fuentes de aporte sedimentario clástico.
- Comparar y correlacionar los resultados obtenidos con la información descriptiva de la Formación Capadare aflorante en cada una de las áreas de estudio para establecer correspondencia o discrepancia entre ellas.
- Establecer condiciones de sedimentación de la Formación Capadare para las secuencias estudiadas y proponer un esquema sedimentológico.

1.3. Ubicación del área de estudio

El área de estudio está definida por dos localidades, una al sureste del estado Falcón y la otra al norte del estado Lara. La primera, ubicada entre las coordenadas, UTM (19) 522.290 y 524.400 este y 1.204.410 y 1.205.000 norte, específicamente en el cerro Riecito, municipio Jacura, la sección abarca un área aproximada de 1,25 km² y se ubica al sur de la población de Riecito, estado Falcón. La segunda, ubicada en la región de Macuere a 20 km al noreste de Siquisique, municipio Urdaneta, estado Lara, entre las coordenadas 433.000 y 442.00 este y 1.179.000 y 1.183.000 norte, específicamente entre las quebradas La Isla, La Torta y Topeye. Ver mapa de ubicación en la Figura 1.

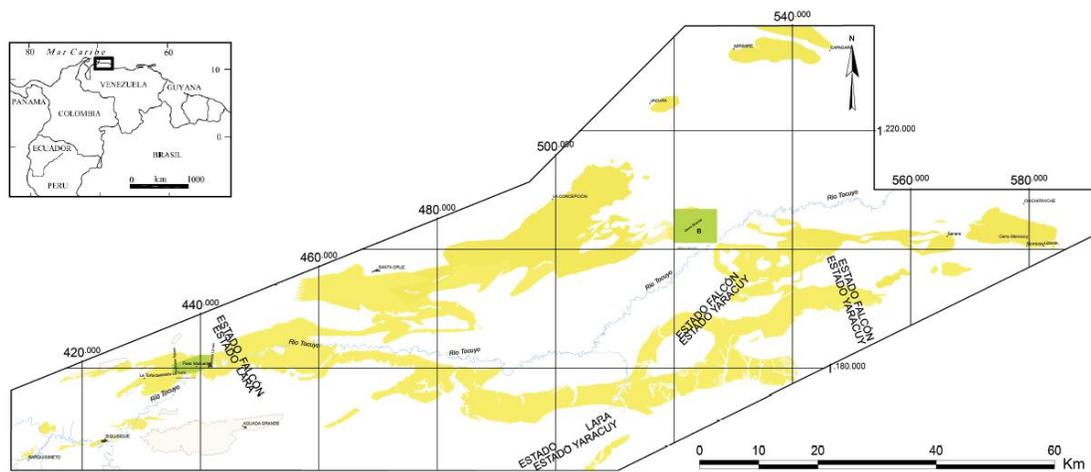


Figura 1. Mapa de ubicación general de la zona de estudio. En el recuadro de color verde se presentan las zonas de estudio

Fisiografía

El cerro Riecito es una de las últimas estribaciones orientales de la serranía de Churuguara-Agua Linda. Tiene forma alargada con dirección este-oeste, la parte oeste es la más elevada y alcanza hasta 600 m de altura. En dirección al sur, su pendiente es suave, medianamente uniforme y muere en el valle del río Tocuyo; hacia el norte es muy pronunciada hasta el caserío Riecito, desde donde continúa con suaves ondulaciones hasta el valle del río Araurima (RODRÍGUEZ 1975).

“La visión general del estado Lara es de una amplia altiplanicie rodeada por prolongadas elevaciones solo interrumpido por algún paso o abra. Gran parte de esta altiplanicie se considera una cuenca casi cerrada cuyas aguas encuentran drenaje hacia el noreste a través del estrecho valle del río Tocuyo, entre el complejo orográfico de las sierras de Baragua y Aguada Grande que continúan por el NE con la Serranía de

Parupana” , “Este arco orográfico de complejo desarrollo mantiene en todo momento una altitud superior a los 700 m y tan solo en contados sitios desciende por debajo de esta altitud; tal es el caso del surco fluvial del río Tocuyo que corta la fila orográfica” (VILA, 1966).

La localidad de Macuere se encuentra ubicada en el valle del río Tocuyo, por lo tanto se ubica en lo que VILA (1966) menciona como la zona de baja altitud. La Serranía más cercana es la Parupana, se ubica al sur y va paralela al río Tocuyo.

Relieve

El cerro Riecito se encuentra caracterizado por una topografía predominantemente escarpada a muy escarpada, con pendientes superiores a 30%. Es considerado un accidente topográfico, bastante prominente en la localidad. En la cresta presenta una serie de pequeñas colinas o lomas redondeadas que aumentan en elevación hacia el oeste (PONTE, 1951).

En Macuere se observa un relieve bastante sutil, colinas redondeadas y valles, con altitudes que no superan los 400 m, por encontrarse en el valle del río Tocuyo se presentan aluviones.

Clima

En Riecito se presenta un clima tropical con temperatura media anual de más de 26 °C, presenta una estación lluviosa en el solsticio de verano y una estación calurosa después del solsticio de verano.

En Macuere se tiene un clima bastante árido y muy cálido, con temperaturas que varían entre los 30°-45°C, la precipitación anual no supera los 600 mm, se presentan lluvias cortas pero intensas.

Fauna y vegetación

“La vegetación en todo el cerro Riecito es exuberante, resultando una selva muy tupida con árboles de considerables dimensiones acentuándose la frondosidad en las crestas del cerro, donde se encuentra la zona de afloramiento de la roca fosfática y calizas. Como consecuencia de esto, se ha formado con el tiempo un grueso suelo vegetal en forma de manto encubridor de las rocas en afloramiento”, “Son numerosas las especies de animales que viven en esta región, siendo especialmente abundantes las serpientes venenosas, dantas, acures, cachicamos, monos, jaguares, venados y aves de todas clases” (PONTE, 1951).

En Macuere se tiene vegetación xerófila representada por cujíes, tunas, espinares y cardonales, predominando el sisal, árbol de cabima y planta Cocuy. En la fauna se tiene

en general como es común en todo el estado Lara se encuentran aves, lagartos, en las aguas del río Tocuyo existen caimanes aunque son algo raros y más en las cercanías de lugares habitados.

1.4. Antecedentes

1.4.1. Estudios previos referentes la Formación Capadare: los trabajos que se presentan a continuación constituye lo que se conoce y se ha publicado referente a la Formación Capadare, desde las primeras descripciones propuestas hasta los estudios con miras a la explotación de los fosfatos característicos de dicha formación.

- NATERA (1957): como parte de su estudio en la geología de la cuenca Tocuyo propone simplificar la nomenclatura al llamar Formación Capadare a las formaciones descritas por lo geólogos de “North Venezuelan Petroleum Corporation” expuestas en la estructura de Riecito y cerro de la Misión tales como Caliza Cristian, Chichiriviche, Jacura, Clypeaster, Calembe u otros sinónimos pues el nombre Formación Capadare había sido restringido a las calizas expuestas en los alrededores del poblado Capadare. Presenta una descripción de la Formación Capadare acuñándole dos litologías típicas: una de calizas masivas con pendientes escarpadas y otra de calizas fosilíferas intercaladas con arcillas.

- WHEELER (1958): como parte de su trabajo de la cuenca de Falcón para la “North Venezuelan Petroleum Corporation” propone adoptar el nombre de Formación Cristian anteriormente suprimido por Natera (1957) alegando que la relación entre la Formación Capadare y Cristian no es del todo certera. Designa como localidad tipo la sección de calizas masivas expuestas en la quebrada Cristian cerca del cerro Riecito.

- URBANI & PERERA (1976) con base a los mapas geológicos de la empresa “North Venezuelan Petroleum Corporation” adaptan un mapa (ver Figura 2), en el cual se delimita la Formación Capadare y la Formación San Luis como parte del trabajo del análisis químico de cerámicas arqueológicas en el estado Falcón, este trabajo permite estimar rasgos generales a través de un mapa cual es la extensión de la Formación Capadare.

- RODRÍGUEZ (1977), estudia la concentración de los fosfatos del yacimiento Lizardo perteneciente a la Formación Capadare ubicado en el estado Falcón generando conclusiones sobre el método favorable para la concentración mecánica de dichos fosfatos y contribuir a establecer una base de apoyo del estudio económico para la explotación de dicho yacimiento. A pesar de ser un trabajo enfocado en el área minera proporciona información de los fosfatos que se encuentran en la Formación Capadare.

- LORENTE (1978) estudió la relación entre las Calizas de Capadare ubicada en las poblaciones de Mirimire y Capadare y la parte norte de la cuenca Agua Salada en el estado Falcón, utilizando diversos estudios tales como el análisis petrográfico y el estudio de la fauna en ellas con el fin de datar los episodios ocurridos en la cuenca, además se propone designar formalmente a la Caliza de Capadare como Formación Capadare y establecer su edad.
- LAMUS & LA CRUZ (1986), realizan un estudio geológico en una secuencia carbonática a favor de la estimación de reservas en un depósito de fosfatos ubicado al norte de Tucacas, estado Falcón, dicha secuencia de 144 m compuesta de calizas, dolomitas y calizas fosfáticas (38 m) perteneciente a la Formación Capadare, estiman el yacimiento fosfático en reservas de 39.123.000 toneladas métricas.
- RODRÍGUEZ (1986), presenta un trabajo describiendo los depósitos de fosfatos del estado Falcón indicando que se localizan a lo largo de una extensa faja, que se extiende desde Lizardo hasta Santa Cruz de Bucaral, todos se asocian a la Formación Capadare, se encuentran en Lizardo, Sanare, Yaracuybare y Riecito.

Depósitos de Lizardo: constituyen varios mantos casi horizontales, intercalados con arcillas y calizas. Gran parte de los depósitos afloran a lo largo del cerro Chichiriviche, municipio Tucacas del estado Falcón. La secuencia estratigráfica desde la base hasta el tope está constituida de: dolomitas masivas de color amarillento y con alto contenido de MgO, el espesor de las capas es de 12 m; calizas de textura brechoide, folíferas, de color gris claro con granos de cuarzo; roca fosfática de color variable, desde gris claro hasta marrón oscuro, fosilífera y parcialmente rica en clastos de cuarzo irregular; calizas con características idénticas a la caliza inferior, muy fosilífera y cavernosa.

Depósitos de la región de Sanare-Yaracuybare: se caracterizan por su pequeña dimensiones, extrema lenticularidad e íntima relación con dolomitas parcialmente silicificadas. En la región de Sanare las secuencias fosfáticas constituyen pequeños cuerpos sumamente tectonizados.

Depósitos de Riecito: el yacimiento se encuentra formando parte de la llamada secuencia Caliza de Riecito. La secuencia estratigráfica desde la superficie hasta la base del yacimiento es la siguiente: *Calizas superiores* presentándose como bancos de caliza arrecifales de color marrón a gris claro, dura y muy fosilífera. *Rocas fosfáticas* con color que varía desde gris claro a marrón muy oscuro, fosilífera, silíceas y muy cavernosa, variando los granos de cuarzo desde muy angulares hasta perfectamente redondeados. *Arcillas y calizas inferiores:* al sur del depósito la roca fosfática suprayace

a un potente manto de arcillas arenosas, poco consolidadas, de color amarillento a rojizo, intercalado con calizas similares a las calizas superiores.

- CAMACHO & MIJARES (1989), realizan un estudio geológico al noroeste de la población de Tucaca, estado Falcón con el fin de esclarecer las relaciones estratigráficas y evaluación de posibles yacimientos fosfáticos, identificando cuatro formaciones geológicas: cerro Misión, Casupal, Agua Linda y Capadare ocupando esta última el 40% del área y describiéndola como una secuencia de calizas lodoclásticas con intervalos dolomíticos. Determinan que el porcentaje máximo de fosfato es de 0,31% según análisis químicos y se considera muy bajo para denominar las rocas estudiadas como fosfáticas constituyentes de un yacimiento.

- PENÍN & VILLAROEEL (2005) realizan una recopilación de estudios geológicos realizados al noreste de Falcón entre la población de Jacura y Capadare para generar una actualización geológica-cartográfica, agrupan las unidades litoestratigráficas de acuerdo a su edad y presentan una recopilación bibliográfica bastante amplia de las secuencias sedimentarias incluyendo a la Formación Capadare. Redefinen el contacto de la Formación Capadare en base a fotointerpretación y datos geológicos obtenidos en campo.

- CARREÑO (2008), diseña las distintas escombreras en la mina Riecito, con la finalidad de depositar de forma ordenada los distintos tipos de estériles presentes en el yacimiento.

- MUÑOZ & RODRÍGUEZ (2009) realizan un levantamiento geológico de superficie en la zona de Siquisque- Puente Limón, estado Lara, establecieron unidades geológicas, sus contactos y además presentan un modelo evolutivo, se enfocan en las rocas de tipo ígneo pero igualmente suministran una descripción de las unidades sedimentarias incluyendo a la Formación Capadare.

- MENDI *et al* (2011, en publicación) estudian la posible procedencia de los clastos ígneos-metamórficos de la Formación Capadare en el cerro Riecito, estado Falcón, indican que los extraclásticos que sirven de indicadores de procedencia son: plagioclasa (andesita), feldespatos potásico, moscovita y fragmentos de roca esquistosa, proponen como posibles fuentes de las plagioclasas y fragmentos esquistosos el Metagabro Anortosítico de Yumare y Esquisto de Aroa, respectivamente, y el contenido de feldespatos potásico puede ser aportada por el Gneis de Yaritagua.

1.4.1. Estudios previos referentes a la metodología aplicada

- BENEDETTI & HERNÁNDEZ (2007) mediante un estudio petrográfico y de procedencia de los sedimentos que componen la Formación Guárico, de las secciones El Pao y Valle Morín, estados Cojedes y Aragua, respectivamente, ellos concluyen que la procedencia de estas rocas es diacrónica, siendo las de El Pao más antiguas que las de Valle Morín y que su fuente principal está ubicada al noroeste.
- LEÓN & MOLINA (2007) realizaron un estudio sobre las rocas clásticas del Surco de Guárico. Mediante caracterización petrográfica y estudios de análisis modal de las muestras, ellos definen que la fuente principal de aporte sedimentario corresponde al Augeneis de Sebastopól. Además, mantienen la hipótesis de una zona correspondiente a un ambiente de sedimentación localizado en una zona media distal de la fuente.
- ALARCÓN (2008), mediante análisis cualitativo textural y petrográfico y cuantitativo por medio de petrografía modal, determinan la procedencia, clasifican las muestras y establecen el marco tectónico asociado. Lo que obtuvieron fue que la mayoría de las rocas eran areniscas cuarzosas, dos fuentes de procedencia y la depositación, estuvo influenciada por eventos tectónicos del Mioceno, gracias al choque de la placa Suramericana con la del Pacífico y la del Caribe.

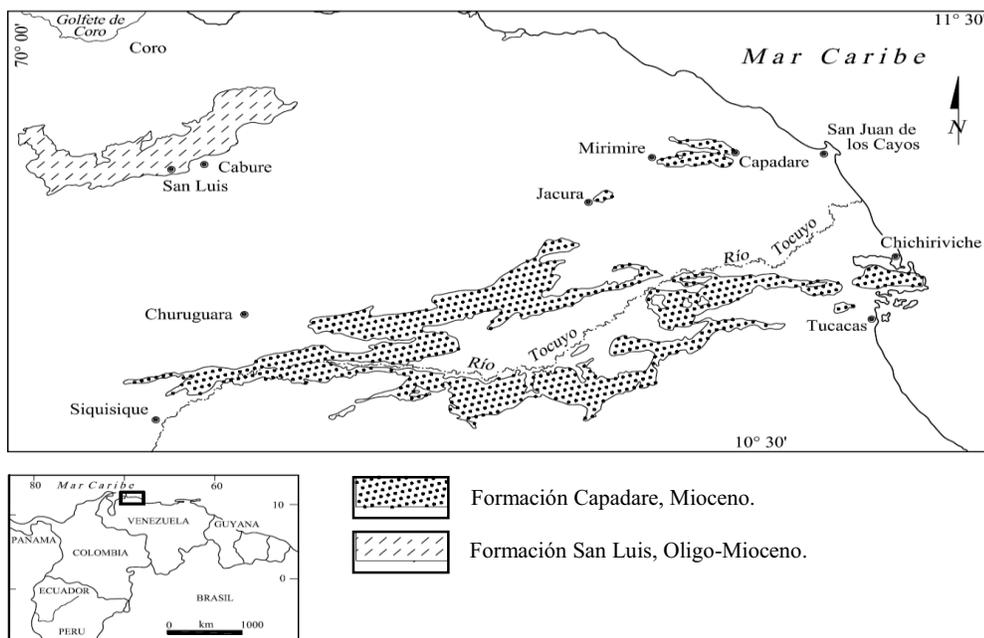


Figura 2. Delimitación de las Formaciones Capadare y San Luis, URBANI & PERERA (1976)

2. MARCO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, fue necesario ir cubriendo etapas secuencialmente, las cuales se describen a continuación:

2.1. Etapa pre-campo

En esta etapa se desarrollan las siguientes fases:

- **Recopilación bibliográfica:** búsqueda y recopilación de información y documentación de índole geológica relacionada a la zona de estudio (trabajos especiales de grado, publicaciones, trabajos inéditos, entre otros), donde se realizó una revisión detallada de los mismos para establecer los antecedentes en cuanto a estudios realizados sobre la Formación Capadare.
- **Recopilación cartográfica:** búsqueda y recopilación de información cartográfica, (mapas geológicos y topográficos) correspondientes al área de estudio, para realizar el reconocimiento y ubicación de las zonas para el levantamiento geológico, vías de acceso, rasgos geomorfológicos y estructuras geológicas
- **Ubicación de zonas de trabajo de campo:** mediante el uso del material cartográfico recopilado, se realizó la ubicación y delimitación de las zonas donde se estudiaron los afloramientos de interés para la realización de la etapa de campo.

2.2 Etapa de campo

Esta etapa abordó las siguientes fases:

- **Ubicación de los afloramientos:** ubicación de quebradas a levantar llegando por las vías de acceso identificadas, utilizando como instrumento un GPS previamente calibrado y las hojas cartográficas de base.
- **Levantamiento geológico detallado:** descripción detallada de los afloramientos teniendo presentes los parámetros fundamentales para la descripción de rocas sedimentarias en campo: litología, granulometría, composición general, color fresco y meteorizado, presencia y porcentaje fósil, estructuras sedimentarias, reacción al HCl, geometría de las capas, relaciones estratigráficas, rumbo, buzamiento y contactos.
- **Elaboración de una poligonal abierta:** para plasmar geográficamente los afloramientos ubicados y descritos sobre una base cartográfica.
- **Recolección sistemática de muestras:** se tomó en cuenta la escala con la cual se estaba trabajando y la extensión de cada unidad, procediéndose a tomar muestras con ubicación relativa cartografiable y asegurando una distribución representativa de acuerdo a la zona de estudio.

Es importante mencionar que se conto con un total de 88 secciones delgadas en la región de Riecito producto de 21 perforaciones realizadas por la empresa Geocyma Ingeniería C.A para evaluación del material.

2.3. Etapa de post-campo

Esta etapa abarcó las fases de laboratorio y oficina, en donde se realizaron las siguientes actividades:

- **Selección de muestras:** a partir de las obtenidas en campo, según su ubicación tanto areal como estratigráfica, obteniendo 42 muestras correspondientes a la región de Macuere, estado Lara para hacerles corte en sección delgada y su posterior estudio petrográfico.

- **Estudio petrográfico:** de un total de 130 secciones delgadas correspondientes a las regiones de Riecito (88) y Macuere (42), las cuales se estudiaron usando el microscopio de luz polarizada (DM 2500P, LEICA) identificando los componentes principales en porcentajes: aloquímicos, tipo de porosidad, tipo y tamaño de extraclásticos y fósiles, tipo y textura de cemento y matriz (ortoquímicos), procesos y etapas diagenéticas, presencia de mineralizaciones importantes (fosfatos y dolomitas). Toda esta información se plasmó en tablas en orden estratigráfico. Además se tomaron fotomicrografías de aspectos particulares y de interés de las muestras para generar el **apéndice petrográfico**.

En esta etapa también se seleccionan las muestras en secciones delgadas con mayor porcentaje de componentes extraclásticos (>35%) para realizar un análisis modal de la composición clástica de las rocas y a partir de la Clasificación de DICKINSON & SUCZEK (1979), para establecer fuentes de aporte clástico de la cuenca.

- **Criterios para la clasificación de las muestras:**

- Identificar los componentes principales asignando un porcentaje de: extraclásticos, matriz, cemento, porosidad y fósiles o fragmentos de los mismos.

- Para las muestras con menos del 10% de extraclásticos se considera un carbonato puro y se clasificó según FOLK (1962) y DUNHAM (1962)

- Las muestras con más del 10% de extraclásticos es considerada una mezcla y se utiliza la clasificación de MOUNT (1985).

- **Generación de columnas estratigráficas:** en base a la información de campo y petrográfica, se realiza una columna generalizada por cada zona de estudio. Para la digitalización de éstas se utilizó como herramienta el programa AutoCad 2007[®].

- **Actualización de la cartografía existente a escala 1:150.000:** a partir de la georeferenciación de los mapas de la Compañía “Creole Petroleum Corporation” a escala 1:50.000 se procedió a delimitar toda la extensión de la Formación Capadare así como también dentro de ella: los depósitos fosfáticos (en base a la literatura), y las subdivisiones litológicas establecidas integrando y complementando la información previa con la obtenida durante el trabajo de campo para cada sección. Se utilizó como herramienta de digitalización cartográfica el programa ArcGis®.

- **Realización de mapas geológico a escala conveniente:** se presentan 2 mapas geológicos a escala 1:25.000, el de Macuere fue tomado y modificado de REÁTEGUI. (2011), y el de Riecito a partir de los mapas de La Creole, en estos se muestra la ubicación general de la zona de estudio y formaciones geológicas aledañas. Además, se generaron 2 mapas a escala 1:5.000 donde se presenta la ubicación de muestras y datos geológicos obtenidos en campo. Igualmente se utilizó como herramienta de digitalización cartográfica el programa ArcGis®.

- **Fluorescencia de rayos X,** para determinar los porcentajes de elementos mayoritarios en las muestras de SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O_{3T}, K₂O, MgO, MnO, TiO₂ y unidades en ppm de V. Se procedió a pulverizar cada muestra con la ayuda del “Shatterbox” (maquina pulverizadora) y posteriormente analizarla utilizando la MiniPal 2 marca Panalytical con tubo de Rh.

Este procedimiento aporta la información y complementa la obtenida a partir del estudio petrográfico esto con el fin de realizar perfiles generalizados en base a los datos obtenidos y analizar su comportamiento. Se procedió a realizar gráficos de estadística univariante a través de diagramas de caja, a partir de los cuales se generaron análisis comparativos para las facies definidas dentro de cada unidad y para comparar entre las dos áreas de estudio.

- **Correlación** de la información obtenida en campo para cada sección y entre ellas para establecer las condiciones de sedimentación de la Formación Capadare y a partir de esto proponer un modelo de paleoambientes de depositación y etapas diagenéticas tanto particular por cada sección como general.

- Se realizó **Difracción de Rayos X** a dos muestras de lutita correspondiente a la localidad de Macuere con el fin de determinar sus componentes, especialmente la fracción arcillosa lo que suministra información complementaria para establecer el estadio diagenético.

- Generación de los análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

3. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. Unidades geológicas

A continuación se muestra una descripción general de las unidades geológicas presentes en las áreas de estudio. La Formación Capadare se describe con mayor detalle debido a que es la principal formación geológica en estudio. La Caliza de Riecito se describe por ser una litología particular y controversial relacionada a la Formación Capadare en el cerro Riecito, estado Falcón. Las formaciones Matatere y La Luna son relevantes por encontrarse en contacto discordante y de falla con la Formación Capadare (y observadas en campo) en la región de Macuere, estado Lara.

Formaciones en orden estratigráfico:

3.1.1. Formación La Luna

El Léxico Estratigráfico de Venezuela con referencias originales de GARNER (1926) la describe como calizas y lutitas carbonáticas fétidas, con abundante materia orgánica laminada y finamente dispersa, delgadamente estratificadas y laminadas, densas, de color gris oscuro a negro; la ftanita negra es frecuente en forma de vetas, nódulos y capas delgadas; las concreciones elipsoidales a discoidales de 10 a 80 cm de diámetro, son características típicas de la formación, que permiten reconocerla en cualquier afloramiento. Muchas de las concreciones tienen amonites y otros macrofósiles en su interior. Las capas de caliza varían en espesor de 1 - 2 cm hasta unos 50 cm, con estratificación uniforme y monótona. Fracturas frescas de las calizas tienen olor característico y fuerte a bitumen.

3.1.2. Formación Matatere

Aflora en la región centro-occidental del país, entre las poblaciones de Barquisimeto, Siquisique y Carora, estado Lara, desde los trabajos de las empresas petroleras en 1928 hasta los conocidos mapas La "Creole Petroleum Corporation" fue cartografiada como "Formación Misoa/Trujillo" y posteriormente en los trabajos del Ministerio de Minas e Hidrocarburos fue cartografiada como Formación Matatere (URBANI, 2010).

WHEELER (1958) la describe como formada predominantemente por lutitas intercaladas con areniscas y conglomerados, de edad Paleoceno Medio y Eoceno Superior.

BELLIZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1967), la describen como una gruesa sección de turbiditas (estimada en 3.000 m) de edad Paleoceno-Eoceno, representada por areniscas variables, desde impuras líticas a impuras feldespáticas, con varios horizontes de

areniscas conglomeráticas y conglomerados líticos. Las rocas se componen de cuarzo, feldespatos, micas y fragmentos líticos de composición variable: 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, en general en capas delgadas, aunque a veces alcanzan espesores de más de 2 m, constituyen 25 a 35% del volumen de la secuencia, son de color gris verdoso o marrón, generalmente de grano medio y escogimiento pobre, con predominio de granos subangulares y angulares. Presentan buena gradación y huellas de base (calcos de flujo y de carga de deslizamiento, pliegues en convoluta, estructura de desgarre (slump) y deslizamiento), como también clastos de arcilla, láminas y escamas de filitas y lutitas, elementos típicos de las secuencias turbidíticas.

Las lutitas, generalmente limolíticas o arenáceas, son negras en estado fresco y meteorizan en verdoso o marrón, irregularmente interestratificadas; las fracturas estrechamente interespaciadas y el desarrollo de un clivaje oblicuo originan su fragmentación en lápices. Los bloques deslizados de la Formación Matatere, de tamaño variable entre el de peñones y verdaderos bloques montañosos, provienen de la Formación Barquisimeto y de areniscas, rocas graníticas y gnéisicas del Cretáceo Inferior, que abundan al norte de Bucarito. En el Alto de Siquisique hay bloques de rocas volcánicas ácidas. En la sección Paleoceno-Eoceno se presentan varios horizontes de capas de bloques.

3.1.3. Formación Capadare

WIEDENMAYER (1924) define su localidad tipo en el cerro Capadare, municipio Acosta del estado Falcón, se extiende entre este municipio y el municipio Silva del mismo estado, descrita por este autor como una caliza arrecifal, de colores claros.

La presencia de *Miogypsina sp* sugiere una edad de Mioceno Medio (NATERA, 1957), este autor propone dos litologías tipo de la formación:

a) Caliza masiva de capas delgadas, limpias, compuesta de algas o arenas coralinas, localmente ricas en mega-fósiles, con una expresión morfológica de crestas altas, pendientes escarpadas, acantilados verticales y sumideros con una topografía dentada característica.

b) Intercalación de arcillas, grises a verde-gris, carbonáticas, limosa a arenosa y gravilla, 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.

En la sección expuesta en la carretera Barquisimeto-Churuguara, sur de río Tocuyo, muestra un conglomerado basal de 5 a 6 m de espesor discordante al Eoceno. El conglomerado se encuentra compuesto por cuarzo, areniscas y guijarros de chert derivados del Eoceno en una matriz altamente ferruginosa. Asimismo encontró que la formación parece ser por lo menos parcialmente equivalente de Agua Clara (Miembro Santiago), la Formación Castillo o a ambas.

WHEELER (1958) la describe como calizas intercaladas con areniscas y lutitas, calizas masivas algales típicas de color gris en color fresco y naranja- marrón claro en color de meteorización, bien consolidadas, arcillosas, arenosas, ricas en fósiles y abundante matriz. Lutita intercaladas de color gris claro, fractura irregular, localmente limosa, frecuentemente carbonática y altamente fosilífera. Las areniscas son raras pero generalmente de grano medio a grueso, carbonático, pueden estar bien o poco consolidadas dependiendo de la cantidad de cemento carbonático.

WHEELER (1958) dice que las capas van de unos pocos centímetros a 4 m de espesor y al oeste de Siquisique se encuentra una sección de 193 m, en el cerro Riecito 226 m y sección de 149 m en la quebrada Pozo Azul al este de Falcón, NATERA (1957).

LORENTE (1978), propone una secuencia de 190 m de espesor aproximado, que inicia con biocalcirrudita que hacia la base presenta fragmentos de conchas, continuando con abundantes fragmentos de equinoides y *Thalassinoides sp* que hacia el tope va disminuyendo su presencia, continúan litologías como calcarenitas, caliza con fragmentos y bivalvos completos, siguiendo varios intervalos de calizas bioclásticas con intervalos de abundantes *Thalassinoides sp* y otros donde la predominancia es de conchas de bivalvos. La secuencia termina en una capa formada casi exclusivamente por conchas de ostreidos. Los colores frescos son de tonalidades mostaza, que meteorizan a colores claros, blanquecinos o crema.

DÍAZ DE GAMERO (1985) la describe como de color claro, compuesta mayormente por algas, con foraminíferos y fragmentos bioclásticos diversos y la reporta en contacto transicional de lutitas moderadamente carbonáticas a muy carbonáticas y calizas en varias localidades al este del río Hueque.

LAMUS *et al.* (1989), dice que hacia la base está compuesta de arenas limosas, cuarzosas y micáceas amarillentas, intercaladas con calizas delgadas y compactas, lenticulares, de colores marrones, seguidas de calizas dolomíticas blanquesinas, de grano muy fino, densas, compactas, mal estratificadas, por encima de las cuales, continúa un paquete de calizas arrecifales bastante espeso de color crema, haciéndose

muy fosilíferas al tope, finalmente, se encuentra una secuencia de rocas fosfáticas que hacia la base son fosfáticas y conglomeráticas y hacia el tope se hacen más fosilíferas.

La Formación Capadare, se encuentra en contacto discordante en la base con las formaciones Casupal y Agua Linda (MÉNDEZ, 1967) y con las rocas metamórficas en el valle del río Aroa (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ, 1967) y de la zona de Yumare (LOZANO & MUSSARI 2009). Probablemente se correlaciona con el Miembro Santiago de la Formación Agua Clara según WHEELER (1958).

Se menciona que las mayores concentraciones de roca fosfática en Falcón suroriental, Riecito y Lizardo, están en rocas cizalladas y profundamente falladas de la Formación Capadare.

Todos los autores coinciden en que el ambiente de depositación fue marino superficial en donde las condiciones locales fueron favorables para el desarrollo de arrecifes. Se sugiere facies detrás y delante del arrecife como ambientes de depositación.

3.1.3.1. Caliza de Riecito

La definición precisa de la relación de la Caliza de Riecito con la Formación Capadare no está definida hasta los momentos y es considerada una unidad informal, por esta razón y el hecho de que muchos autores en la literatura la nombran como parte de la Formación Capadare, además de que presenta las características propias de esta se incluye dentro de la formación.

La unidad consiste en calizas arenosas en la base, fosilíferas y poco consolidadas; calizas fosfáticas gris claro a marrón oscuro, cuarzosas y cavernosas, continuando con calizas arrecifales de color marrón a gris claro, densas, duras y muy fosilíferas. Cierra la secuencia un conjunto de sedimentos lacustres, compuestos por arcillas rojo-amarillentas, arenosas y carbonáticas, además de arenas conglomeráticas de colores amarillento, rojizo y marrón claro SENN (1940).

En la hoja C6A de los mapas geológicos de La Creole (1956) 1:50.000, muestran la Caliza de Riecito en discordancia con la Formación Capadare, dándole incluso la nomenclatura de Formación Riecito (Ver Anexo 9.5.5), la presencia de una secuencia en “on lap” en la localidad pudo ser confirmada por el Profesor Lenin González en una visita de reconocimiento de la zona, logrando observar la discordancia planteada por La Creole entre Riecito y Capadare, lo que no se precisa es la continuidad de esta pues la observación fue local (ver Anexo 9.5.5, punto GPS de ubicación). En la Figura 3 se presenta una fotografía de la discordancia observada, la secuencia superior no alcanza

los 3 m y según la cartografía La Creole eso sería Formación Capadare y la secuencia inferior corresponde a la llamada “Caliza de Riecito”, por lo que se recomienda realizar un estudio detallado de la extensión de la discordancia.

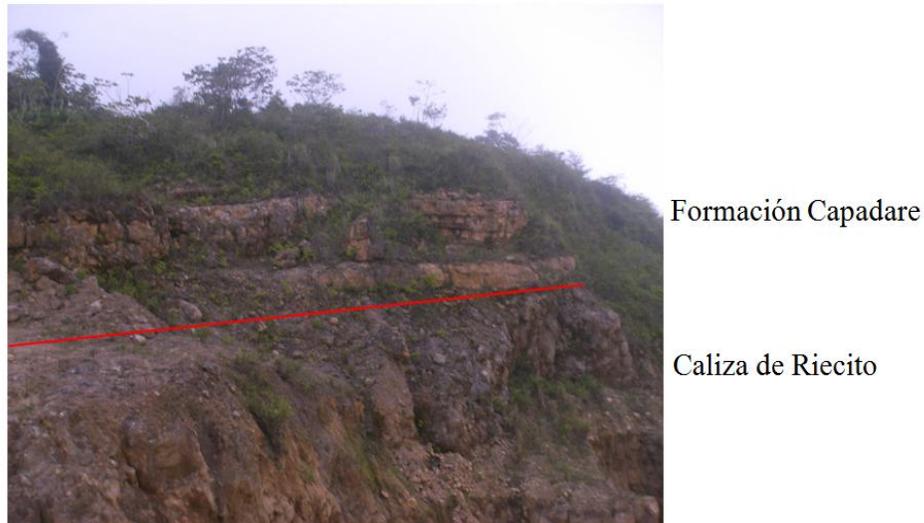


Figura 3. Secuencia “on lap” observada en la localidad de Riecito, estado Falcón, fotografía tomada por el profesor Lenin González.

3.2. Marco estructural

Las zonas de estudio se ubican en el margen sur y suroriente de la cuenca de Falcón (Macuere, estado Lara y Riecito, estado Falcón) por lo tanto es necesario presentar una descripción correspondiente a esta.

AUDEMARD (1991) señala que la cuenca terciaria de Falcón durante el Oligoceno y Mioceno Temprano fue principalmente una cuenca marina abierta al este y estaba rodeada por tierras emergidas casi completamente por el sur y oeste y parcialmente por el norte (isla de Paraguaná), estando abierta al golfo de Venezuela por intermedio del surco de Urumaco que separa a su vez las zonas emergidas de Dabajuro al oeste y de Paraguaná al noreste, conectada a la cuenca marina profunda de Bonaire por el este.

Esta cuenca solía ser la extremidad mas occidental de la cuenca de Bonaire, localizada a lo largo de la costa norte de la Cordillera de la Costa, hasta que fue intensamente plegada y tectónicamente invertida por una compresión de dirección NW-SE durante el Mioceno medio y superior además menciona que lateralmente los ambientes sedimentarios fueron siempre más profundos hacia el este que sus equivalentes occidentales. En la Figura 4 puede observarse un mapa paleogeográfico que además de mostrar los ambientes reinantes para el Mioceno Inferior, es posible observar la configuración de la cuenca y los altos topográficos.

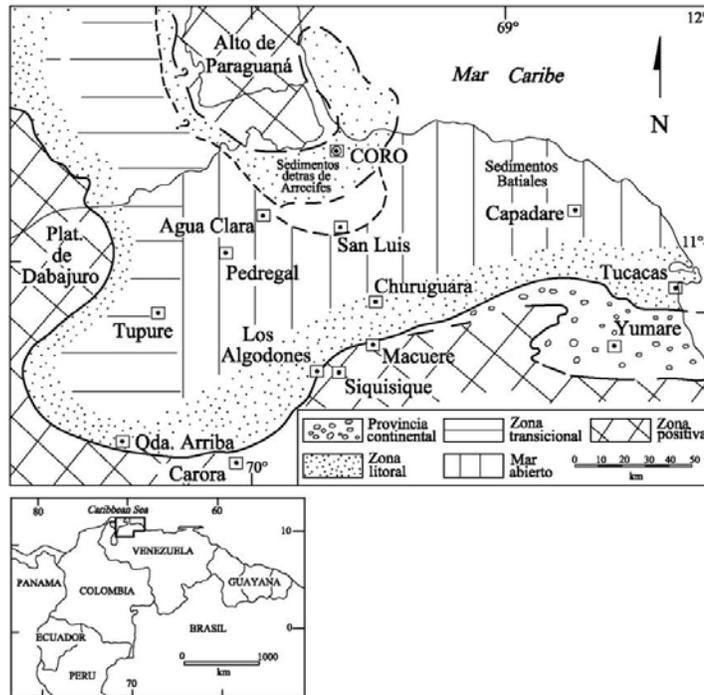


Figura 4. Mapa paleogeográfico del Noroeste de Venezuela en el Mioceno Inferior, tomado y modificado de DÍAZ DE GAMERO, 1976.

PORRAS (2000) indica que actualmente la cuenca de Falcón se puede dividir en dos provincias estructuralmente distintas: la occidental, donde la cuenca fue tectónicamente invertida a partir del Mioceno Medio-Tardío dando origen al Anticlinorio de Falcón, y la provincia oriental, ocupada actualmente por la región costa afuera de Falcón oriental y la Fosa de Bonaire, donde los efectos de inversión son menores y se mantiene la configuración original de la cuenca.

El origen de la cuenca dentro de un contexto tectónico regional, ha sido objeto de diversos estudios. CASE, *et al*, (1984) mencionan que tanto la cuenca de Falcón como la Fosa de Bonaire representan cuencas tipo “pull-apart”, mientras que MUESSIG (1984) postula que se originó por efectos transtensionales relacionados con fallas transcurrentes como las fallas de Oca y San Sebastián. MACELLARI (1995) menciona que la cuenca evolucionó a partir de desplazamientos laterales durante el Eoceno que dieron origen a “una serie de cuencas “pull-apart” episuturales” y atribuye la deformación de las rocas en el anticlinorio de Falcón a desplazamientos transpresivos de la Falla de Oca. Por su parte, CABRERA (1985) consideró en su trabajo que la fase de compresión que originó este anticlinorio comenzó en el Mioceno Tardío- Plioceno. AUDEMARD (1991) identificó la existencia de una serie de “half grabens” en la parte

occidental de la cuenca y los relacionó con un sistema de relevo de fallas de rumbo de orientación oeste-este, que fueron rellenados posteriormente con sedimentos del Eoceno Tardío hasta Mioceno Medio.

PORRAS (2000) considera que el origen de la cuenca de Falcón-Bonaire está asociado a colapsos extensionales internos dentro de una cuenca de detrás de arco (“back arc”) en un erógeno en flotación que colisionó oblicuamente con el extremo noroccidental de la placa Suramericana, suturándose diacrónicamente de oeste a este desde el Cretácico Tardío hasta comienzos del Mioceno Temprano.

A partir del Mioceno Medio comenzó el efecto del levantamiento de los Andes sobre la cuenca de Falcón- Bonaire, provocando su inversión tectónica en forma progresiva desde el suroeste hacia el noreste, causando el avance de la línea de costa y el cierre progresivo de la cuenca, generándose el anticlinorio de Falcón. Durante este período se depositaron las formaciones Socorro, Caujarao, La Vela y sus equivalentes laterales.

Los efectos de la compresión andina provocaron el desarrollo de fallas inversas o corrimientos con vergencia norte-noreste, los cuales cortan la sección. Sobre los altos estructurales al margen norcentral de la cuenca se depositaron las calizas arrecifales de la Formación San Luis y sobre el margen sur se depositaron las calizas de la Formación Churuguara (GONZÁLEZ DE JUANA. *et al.* 1980, WHEELER, 1963, DÍAZ DE GAMERO 1976). Hacia el sureste se depositó la Formación Casupal, en ambientes deltaico a marino somero, ver Figura 5.

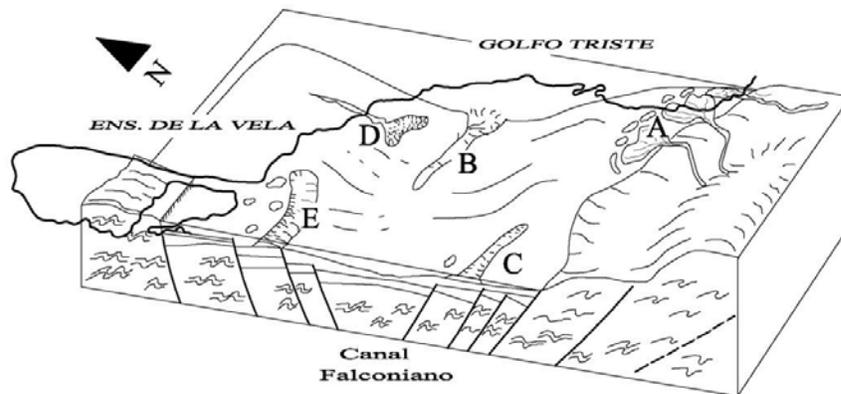


Figura 5. Modelo sedimentario esquemático durante el Oligoceno-Mioceno Temprano para la cuenca de Falcón. A: Formación Casupal; B: Depósitos de aguas profundas provenientes del oeste; C: Calizas de las formaciones Churuguara y Capadare; D: Depósitos de abanicos de talud. E: Arrecifes de la Formación San Luis. Simplificado PORRAS (2000).

4. GEOLOGÍA LOCAL

4.1. Generalidades

La descripción de la geología local se realizará por cada área estudiada, en base a la información de campo y petrográfica obtenida. Por ser Capadare la formación geológica de estudio se describe a continuación en detalle:

4.2. Formación Capadare

4.2.1. Macuere, estado Lara.

Secuencia de rocas carbonáticas (tanto híbridas y carbonatos) de color meteorizado amarillo-pardo y color fresco gris con tono rosado, intercaladas con lutitas carbonáticas de color gris. Las calizas son en general bien consolidadas, masivas, con fósiles de tamaños que van desde pocos milímetros a centímetros. Las rocas híbridas presentan laminación, mayor porcentaje de extraclásticos y menos contenido fosilífero.

La sección levantada tiene un espesor de 271 m. Pueden definirse 3 facies litológicas basadas en el contenido de extraclásticos y asociadas a un ambiente de sedimentación particular (Ver detalles en Anexo 9.4.2. Columna generalizada de la zona):

- *Facies I*: rocas híbridas intercaladas con carbonato limpio. Representa aproximadamente 53% de la sección total. Ver Figura 6.
- *Facies II*: rocas híbridas intercaladas con limolitas y niveles de arenisca (desde grano muy fino a fino). Representa aproximadamente 9% de la sección. Ver Figura 7.
- *Facies III*: rocas carbonáticas compacta intercaladas con lutitas. Representa aproximadamente 38% de la sección total. Ver Figura 7.

La secuencia sedimentaria en la sección levantada descansa discordante sobre la Formación Matatere e inicia con conglomerado basal de 2,0 m compuesto por 9% cuarzo, 10-15% feldespato, 50% fragmentos de roca (45% de chert y 5 % de rocas volcánicas) y cemento de material calcáreo enmascarado con óxido de hierro.

Sobre el conglomerado reposa una espesa secuencia representada por la *Facies I* con un espesor de 144 m, caracterizada por presentar hacia la base areniscas de grano muy fino a medio, laminadas, bioturbadas y bastante meteorizadas, seguidas de rocas híbridas (caliza aloquímica arenosa y micrita arenosa) que presentan en su composición moscovitas y minerales de arcilla, intercaladas con rocas carbonáticas (caliza lodogranular (packstone), caliza lodosa (wackstone) y lodolita carbonática (mudstone)). Las lutitas son escasas y se presentan como niveles de pocos metros, llegan a medir espesores de hasta 12 m y presentan delgados niveles de yeso. En general algunos niveles de roca híbrida y roca carbonática presentan dolomitización.

Las rocas que constituyen la *Facies II* tienen un espesor de aproximadamente 25 metros, 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 estrato decreciente y presenta un nivel al tope de arenisca de grano muy fino friable. En esta facies no se observa ningún tipo de estructura sedimentaria de arreglo interno ni bioturbaciones.

La *Facies III* que suprayace a las rocas descritas anteriormente, está constituida de roca carbonática (caliza lodogranular (packstone) y caliza lodosa (wackstone)) compacta con abundantes fragmentos fósiles intercalada con lutita, el espesor de las lutitas llega a ser de hasta 23 m. Presenta un estrato particular de caliza con nódulos de lodolita carbonática (mudstone) de 10 m de espesor.

Al tope y cerrando la sección levantada se encuentran 12 m de roca híbrida: caliza aloquímica arenosa. El contacto superior es de falla con la Formación La Luna.

En general las capas que presentan una textura diferencial están asociadas a la presencia de niveles de yeso.

Entre los fósiles presentes se encuentran foraminíferos bénticos seriados y uniseriados, del tipo *Nummulite sp* o *Amphistegina sp* y en menos proporción *Miliólidos sp* y el género *Miogypsina sp*, también se identificaron foraminíferos plácticos como *Globorotalia sp*, espinas de equinoides, además de moluscos (gasterópodos, turrítelas, pelecípodos, entre otros). Se presentaban en general fragmentados pero en ocasiones se conseguían ejemplares completos y bien preservados. Uno de los fósiles que se presenta de manera constante y con porcentajes considerables (3 al 10 %) en todas las muestras son los tubos de anélidos o poliquetos. Las algas carbonáticas presentes son en general coralinas de las llamadas “algas rojas”.

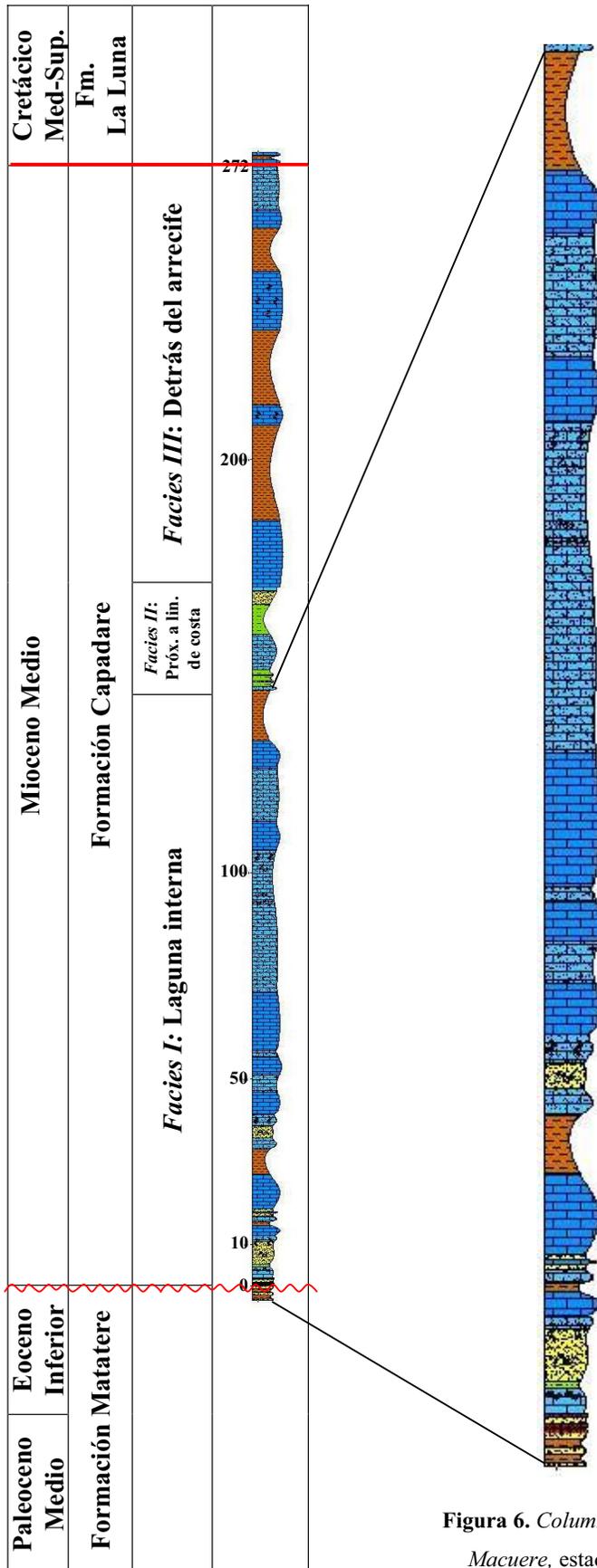


Figura 6. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de las Facies I definida.

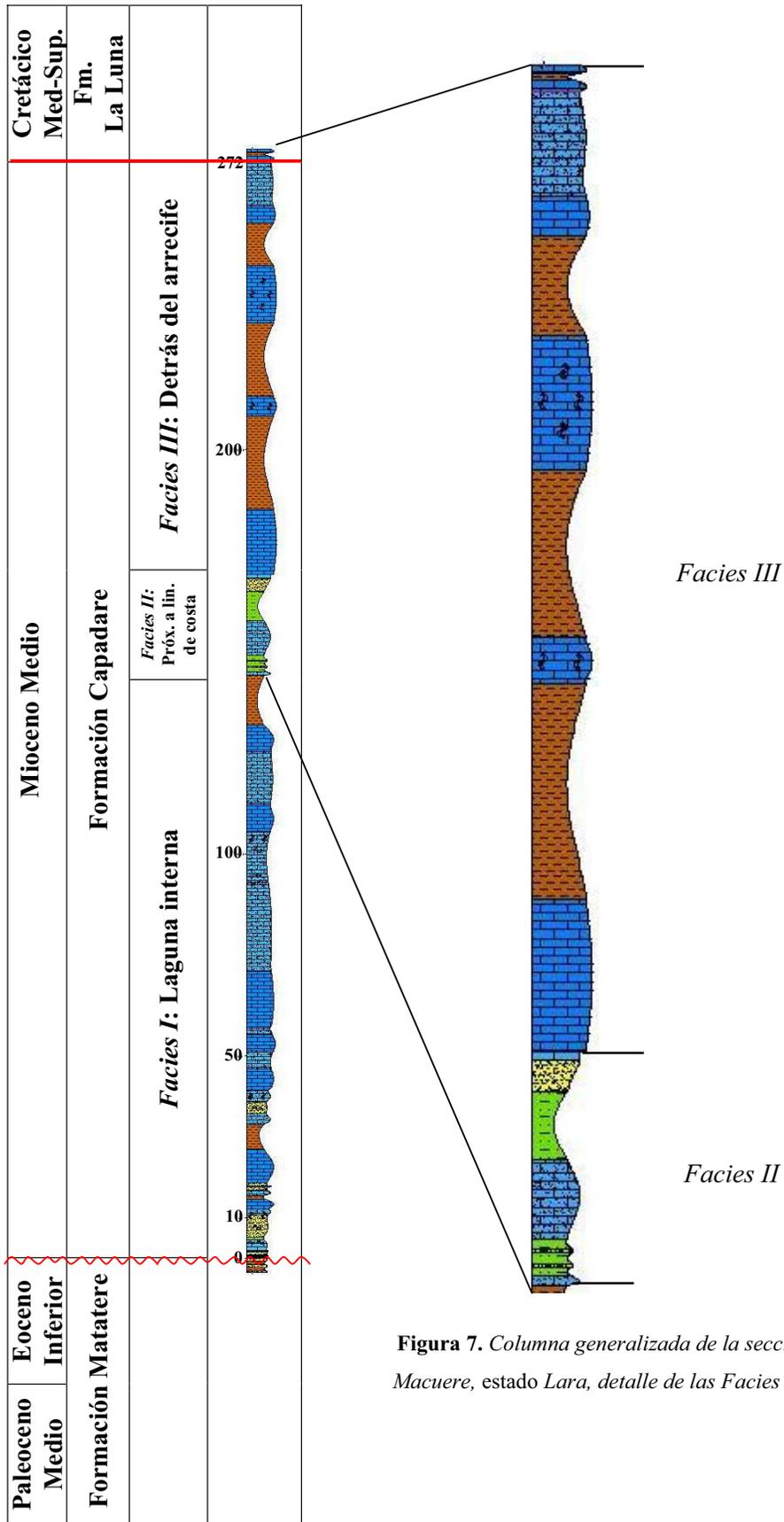


Figura 7. Columna generalizada de la sección levantada en Macuere, estado Lara, detalle de las Facies II y III definidas.

4.2.2. Riecito, estado Falcón

Secuencia de rocas carbonáticas intercaladas con rocas híbridas, lutitas, niveles dolomíticos y fosfáticos, rocas bastante compactas, colores frescos que van del gris claro a marrón amarillento. En base a la información estudiada no es posible conocer los contactos inferior y superior.

La sección estudiada presenta un espesor de 141 m. Pueden definirse 4 facies litológicas:

- *Facies I*: rocas híbridas con niveles carbonáticos: el espesor es de 36 m, en esta secuencia se presenta una variación lateral teniéndose al oeste una mayor concentración de extraclásticos, domina la litología micrita arenosa intercala con lutita y niveles de lodolita dolomítica, al este aumenta el porcentaje de aloquímicos y domina la presencia de caliza aloquímica arenosa, disminuye el porcentaje de extraclásticos y no se presentan capas de lutita.

- *Facies II*: carbonato tipo caliza lodogranular (packstone): con un espesor de 21 m. Se caracteriza por la abundancia del foraminífero béntonico *Miogypsina* el cual se tomó como marcador estratigráfico local para realizar la correlación. Se identifican pulsos de extraclásticos donde además se evidencia disminución del porcentaje del fósil guía. Las algas rojas también están presentes.

- *Facies III*: rocas híbridas con niveles de carbonatos limpios: domina la presencia de caliza aloquímica arenosa, los niveles de carbonatos son del tipo caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone). Esta secuencia presenta fosfatización de 10 a 90 % presentando una geometría en forma de lente extendiéndose de sureste a noreste con mayor concentración en el centro.

- *Facies IV*: intercalación de carbonatos tipo caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone): secuencia continua de 50 m. Estos carbonatos presentan foraminíferos bénticos uniseriados y biseriados, foraminíferos plácticos, equinodermos y espinas de equinoides.

Ver Figura 8 y detalles en Anexo 9.4.3. Columna generalizada de la zona.

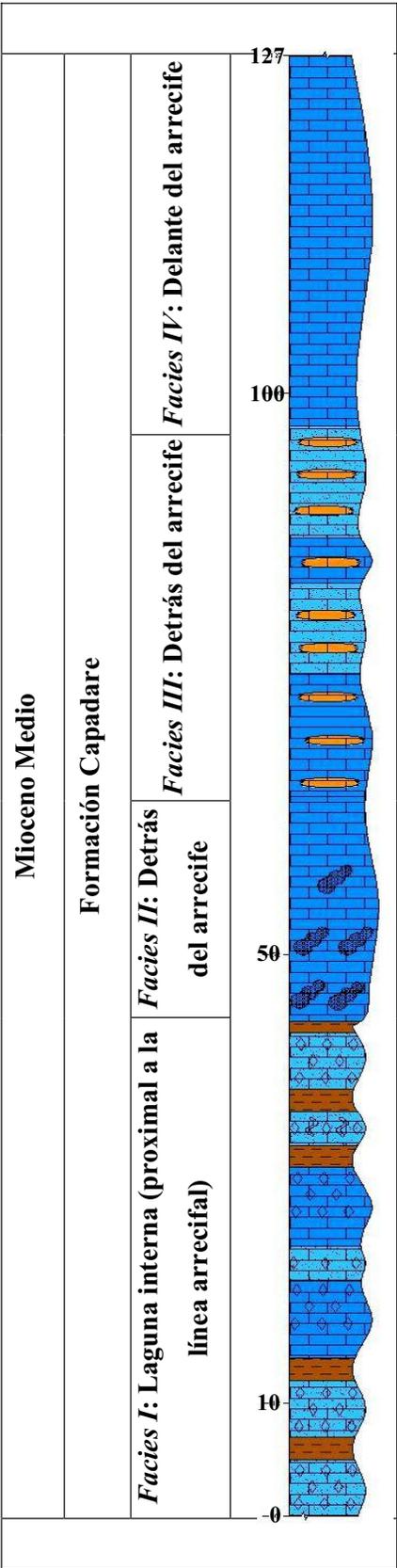


Figura 8. Columna generalizada de la sección Riecito, estado Falcón.

4.2.3. Comparación entre las zonas

Ambas zonas de estudio (Macuere, estado Lara y Riecito, estado Falcón), se encuentran dentro de la Formación Capadare. La litología principal en ambas es roca carbonática y roca híbrida. Sin embargo, así como tienen similitudes, también presentan diferencias que particularizan la composición de la formación en cada región, a continuación se muestran algunas de estas particularidades:

- Las rocas carbonáticas en Macuere, estado Lara, representan un porcentaje menor que las de Riecito, estado Falcón, mientras pasa lo contrario con las rocas híbridas, representando un porcentaje mayor de la columna estratigráfica de la sección levantada que lo que representan estas en la columna estratigráfica de Riecito.
- Las rocas fosfáticas sólo se presentan en la región de Riecito, estado Falcón como niveles lenticulares tanto vertical como lateralmente. En Macuere, estado Lara hay ausencia de este tipo de roca en la sección levantada.
- Debido a la metodología para la obtención de las muestras en Macuere, estado Lara fue posible ubicar los contactos infra y suprayacentes de la Formación Capadare, mientras en Riecito, estado Falcón no fue posible.

5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES

5.1. Petrográficas (clasificación)

Las muestras estudiadas se nombraron siguiendo las clasificaciones propuestas por FOLK (1962), DUNHAM (1962) y MOUNT (1985) (ver sus principios en la sección 8.1. Apéndice I: Bases teóricas) y los criterios para la clasificación de muestras planteados en la metodología.

5.1.1. Macuere, estado Lara

A partir de las 42 muestras seleccionadas para el estudio petrográfico, 48% corresponde a carbonato, 47% a roca híbrida (más de 10% de extraclásticos) y 5% a conglomerado, esta distribución puede observarse en la Figura 9.

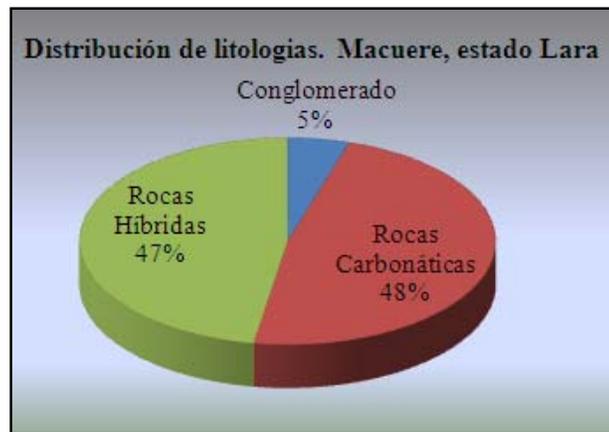


Figura 9. Distribución de litologías según resultados petrográficos. Macuere, estado Lara.

- Conglomerado

Las muestras incluidas dentro de este grupo se describen como paraconglomerado polimíctico por presentar más del 15% de matriz carbonática y de óxido de hierro y una variabilidad entre cuarzo y fragmentos de roca en su composición. Los tamaños de los granos varían entre 0,03 mm (principalmente granos de cuarzo) y 10 mm (fragmentos de chert), lo cual indica un escogimiento pobre a muy pobre. La morfología de los granos es en general subredondeada y la esfericidad va de media a baja. Presenta cemento de calcita tamaño espato y matriz también carbonática acompañada de óxido de hierro que se encuentra enmascarado, ver Figura 10.

Los componentes clásticos identificados fueron: cuarzo, presente en esta roca en un 9%, descrito como policristalino metamórfico principalmente; feldespato, presente de 10 a 15%, identificando tanto ortosa como microclino (este último en menor proporción

2%); fragmentos de roca, chert (45%) y roca volcánica (5%); minerales accesorios, circón, apatito y epidoto que a lo sumo representan 1%.

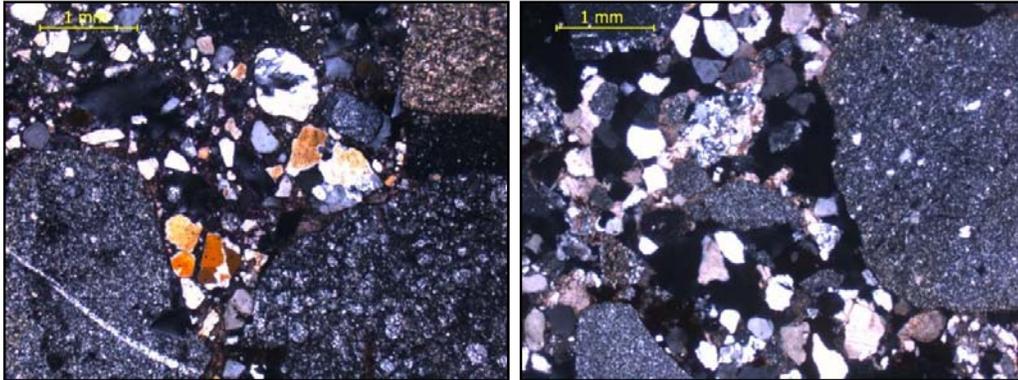


Figura 10. Fotomicrografía de las muestras CPT-1 (izquierda) y CPT-2 (derecha). Conglomerado basal donde se observan los fragmentos de cuarzo de menor tamaño y de de chert de mayor magnitud.

- Roca Carbonática

Según la clasificación de FOLK (1962), del total de muestras estudiadas de este tipo de roca, se obtuvo: 75% de bioesparita, 20% de biomicrita y 5% de micrita fosilífera (ver Fig. 11, izquierda). Por su parte, según la clasificación de DUNHAM (1962) se obtuvo: 75% de caliza lodosa (wackstone), 20% de caliza lodogranular (packstone) y 5% de lodolita carbonática (mudstone) (ver Fig. 11, derecha).

De acuerdo a lo anterior, se puede observar una relación directa entre las dos clasificaciones (según FOLK (1962) y según DUNHAM (1962)), pues el porcentaje de bioesparita corresponde con el obtenido de caliza lodosa (wackstone), el de biomicrita con caliza lodogranular (packstone) y finalmente el de micrita fosilífera al de lodolita carbonática (mudstone). Es interesante observar este hecho con detenimiento y tratar de explicar por qué al haber mayor porcentaje de aloquímicos (caliza lodogranular (packstone)) el ortoquímico presente que domina es micrita, mientras que al haber menos aloquímicos (caliza lodosa (wackstone)) el ortoquímico dominante es cemento carbonático, lo cual puede atribuirse a una simple relación de espacio entre los aloquímicos, habiendo 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.

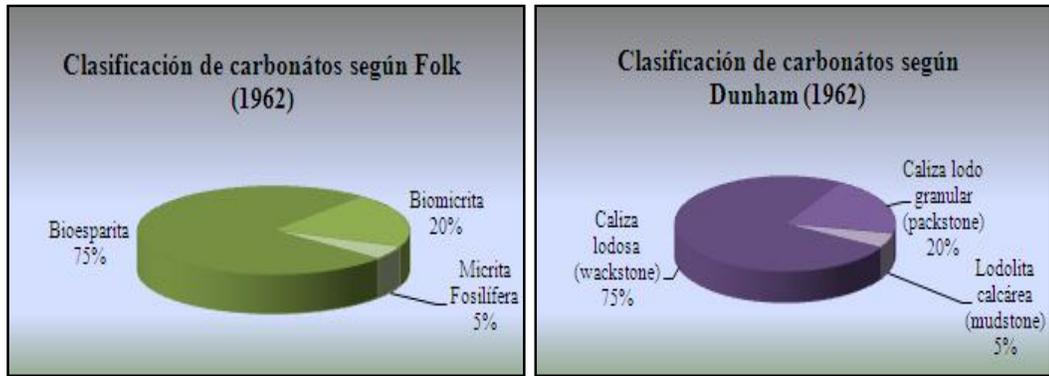


Figura 11. Distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) (izquierda) y DUNHAM (1962) (derecha). Macuere, estado Lara.

La variación en los porcentajes de ortoquímicos y aloquímicos es lo que permite clasificar las rocas, puesto que a rasgos generales los componentes principales se mantienen, lo que varía es su proporcionalidad, por lo tanto se establece una relación directa entre ellos, ya que a mayor porcentaje de aloquímicos disminuye el porcentaje de ortoquímicos y viceversa y esto se encuentra por supuesto ligado a determinar la clasificación ya sea según DUNHAM (1962) o según FOLK (1962).

El porcentaje de **ortoquímicos** presente en las muestras estudiadas supera el 27% y llega a presentarse en 80%, predominando el cemento sobre la matriz en la mayoría de los casos, esto se puede observar en los resultados gráficos obtenidos de las clasificaciones, en donde la suma de los porcentajes de biomicrita y micrita fosilifera o lodolita carbonática (mudstone) no superan el de bioesparita (Fig. 11). La **micrita** se presenta en porcentajes entre 5% y 40%, encontrándose asociada a la presencia de óxidos de hierro, presentando su típica textura terrosa (ver Fig. 12a), además, en algunos casos particulares, parte importante de la matriz se encuentra dolomitizada por reemplazamiento (Fig. 12b). El **cemento** se encuentra en el orden del 25% a 60%, tanto precipitado como recrystalizado y se presenta en variedad de tamaños espato, microespato y pseudoespato (Fig.12c), la textura que predomina es equigranular o mosaico, seguida de la textura radial, isópaco y sintaxial.

Los **aloquímicos** están presentes en porcentajes entre 20% y 65%, solo en dos casos particulares se presentan en 7% y 12 %. Predominan fósiles y fragmentos fósiles sobre intraclastos, pelets y ooides. Los intraclastos están representados principalmente por fragmentos de molusco extracuencales con inversión homoaxial y en menor proporción por fragmentos de caliza aloquímica. Según esto, el prefijo utilizado para clasificar las muestras según FOLK (1962) fue “bio”, en cuanto a la clasificación según DUNHAM

(1962) se asume que los granos carbonáticos que soportan la roca en los tipos predominantes (caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone)) son fósiles y fragmentos fósiles. Entonces es válido decir: “La bioesparita y biomicrita, equivalentes a caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone), presentan dentro de sus componentes principales fósiles y fragmentos fósiles identificables” ver Figura 11.

Los *extraclásticos* se encuentran desde traza hasta porcentajes de 12. El mineral predominante es el cuarzo, seguido de feldspatos, fragmentos de roca (chert, esquisto cuarzo micáceo) y moscovitas.

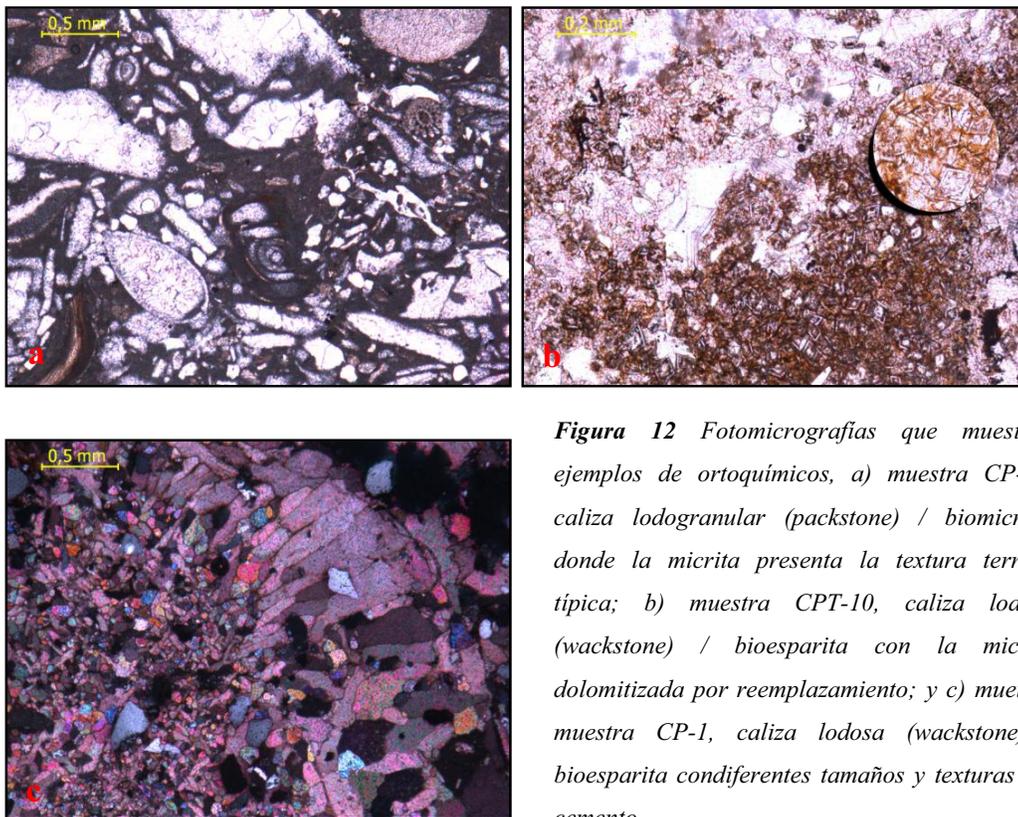


Figura 12 Fotomicrografías que muestran ejemplos de ortoquímicos, a) muestra CP-7a, caliza lodogranular (packstone) / biomicrita, donde la micrita presenta la textura terrosa típica; b) muestra CPT-10, caliza lodosa (wackstone) / bioesparita con la micrita dolomitizada por reemplazamiento; y c) muestra muestra CP-1, caliza lodosa (wackstone) / bioesparita con diferentes tamaños y texturas del cemento.

- Rocas Híbridas (>10% de extraclásticos)

De acuerdo a la clasificación de MOUNT (1962) del total de muestras estudiadas de este tipo, 71% son caliza aloquímica arenosa y 29% micrita arenosa. Ver Figura 13.

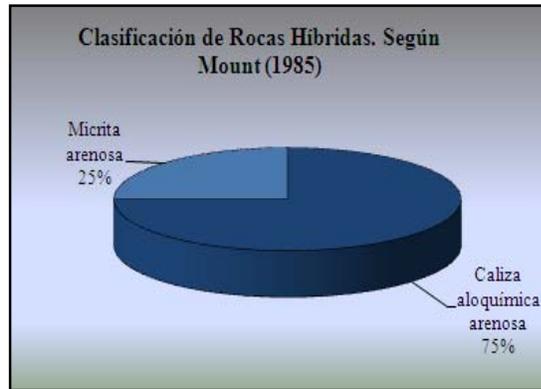


Figura 13. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Macuere, estado Lara.

En este grupo de rocas el contenido de extraclásticos va de 10 a 45%. Los tamaños varían de 0,01 a 2 mm. La composición es predominantemente cuarzo, seguido de feldespatos (incluyendo plagioclasas), fragmentos de roca y finalmente moscovita (incluida en la tabla petrográfica como mineral accesorio o actuando como cemento en algunos casos, ver la sección 5.5. Diagénesis).

El contenido carbonático supera al extraclástico en porcentaje, así, el criterio principal para la clasificación es básicamente la relación entre aloquímicos y micrita, así, una roca carbonática con más 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*, ambas presentando entre de 10-45% de extraclásticos. En la mayoría de las rocas híbridas estudiadas dominaba el porcentaje de aloquímicos sobre el de micrita, en la Figura 14 se observan fotomicrografías ejemplos.

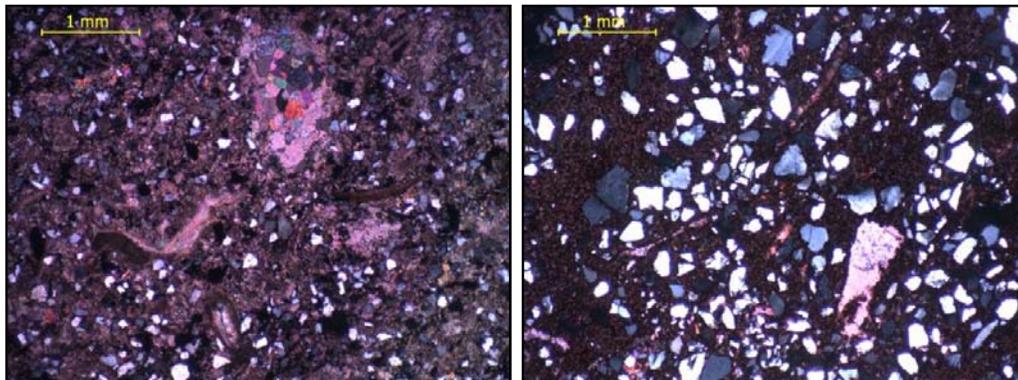


Figura 14. Fotomicrografía izquierda: muestra CP-2, caliza aloquímica arenosa. Fotomicrografía derecha muestra CP-18, micrita arenosa.

MOUNT (1985) considera micrita al material carbonático con tamaño menor a 20 micras, por lo tanto al extrapolar esta información al criterio aplicado para el estudio de las muestras se incluye el microespato.

El contenido de aloquímico presente no supera el 30% al igual que la suma entre la micrita y microespato. La ausencia de foraminíferos plácticos asociados es visible, predominan los fragmentos de moluscos (5-20%) y en menos proporción los foraminíferos béticos (2-6%).

En el caso de las muestras que presentan bajo porcentaje de micrita domina el cemento tipo espato con textura equigranular.

Algunas de las muestras presentan dolomita como producto de recristalización de la matriz (micrita), ver Figura 15.

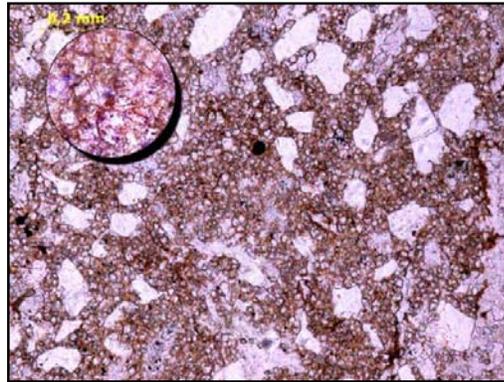


Figura 15. Fotomicrografía de la muestra CP12A. Caliza aloquímica arenosa. Nótese la dolomita como producto de la recristalización de la matriz

5.1.2. Riecito, estado Falcón

A partir de las 88 muestras seleccionadas de 21 perforaciones entre 1 y 90 metros para el estudio petrográfico, 42% corresponde a carbonato, 45% a roca híbrida (más de 10% de extraclásticos) y 13% a caliza fosfática, esta distribución puede observarse en la Figura 16.

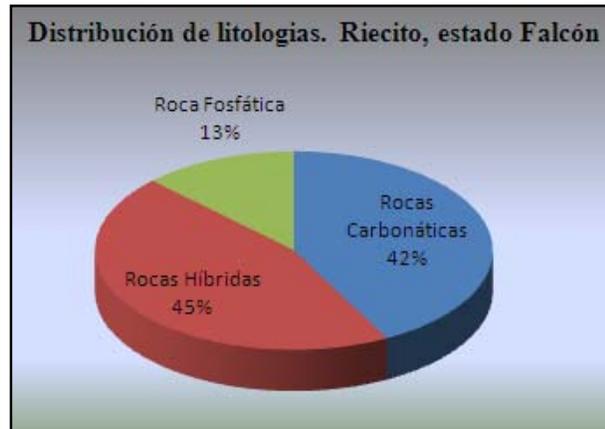


Figura 16. Gráfico de distribución de litologías según los resultados petrográficos para la zona de Riecito, estado Falcón.

- Rocas Carbonáticas

Según la clasificación de FOLK (1962), del total de muestras estudiadas de este tipo de roca, se obtuvo: 65% de bioesparita, 21% de biomicrita y 8% de dolomicrita, 3% de doloesparita y 3% de caliza espática (ver Fig. 17 izquierda). Por su parte, según la clasificación de DUNHAM (1962) se obtuvo: 43% de caliza lodogranular (packstone), 43% de caliza lodosa (wackstone) y 14% de lodolita carbonática (mudstone) (ver Fig. 17 derecha).

De acuerdo a lo anterior, se puede observar una relación directa entre las dos clasificaciones (FOLK (1962) y DUNHAM (1962)), donde la suma del porcentaje de biomicrita y bioesparita (86%) corresponde con la suma de caliza lodogranular (packstone) y caliza lodosa (wackstone), y la suma de los porcentajes de dolomicrita, doloesparita y caliza espática (14%) corresponde con el porcentaje de lodolita carbonática (mudstone) (Ver Fig. 17). Esta relación es análoga a la obtenida con las muestras de Macuere, estado Lara.

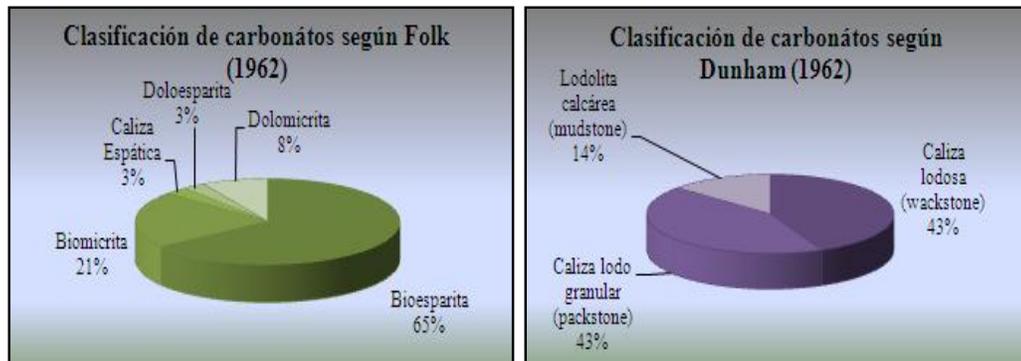


Figura 17. Gráfico de distribución de las clasificaciones de rocas carbonáticas, según FOLK (1962) izquierda y DUNHAM (1962), derecha. Riecito, estado Falcón.

El *ortoquímico* predominante es *el cemento*, siendo principalmente de tamaños microespato y pseudoespato, el cemento tamaño espato se encuentra como producto de inversión heteroaxial de moluscos, las texturas presentes son equigranular (mosaico), sintaxial y radial. *La micrita* se presenta en menor proporción y comúnmente dolomitizada por recristalización (ver Fig. 18)

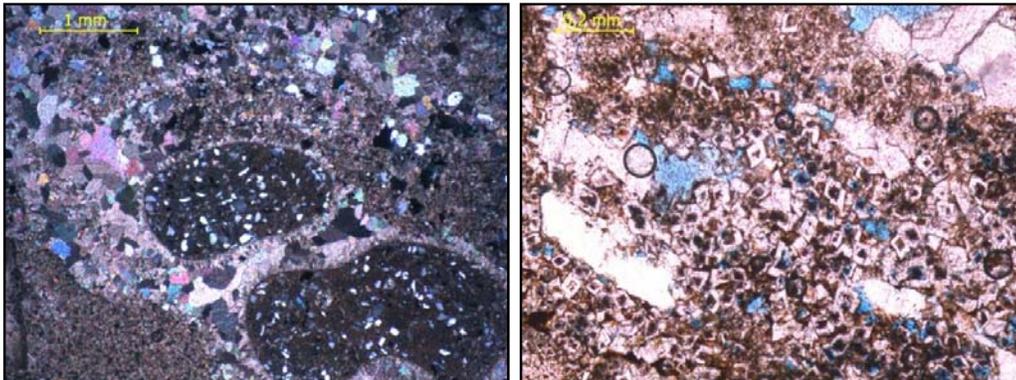


Figura 18. A la izquierda fotomicrografía PG-18-M-1, caliza lodogranular (packstone), donde se observan los tamaños y texturas del cemento. A la derecha, fotomicrografía de la muestra PG-08-M-12, lodolita carbonática (mudstone), donde se observa el proceso de recristalización de dolomita a partir de micrita, muestra.

Los *aloquímicos* presentes son en su mayoría fósiles y en menor proporción intraclastos principalmente fragmentos de molusco con inversión homoaxial. Los tipos de fósiles identificados juegan un papel importante para definir tres grupos particulares de caliza lodosa (wackstone)/caliza lodogranular (packstone): a) los que poseen abundancia de fragmentos de moluscos y foraminíferos béticos tipo *Nummulite Oms*, seriados y uniseriados, en los cuales el mayor porcentaje de uno u otro varía, b) los que

presentan un alto contenido de foraminíferos pláncnicos, bénticos, espinas de equinoides con la presencia de bajo porcentaje de moluscos y c) con abundancia de algas rojas y foraminífero béntico *Miogypsina sp.* En la Figura 19 se presenta un ejemplo de cada tipo.

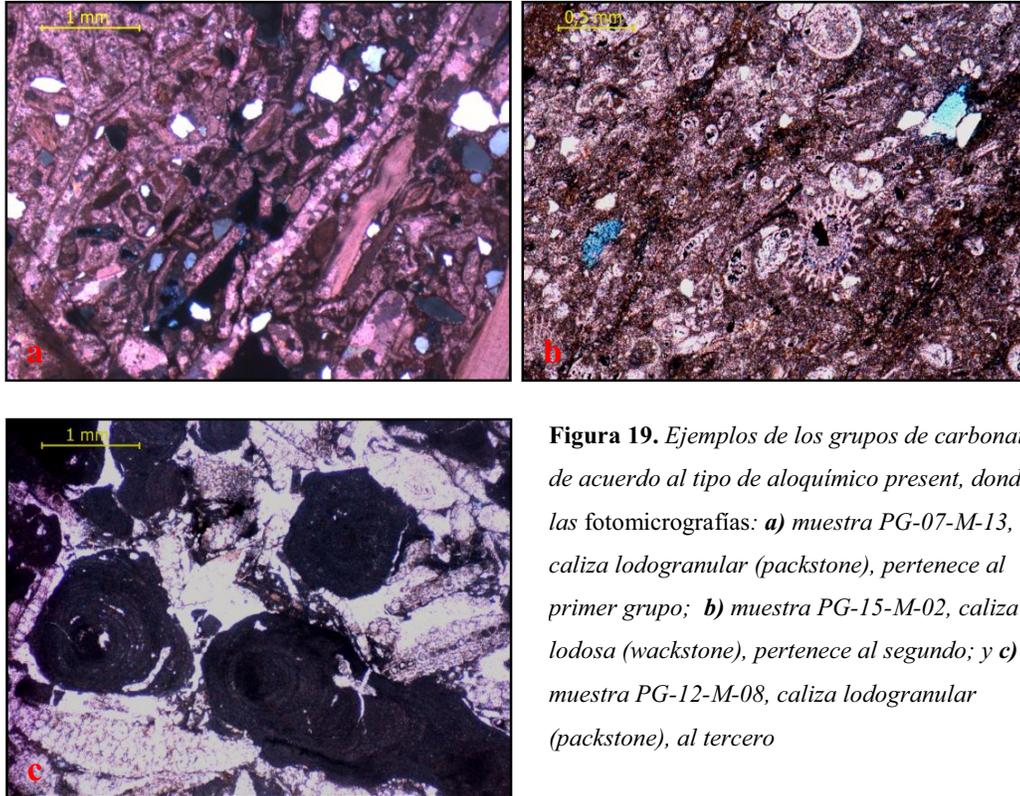


Figura 19. Ejemplos de los grupos de carbonatos de acuerdo al tipo de aloquímico presente, donde las fotomicrografías: **a)** muestra PG-07-M-13, caliza lodogramular (packstone), pertenece al primer grupo; **b)** muestra PG-15-M-02, caliza lodosa (wackstone), pertenece al segundo; y **c)** muestra PG-12-M-08, caliza lodogramular (packstone), al tercero

- Rocas Híbridas

De acuerdo a la clasificación de MOUNT (1962), del total de muestras estudiadas de este tipo, 46% son caliza aloquímica arenosa, 51% micrita arenosa y 3% de arenisca micrítica. Ver Figura 20.



Figura 20. Distribución de la clasificación de rocas híbridas según Mount (1985). Riecito, estado Falcón.

El contenido de extraclásticos en la mayoría de las muestras se encuentra presente entre 25 y 45%, dominando el contenido carbonático y siendo la mayoría de las rocas híbridas micrita arenosa y micrita aloquímica arenosa dependiendo de la presencia de aloquímicos en ellas, sin embargo existen 2 casos particulares donde el contenido de extraclásticos es mayor que el carbonático resultando clasificadas como arenisca micrítica (Ver Fig. 21). El tamaño de los extraclásticos va de los 0,03 y hasta 2 mm y su composición es principalmente cuarzo, seguido de feldespato y es común la presencia de micas, fragmentos de esquisto cuarzo micáceo y plagioclasas.

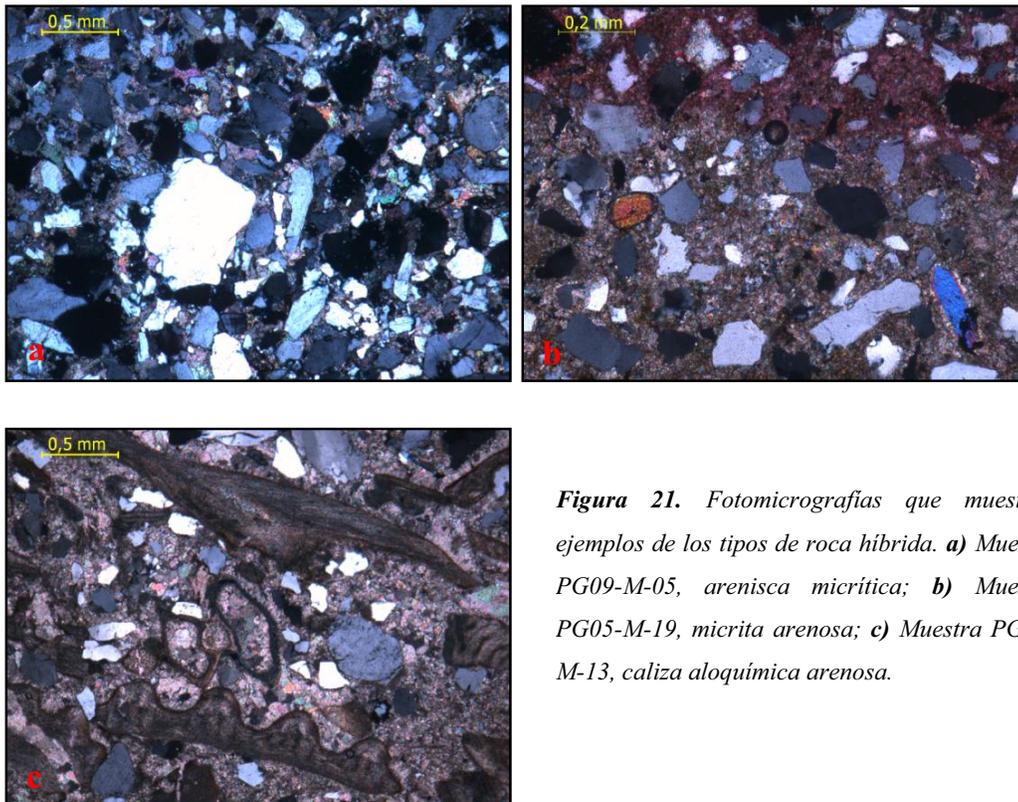


Figura 21. Fotomicrografías que muestran ejemplos de los tipos de roca híbrida. **a)** Muestra PG09-M-05, arenisca micrítica; **b)** Muestra PG05-M-19, micrita arenosa; **c)** Muestra PG20-M-13, caliza aloquímica arenosa.

MOUNT (1985) considera micrita al lodo carbonático con tamaño menor a 20 micras (como ya se expuso en la parte anterior de Macuere, estado Lara) por lo que dentro de las rocas clasificadas como micrita arenosa se incluye microespato, siendo este último más común que la micrita.

La presencia de rocas con mayor porcentaje de aloquímicos es menor, sin embargo la mayoría de las muestras presenta fósiles.

- Roca fosfática

Esta clasificación incluye las rocas que presentan más del 20% de fosfatización, presentando en algunas ocasiones hasta un 90%. Dentro de este grupo de rocas se pueden definir dos tipos particulares, las rocas que presentan porcentajes de extraclásticos de 10% a 50% y las que poseen porcentajes menores a 10%. Cada uno de estos grupos presentan una textura particular en la fosfatización: homogénea sin ningún patrón particular en el primer grupo y concéntrica en el segundo (Ver Figura 22).

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.

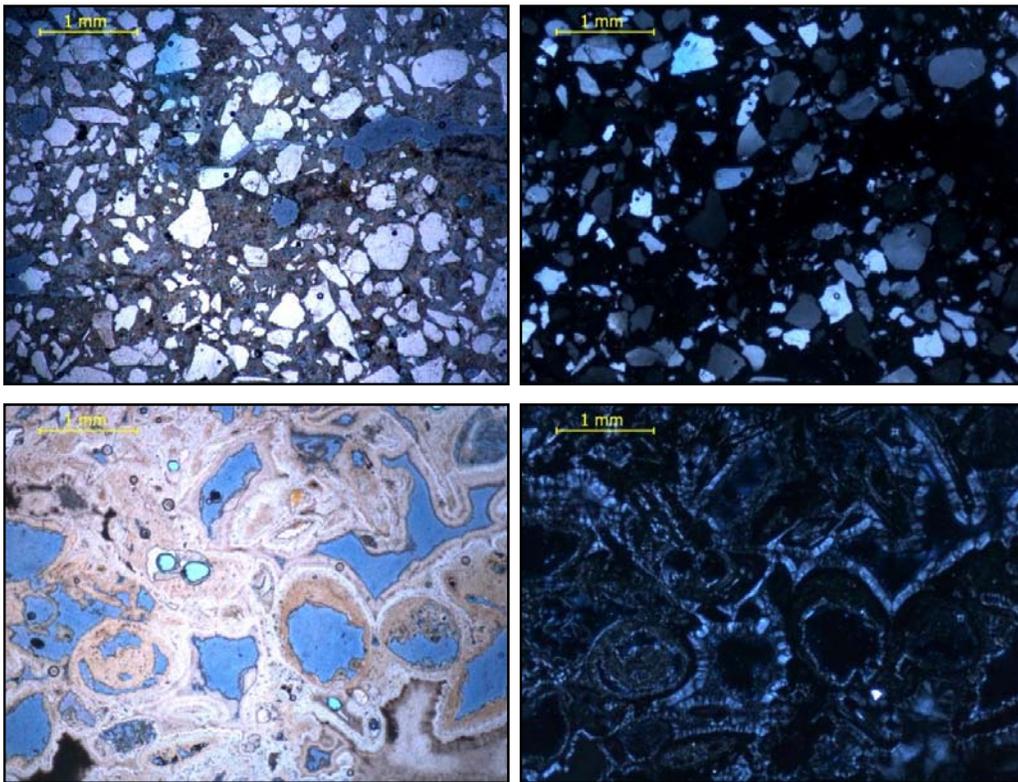


Figura 22. Arriba, fotomicrografía de la muestra PG23-M-6, caliza fosfática perteneciente al 1er grupo descrito. Abajo, PG22-M-19, caliza fosfática perteneciente al 2do grupo descrito. Muestras a la izquierda en nicoles paralelos y a la derecha en nicoles cruzados.

5.1.3. Comparación entre las zonas

Las dos zonas estudiadas se ubican en la misma formación geológica (Fm. Capadare) y su litología principal es carbonática, sin embargo, en cada una de estas zonas hay características particulares que permiten distinguirlas entre sí, las cuales se describen a continuación:

- Las rocas híbridas de Macuere presentan menor contenido de extraclásticos y mayor contenido de aloquímicos que las de Riecito, de lo que resulta que la roca híbrida predominante en Macuere sea caliza aloquímica arenosa mientras que en Riecito es micrita arenosa.

- En ambas zonas el principal ortoquímico presente es cemento, sin embargo, en Riecito hay mayor presencia de micrita que en Macuere, análogamente ocurre con la presencia de dolomita pues ésta es producto de la recristalización de la micrita.

- Los fósiles comunes son fragmentos de molusco, *Nummulite sp* y *Miliólido sp*. Sin embargo, cada zona presenta algunos organismos fósiles particulares, por ejemplo: *Anélidos* “poliquetos” es común observarlos en las muestras de Macuere mientras que en las de Riecito es ocasional; foraminífero béntico tipo *Miogypsina sp* es característico y particular de una de las facies de Riecito (*Facies II*) mientras que en Macuere solo se observa esporádicamente; foraminíferos pláncnicos tipo *Globorrotalia sp* se presenta en las rocas de la *Facie IV* de Riecito en porcentajes superiores a 30%, mientras que en Macuere el porcentaje es bajo (no supera el 5%).

- La composición de extraclásticos en ambas zonas es principalmente cuarzo, sin embargo, en Riecito hay mayor porcentaje de fragmentos de esquistos cuarzo micáceo, feldespatos potásicos y plagioclasas que en Macuere.

- La fosfatización es uno de los aspectos que más llama la atención, pues en Riecito se encuentran muestras de caliza fosfática, es decir que el porcentaje de fosfatización es alto (de 20% a casi la totalidad de la muestra), mientras que en Macuere hay ausencia de éstas y sólo se presentan fragmentos de rocas o moluscos con fosfatización incipiente dentro de rocas carbonáticas o híbridas.

5.1.4. Aspectos generales

- Porosidad:

En general se encuentra entre (1-15) % aunque en algunos casos puede llegar a (20-30) %.

Los carbonatos limpios presentan en general porosidad secundaria producto de disolución de micrita, cemento, intraclastos y fragmentos fósiles. De los tipos de porosidad para carbonatos se observaron: móldica, vug y ocasionalmente fenestral (ver Figura 23).

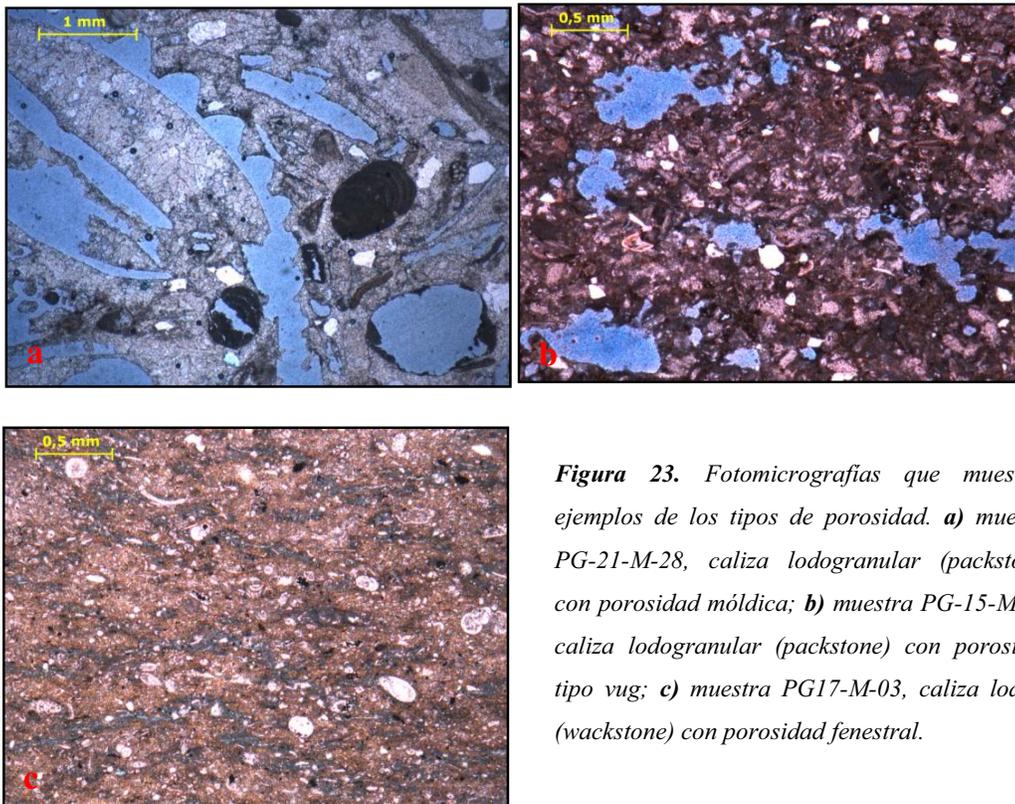


Figura 23. Fotomicrografías que muestran ejemplos de los tipos de porosidad. **a)** muestra PG-21-M-28, caliza lodogranular (packstone) con porosidad móldica; **b)** muestra PG-15-M-10, caliza lodogranular (packstone) con porosidad tipo vug; **c)** muestra PG17-M-03, caliza lodosa (wackstone) con porosidad fenestral.

Las muestras con alto porcentaje de dolomita muestran una porosidad intrapartícula particular, lo que se debe al proceso de formación de esta dolomita a partir de la recristalización de la micrita que implica una transformación en la estructura interna asociada a cambios volumétricos que generan espacio poral, ver ejemplo en Figura 24.

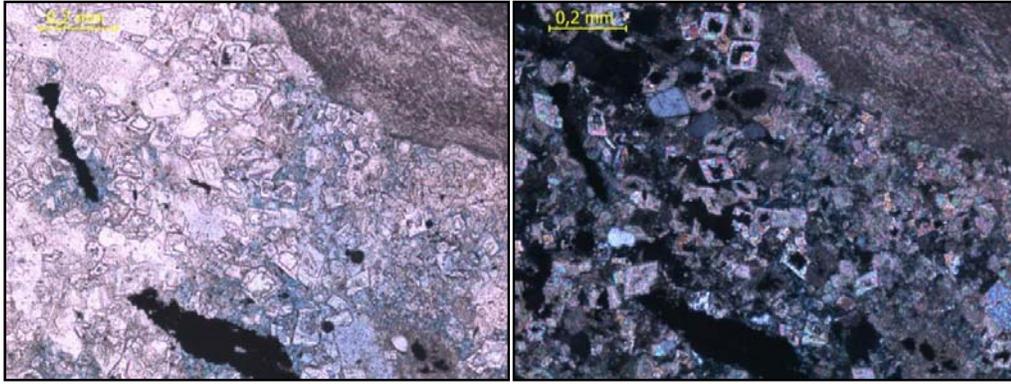


Figura 24. Fotomicrografía de la muestra PG18-M-18, micrita arenosa, donde se observa la porosidad intercristal asociada al proceso de dolomitización. A la izquierda nicoles paralelos y a la derecha cruzados

Las muestras que presentan mayor porcentaje de porosidad son las de roca híbrida, pues la presencia de extraclásticos genera más superficies de contactos por donde pueden percolar fluidos e ir generando porosidad intrapartícula secundaria por disolución tanto del ortoquímico e incluso de algunos extraclásticos en los bordes. Además, la presencia de algunos extraclásticos como plagioclasas y fragmentos de esquito cuarzo micáceo que presentan planos propios de su definición (de maclado en el primer caso y de foliación en el segundo), facilitan la disolución a través de éstos planos generando porosidad secundaria por disolución (ver Fig. 25).

Las rocas fosfáticas también presentan una porosidad significativa (entre 7 y 30 %) tal como se observa en la fotomicrografía de la Figura 22, en donde la fosfatización concéntrica genera espacios porales.

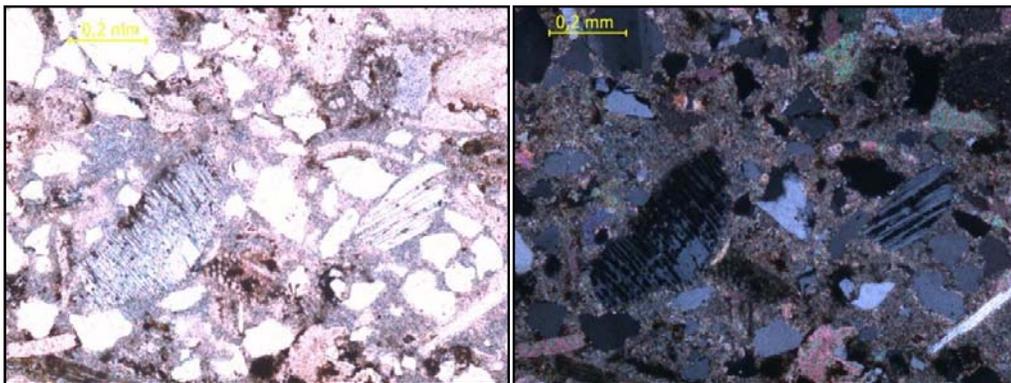


Figura 25. Fotomicrografía de la muestra PG19-M-1, caliza lodosa (wackstone), en la cual se observa la disolución a través de los planos de maclado de plagioclasas. A la izquierda nicoles paralelos y a la derecha nicoles cruzados.

- Reemplazamiento:

Se presenta en la mayoría de las muestras, principalmente fosfatización y glauconitización y en menor proporción, silisificación y piritización. La fosfatización, se presenta tanto en partículas de aloquímicos (fósiles y fragmentos de caliza aloquímica) como en el ortoquímico. La glauconitización, se presenta principalmente en el ortoquímico y en pellets. La silisificación fue observada en fragmentos fósiles, principalmente anélidos (poliquetos) y algunas puntas de espículas de equinodermos. Finalmente, la piritización (observada en pocas muestras), se presentaba en el ortoquímico (donde en los casos de presentar teñido tanto de porosidad como de carbonatos, el último se ausentaba justo en la parte donde se concentraba la piritización, ver la Fig. 26c) o bordeando espacios porosos. Ver Figura 26.

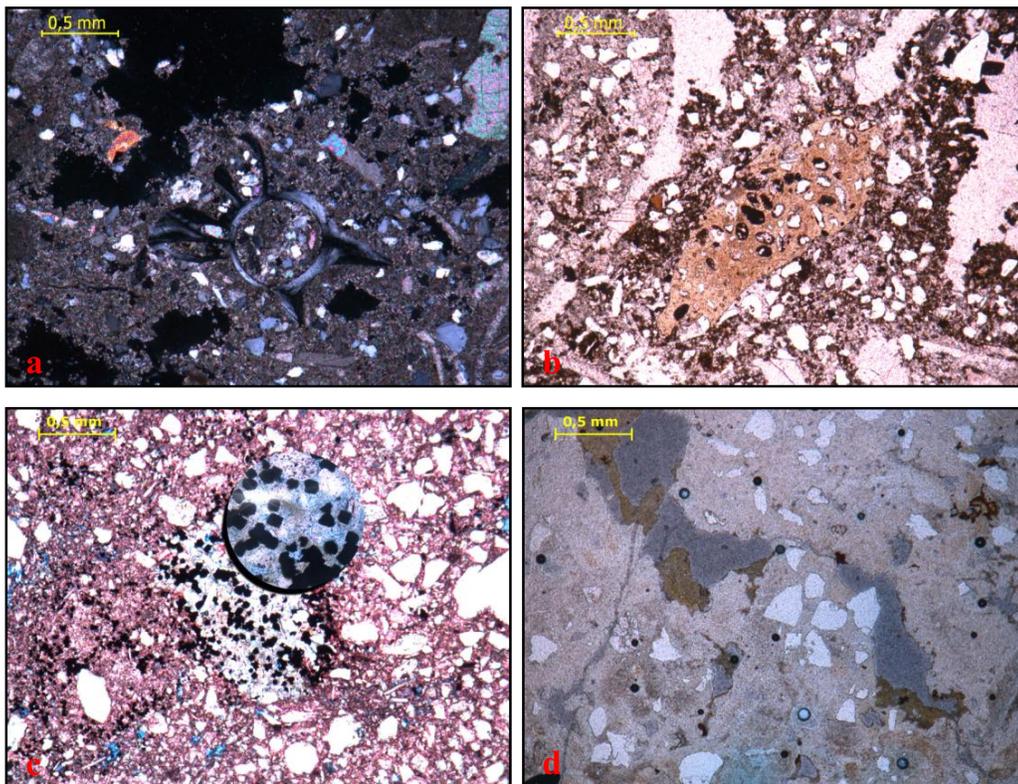


Figura 26. Fotomicrografías en las que se observa en **a)** muestra CP-8, caliza aloquímica arenosa con silisificación de fragmento fósil (anélido, poliqueto); **b)** muestra CPT-5, caliza aloquímica arenosa con fosfatización de partículas carbonáticas (fragmento de caliza aloquímica); **c)** muestra PG-04-M-05, micrita arenosa con piritización; y **d)** muestra PG24-M-07, caliza fosfática con glauconitización.

5.2. Geoquímica

5.2.1. Generalidades

Se representa en *diagramas de caja* el porcentaje de cada componente mayoritario que se obtiene a través de la técnica de Fluorescencia de Rayos X por energía dispersiva (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , Fe_2O_{3T} , MgO , CaO , K_2O y el V en ppm), los cuales son expresados por el equipo como óxidos. Se comparan las facies definidas (ver en el Capítulo 4 de Geología Local) en cada localidad y así mismo un total entre las áreas de estudio, además se presentan perfiles geoquímicos correspondiente a cada compuesto correspondiente a las columnas generalizadas de cada área, con el fin de observar como es el comportamiento de los componentes mayoritarios a la largo de toda la sección.

Los valores de la mediana en los diagramas para cada conjunto de datos por facies indican que cada una de acuerdo a la localidad (Macuere y Riecito) presentan valores contrastantes que apoya la diferencia que existe entre los componentes de cada una de ellas (ver Figuras 27; 28; y 29), esto constituye una herramienta que corrobora y complementa el esquema de descripción planteado por facies (ver Capítulo 4 de Geología Local).

Los datos expresados en tablas de cada muestra se ubican en el Anexo 9.2.

5.2.2. Macuere, estado Lara

De base a tope se tiene:

En la *Facies I* presenta valores ubicados en el rango intermedio con respecto a las otras facies de acuerdo a la mediana para el CaO , en el caso del SiO_2 es bastante similar a la *Facies III* (facies carbonática), esto porque la litología característica es de rocas híbridas pero con mayor tendencia carbonática, con respecto a la geometría se tiene para ambos componentes que presenta la distribución más simétrica y el tamaño de la caja es más pequeño lo que indica una dispersión baja (ver Fig. 27), esto implica que los componentes de las muestras de esta facies estaban en proporciones similares.

La *Facies II* es la que presenta el menor porcentaje de carbonato (respecto a la mediana) y el mayor porcentaje de sílice, siendo esta la facies más clástica compuesta de limolita y arenisca, con respecto al CaO y SiO_2 es la que presenta mayor dispersión de los datos y su distribución es asimétrica (ver Fig. 27), esto se puede atribuir a que en esta la cantidad de muestras tomadas es poca y tomando en cuenta que la misma tampoco está constituida de una un solo tipo litológico, lo que genera una respuesta no tan representativa.

Dentro de esta facies se puede destacar que presenta el mayor porcentaje de Al_2O_3 por ser la más clástica (en la *Facies III* se presenta la tendencia opuesta) presenta entre sus componente micas y plagioclasas que incrementan el porcentaje de este elemento, se encuentra bien distribuida y simétrica, así mismo también presenta el mayor porcentaje de Fe_2O_{3T} y MnO , (ver gráficos en Anexo 9.3. Diagramas de caja). Presenta el menor porcentaje de K_2O y la mejor distribución bastante dispersa de V asociado a la presencia de materia orgánica.

De las tres facies definidas y en base a la observación de la mediana se tiene que la *Facies III*, presenta los valores más altos de carbonato y a su vez es la que presenta menor porcentaje de sílice esto obedece a que en esta se encuentran rocas carbonáticas con porcentajes bajos de extraclásticos. En cuanto a la geometría se tiene en lo que respecta al CaO la distribución presenta dispersión con respecto al límite inferior y es de forma generar simétrica, en el caso del SiO_2 la distribución es dispersa con respecto al límite superior y es algo asimétrica (ver Fig. 27). La existencia de dispersión puede asociarse a que a pesar de ser una facies carbonática a grosso modo la distribución de la tendencia general de los elementos no se mantiene constante puesto que no es una única capa si no un conjunto y a pesar de que se depositaron bajo un mismo ambiente sedimentario no son complemente iguales.

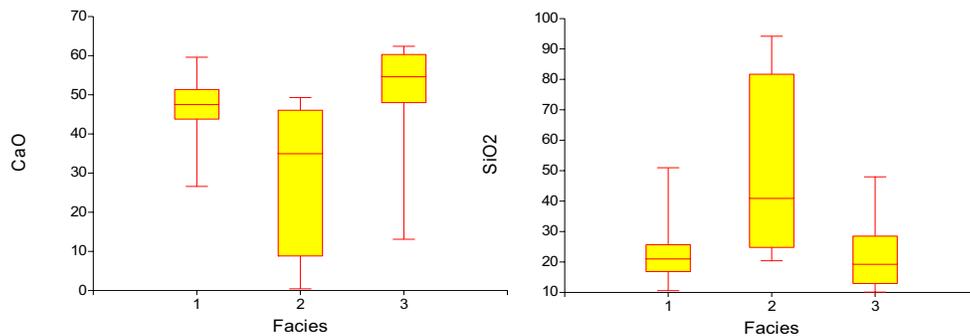


Figura 27. Diagramas de caja que muestra la comparación del porcentaje de CaO y SiO_2 de acuerdo a cada facies, Macuere, estado Lara.

En el caso del MgO no proporciona una buena información puesto que el equipo no detecta valores menores a 1% y las cantidades medidas siempre eran cercanas o inferiores a dicho valor.

5.2.3. Riecito, estado Falcón

De las cuatro facies definidas en esta localidad y de acuerdo a los valores de la mediana se tiene que las más carbonáticas son la *Facies II* y La *Facies IV* encontrándose los valores de la mediana muy cercanos entre ellas, estas a su vez son las que presentan menos porcentaje de sílice (ver Fig. 28).

Las facies menos carbonáticas son las *Facies I* y la *Facies III* y entre ellas es la primera la que presenta menos carbonato aunque la diferenciación entre ellas no es tan grande, estas a su vez presentan mayor porcentaje de sílice (ver Fig. 28).

De base a tope:

La *Facies I* está definida por rocas híbridas con niveles carbonáticos tal como puede observarse en la Figura 28 tanto para el CaO y el SiO₂ se presenta una dispersión marcada y una asimetría aunque leve y esto se debe a que la misma no es homogénea, la diferenciación entre los niveles entre rocas híbridas y carbonatos generan tal dispersión. En esta facies se presenta el mayor porcentaje de Al₂O₃ (caso contrario a lo que ocurre en la *Facies II*).

La *Facies II* está compuesta de una litología de carbonato tipo caliza lodogranular (packstone) con niveles de rocas híbridas, el CaO presenta mayor dispersión con respecto al límite inferior y la distribución es asimétrica, en el caso del SiO₂ la dispersión se presenta hacia el límite superior e igualmente se presenta asimétrica (ver Fig. 28). La dispersión presentada se atribuye indiscutiblemente a que no es una facies homogénea pues a pesar de dominar la litología carbonática se presentan niveles con porcentajes considerables de extraclásticos.

La *Facies III* también de rocas híbridas con niveles de carbonatos y fosfatización, presenta tanto para el CaO y el SiO₂ una dispersión marcada para el primero la distribución es asimétrica y para el segundo es simétrica (ver Fig. 28), e igualmente este comportamiento se atribuye a la presencia de los niveles carbonáticos.

En la *Facies IV* se encuentra una intercalación de caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone), en lo que respecta a su geometría es la que presenta menor dispersión y la distribución más simétrica tanto para el CaO como para el SiO₂ (ver Fig. 28), las muestras correspondientes a esta facies eran bastante homogéneas.

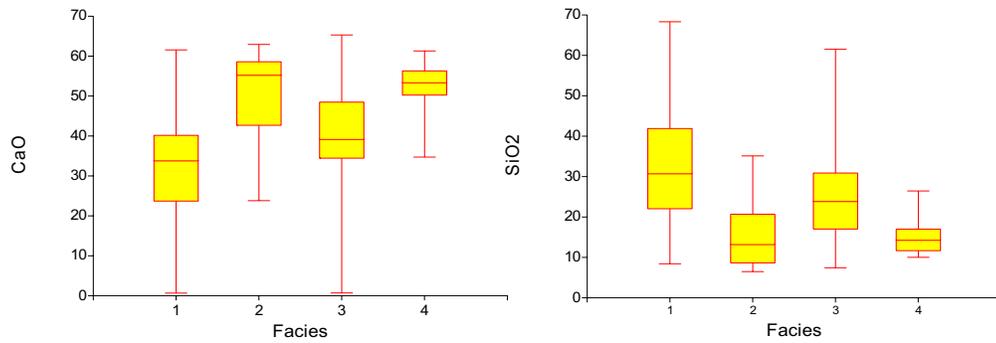


Figura 28. Diagramas de caja que muestra la comparación del porcentaje de CaO y SiO₂ de acuerdo a cada facies, Riecito, estado Falcón.

En el caso del MgO se tiene que para esta sección si se detectaron valores mayores al 1%, los cuales en los diagramas se reportan como valores anómalos, tal como puede observarse en el gráfico del Anexo 9.3. Diagramas de Caja, dichos valores abundan en la *Facies I* y este se asocia a las capas de carbonatos con alto porcentaje de dolomitas, esto puede observarse en el Anexo 9.4 correspondiente a las columnas estratigráficas y por ejemplo en la muestra PG08-M-12 visualizada en la Figura 18 ubicada en la sección 5.1. Resultados e Interpretaciones Petrográficas.

5.2.4. Comparación entre las dos áreas

Para realizar la comparación entre las dos áreas se tomaron los valores de todas las muestras estudiadas en cada área, por lo tanto es importante recordar que la cantidad de muestras que se maneja en Macuere es menor a las de Riecito, siendo 41 para la primera y más de 88 para la segunda a pesar de que la extensión de la sección de Macuere supera a la de Riecito, lo que implica que existe muchas más muestras por facies en Riecito causando que la distribución de los datos no sea la más correcta. El diagrama que arrojo esta información es el siguiente:

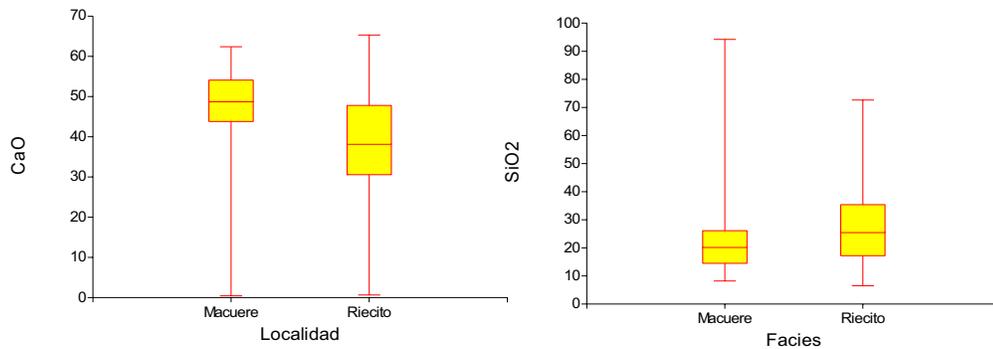


Figura 29. Comparación del CaO y SiO₂ entre las áreas de estudio.

Al unificar los datos de cada facies definida por localidad componen una tendencia mucho más generalizada, es por esta razón que a pesar de encontrarse una distribución

simétrica los rangos superiores e inferiores son tan dispersos los cuales se atribuyen a los valores más anómalos de los datos.

A rasgos generales se mantiene la relación existente entre el CaO y el SiO₂, siendo inversamente proporcional. La tendencia indica que la localidad de Macuere es más carbonática que Riecito y por lo tanto tiene menos extraclásticos, pero esto no es del todo cierto puesto que la extensión de la facies de rocas híbridas de Macuere (*Facies I y II*) supera en espesor a la de Riecito (*Facies I y III*) esto puede verificarse en el Anexo 9.4. correspondiente a las columnas estratigráficas. Lo que si es cierto es que de todas las rocas híbridas estudiadas las que presentaban mayor porcentaje de extraclásticos son de Riecito esta es una de las causas de lo que muestra el gráfico.

Para el CaO en Macuere se tiene que hay una dispersión marcada respecto al límite inferior pero la distribución es simétrica, en Riecito el comportamiento es similar siendo la dispersión semejante en ambos límites y presentando una distribución simétrica.

Para el SiO₂ en Macuere la dispersión existente se presenta con respecto al límite superior, pero el ancho de la caja es pequeño lo que indica que los valores eran más o menos similares, la distribución es simétrica, en Riecito también la dispersión respecto a la caja es mayor y la distribución es simétrica.

En Macuere los valores correspondientes al MgO no superan el 1 % por lo que no es detectado por el equipo mientras que en Riecito si se obtuvo información de este, asociándose a la presencia de dolomitas las cuales en algunas rocas de de esta localidad constituyen hasta el 90% del cemento, esto puede observarse en los diagramas del Anexo 9.3. Otro elemento que se presenta en mayor proporción en Riecito es el Al₂O₃ el cual se asocia a la presencia de micas y plagioclasas y estos minerales encontrados como parte de la composición extraclástica es mucho más frecuente en Riecito que en Macuere, al igual que el K₂O que se asocia a la presencia de feldespato K.

El V se ve presente en mejor distribución en Riecito aunque la geometría de los diagramas es bastante dispersa y asimétrica, en el caso de Macuere hay un gran número de valores anómalos al generalizado, esto puede asociarse a la presencia de materia orgánica asociadas en Riecito íntimamente relacionadas a los fosfatos u otros nutrientes presentes.

5.2.5. Perfiles geoquímicos

Los datos obtenidos a través de la técnica de FRX también fueron representados en perfiles a lo largo de las columnas generalizadas de cada sección con el fin de observar la tendencia de los compuestos en cada facies definida, sus valores máximos y mínimos (Figuras 30 y 31) y determinar si estos datos apoyan la definición planteada enmarcadas a través de quimiofacies, definidas cuando tres o más compuestos muestran en la curva del perfil cambios de pendiente abruptos.

Si se observan los perfiles correspondientes a cada localidad y se evalúa su tendencia general, una de las características que destaca es la curva del SiO_2 y CaO las cuales se comportan como un espejo lo que indica que estos compuestos son inversamente proporcionales y esto se asocia a que la presencia siliciclásticos perturba e inhibe el desarrollo de carbonato.

Las curvas del TiO_2 , Al_2O_3 y el K_2O , presentan una tendencia bastante parecida entre sí y con similitud a la del SiO_2 , estos compuestos pueden asociarse puesto que el Al se encuentra en el feldespatos potásicos, plagioclasas y moscovita, al igual que el K y estos minerales a su vez son silicatos, así mismo el TiO_2 se asocia también a los siliciclásticos por presentarse normalmente en una fuente ígnea.

El MnO y Fe_2O_3 por su parte no presentan una tendencia comparable u asociable a otro compuesto, al igual que el V. Por su parte el MgO no presenta mucha información puesto que se presenta como una línea recta por limitación del equipo de captar su señal, solo cambia su monotonía en un tramo.

Al observar la Figura 30, correspondiente a **Riecito, estado Falcón**, de base a tope se definen seis quimiofacies (se resaltan los tres sectores en donde se presentan los mayores quiebres): **I.** Con valores de SiO_2 que van de 25 a 30% y de CaO entre 30 y 42%; **II.** Con los valores más bajos de SiO_2 , entre 12 y 25% y los mayores valores de CaO entre 30 y 50%, es la quimiofacies en la que se detectan los valores más altos de MgO , entre 0,5 y 1,6% y su límite superior es el punto a partir del cual los valores de MgO no son detectables por el equipo; **III.** Mantiene la tendencia de la quimiofacies I; **IV.** Con valores de SiO_2 entre 25 y 30% y de CaO entre 35 y 44%; **V.** Con valores de SiO_2 promedio de 20%, al igual que el Al_2O_3 con promedio de 4% y el CaO entre 40 y 45%; **VI.** La curva es vertical prácticamente constante, los valores de SiO_2 se mantienen en 18% y los de CaO en 50%. Las quimiofacies I y III corresponden respectivamente con la base y el tope de la litofacies I representados por rocas híbridas y la quimiofacies II con la parte central de dicha litofacies que corresponde a un espesor de roca

carbonática; las quimiofacies IV y V corresponden a la litofacies II y III representadas por roca carbonática con un tope de roca híbrida y por intercalación de roca híbrida con roca carbonática respectivamente; finalmente la quimiofacies VI corresponde con la litofacies IV representada por roca carbonática.

Al observar la Figura 31, correspondiente a *Macuere, estado Lara*, se pueden definir de base a tope tres quimiofacies: **I.** Con valores de SiO₂ entre 5 y 30%, de CaO entre 40 y 60% y aproximadamente 0,01% de MnO; **II.** Con valores de SiO₂ de 55%, de CaO de 25% y aproximadamente 0,04% de MnO, se resalta esta quimiofacies en los perfiles debido a que es donde se presenta un quiebre abrupto en la tendencia de las curvas; y **III.** Con valores bajos de SiO₂ de 5% (principalmente) a 30% (al tope, correspondiente a una capa de roca híbrida), valores altos de CaO entre 40 y 60%, predominando este último, y aproximadamente 0,01% de MnO, los porcentajes de TiO₂, AlO₂, K₂O y V, presentan en el medio de la quimiofacies III valores “anómalos” respecto a los generales en el resto de la quimiofacies, estos valores corresponden a una capa de lutita (muestra CP-25), no tomada en cuenta como otra quimiofacies porque representa los valores puntuales de una muestra, lo cual no es representativo para definir una quimiofacies particular. Las quimiofacies definidas, corresponden con las litofacies propuestas en el capítulo 4 de geología local, donde las litofacies I y III representadas por rocas carbonáticas, coinciden con las quimiofacies I y III que presentan los menores valores de SiO₂ y los mayores valores de CaO, mientras que la litofacies II representada por roca híbrida, arenisca carbonática y limolita corresponde con la quimiofacies 2 donde se presentan los mayores valores de SiO₂ y los menores valores de CaO.

5.2.6. Discusiones

En general se presenta una relación directa entre elementos presentes, por ejemplo el porcentaje de SiO₂ es inversamente proporcional al de CaO, es por esto que se introducen los gráficos de estos elementos por ser los mayoritarios.

En todas las facies el porcentaje de Fe₂O_{3T} es mayor al del MnO lo que indica una mayor tendencia a un ambiente oxidante, siendo la geometría de la distribución asimétrica y con dispersión, lo que indica que el valor de estos elementos no es constante. El TiO₂ se asocia generalmente a una fuente ígnea es por esto que su presencia se asocia a la sección siliciclástica, si se observan los diagramas correspondientes a este compuesto para cada sección se notará que presenta mayor distribución en las facies clásticas, así mismo comparativo entre las dos áreas se tiene que se presenta en mayor proporción en la región de Riecito.

La interpretación de los perfiles geoquímicos se vió afectada por la diferencia del número de muestra puesto que en Macuere se tienen datos puntuales para cada capa levantada, siendo este valor representativo para esta capa puntual, mientras que en Riecito se tienen datos de muchas muestras por espesores considerables, tomándose el promedio de éstas para definir un valor por capa, lo que origina algo menos representativo de la capa representada. Además, esto condiciona que las curvas sean más pronunciadas en los perfiles de Macuere que en los de Riecito por lo que además, en Riecito se toman en cuenta los cambios de pendientes o puntos de inflexión así resulten poco prominentes.

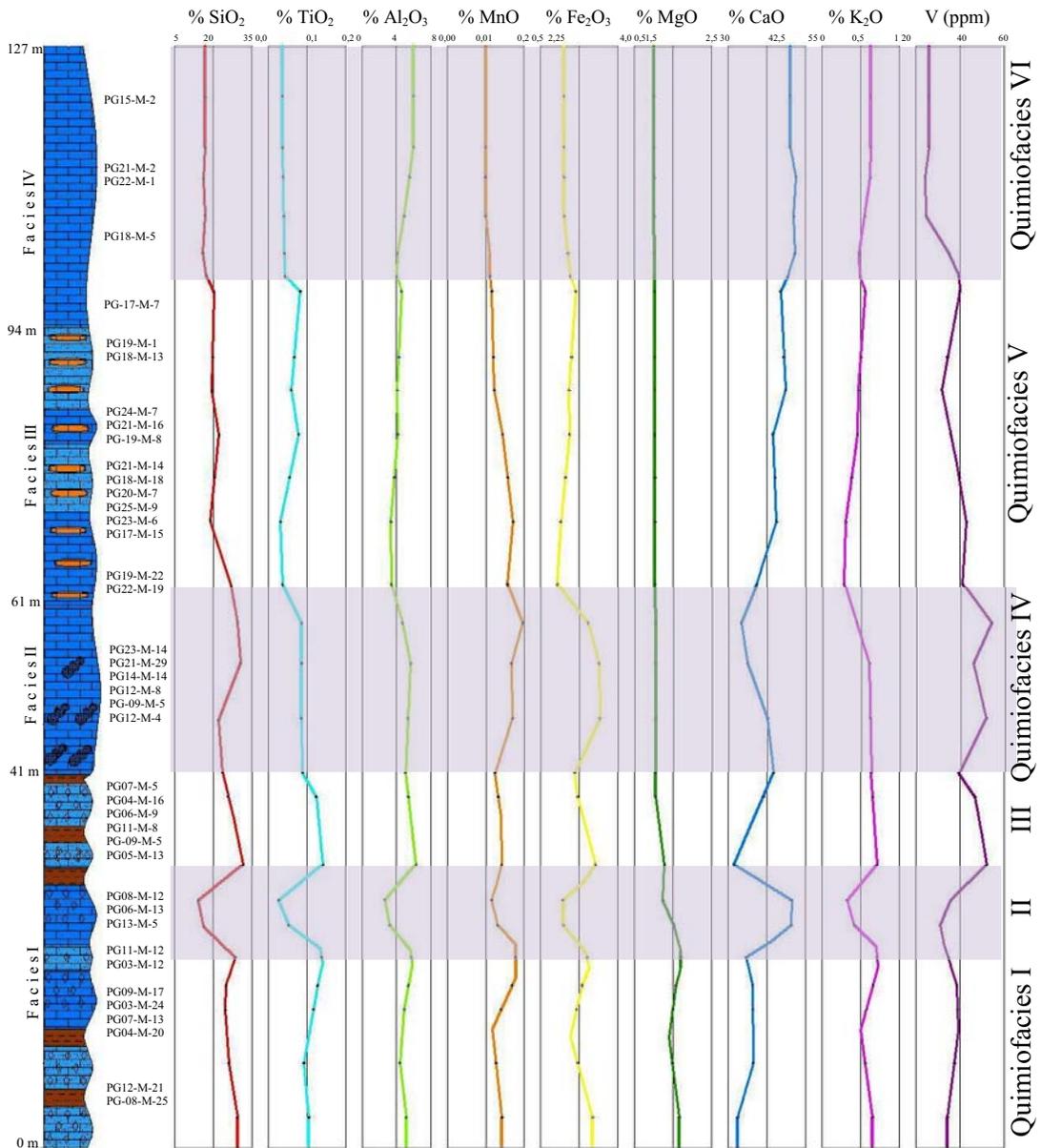


Figura 30. Perfiles que muestra la distribución de los compuestos en la columna generalizada de Riecito, estado Falcón.

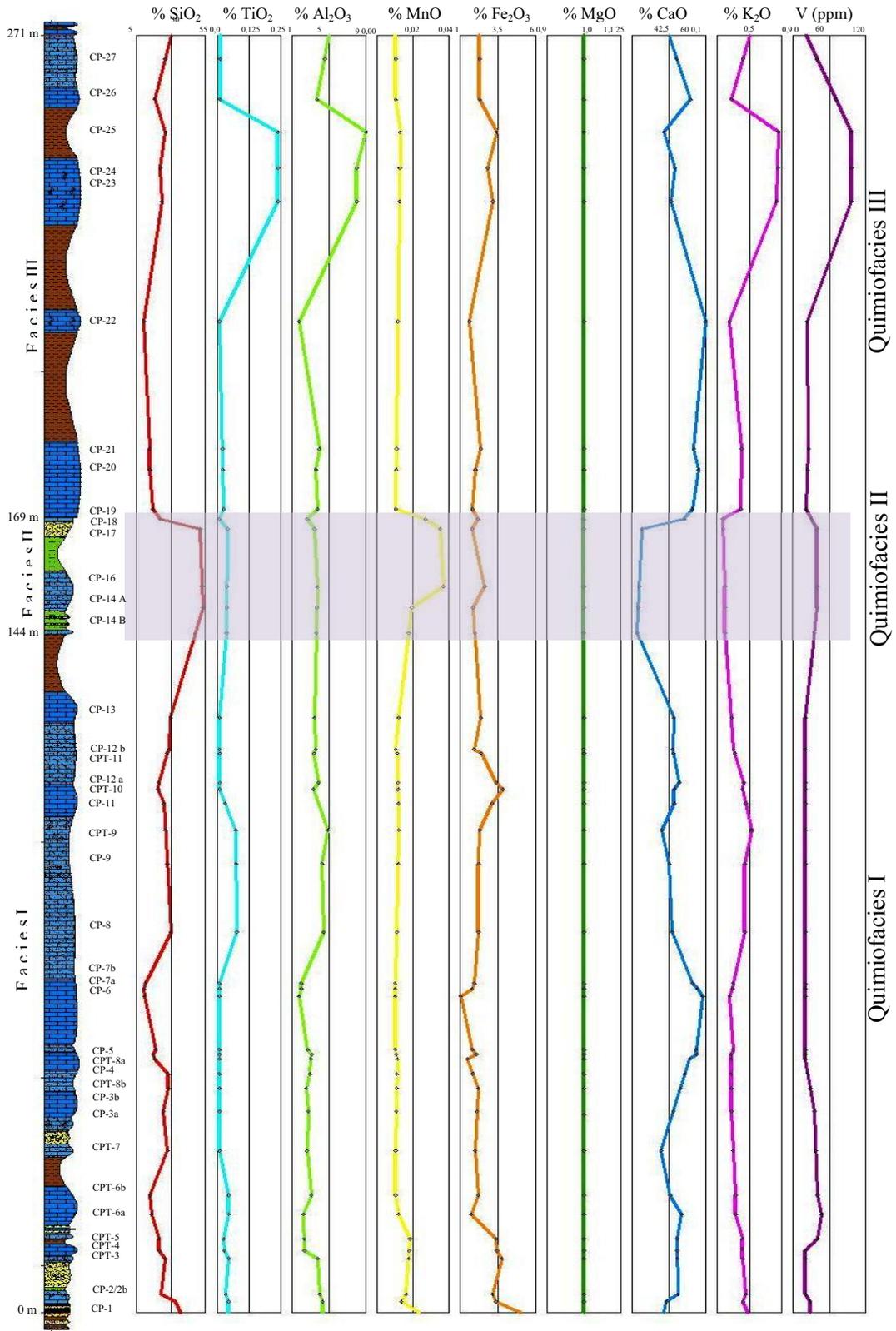


Figura 31. Perfiles que muestra la distribución de los compuestos en la columna generalizada de Macuere, estado Lara

5.3. Correlaciones

5.3.1. Macuere, estado Lara

En esta localidad se correlacionan la quebrada La Isla con las quebrada La Torta y Topeye tomando en cuenta tres criterios: 1. En ambas quebradas se observa la discondancia entre la Formación Capadare con la Formación Matatere; 2. En general los rumbos medidos son similares y según la literatura no hay deformación apreciable en el intermedio por lo tanto la proyección de algunas capas presentes en una de las quebradas coincide con capas de la otra quebrada teniéndose características litológicas similares y/o correlacionables (ver Figura 32); 3. La existencia de niveles asociadas a partir del estudio petrográfico de las muestras.

La columna correspondiente a cada quebrada, se muestran en el anexo 9.4.2, presentando las correlaciones a partir de niveles característicos, dando como resultado la columna estratigráfica generalizada de esta región.

La base de la Formación Capadare en la quebrada La Torta corresponde al conglomerado basal (muestras CPT-1 y CPT-2), correspondiente lateralmente con la capa basal de la secuencia expuesta en la quebrada La Isla descrita como un nivel con clastos tamaño grava y textura conglomerática. Además, las capas representadas por las muestras CPT-8A (caliza lodosa (wackstone)), CPT-10 (caliza lodosa (wackstone)) y CPT-11 (caliza aloquímica arenosa) en la quebrada La Torta, corresponden con las capas representadas por las muestras CP-4 (caliza lodosa (wackstone)), CP-12 A y CP-12 B (caliza aloquímica arenosa) en la quebrada La Isla. Ver figuras de la 33 a la 35.

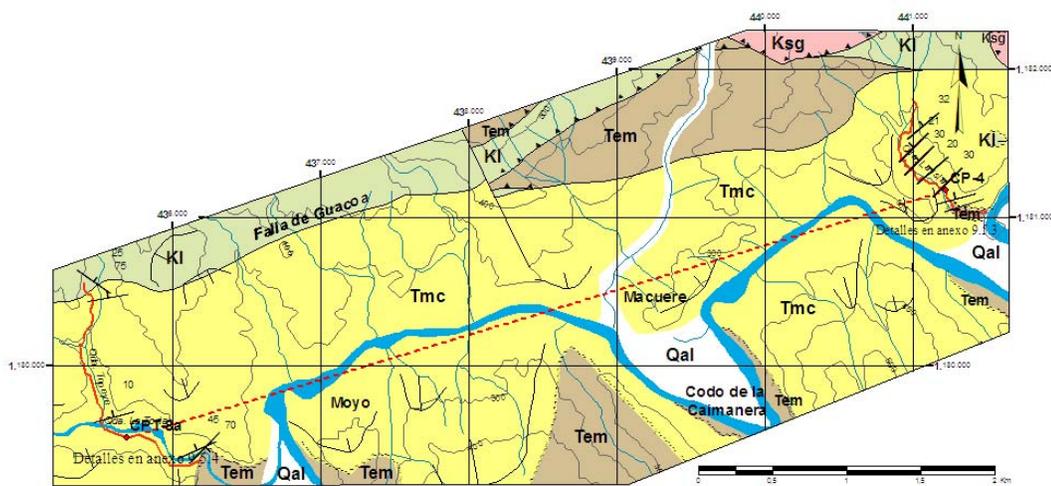


Figura 31. Correlación de las quebradas La Isla y Topeye con quebrada La Isla, la línea punteada representa la proyección de una de las capas guías (CPT-8 a y CP-4) en Anexo 9.5.2.

El criterio principal para realizar la correlación fue el contacto discordante entre la Formación Capadare y la Formación Matatere. Los niveles característicos establecidos coincidieron al comparar las secciones levantadas en cada quebrada a partir del conglomerado basal, apoyando y corroborando la correlación establecida. Sin embargo, se encontró una capa que al realizar la correlación no coincidieron las descripciones litológicas en ambas quebradas, asumiéndose en este caso como variación lateral transicional. Finalmente, la sección levantada en las quebradas La Torta y Topeye se encuentra incluida en la levantada en la quebrada La isla.

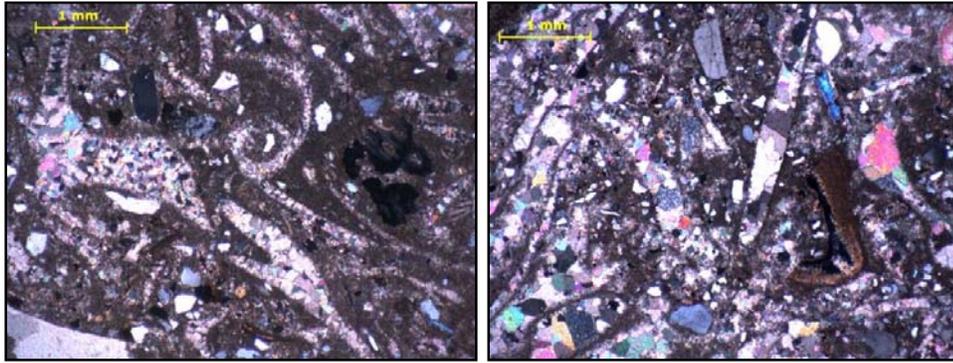


Figura 32. Fotomicrografías de las muestras: la izquierda CPT-8 A y a la derecha la muestra CP-4

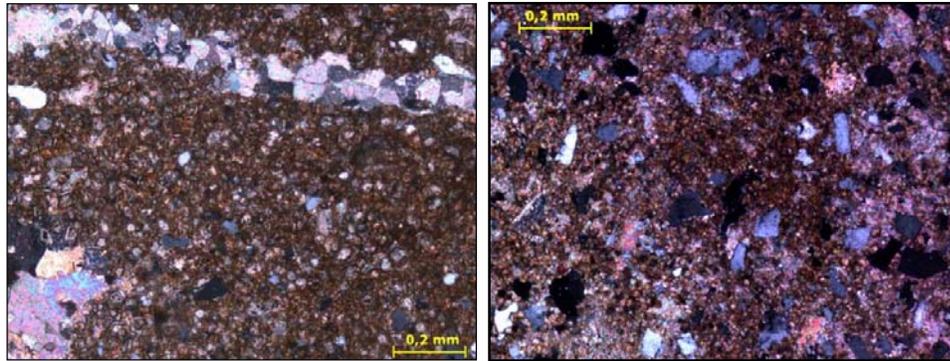


Figura 33. Fotomicrografías de las muestras: a la izquierda CPT-10 A y a la derecha CP-12 A.

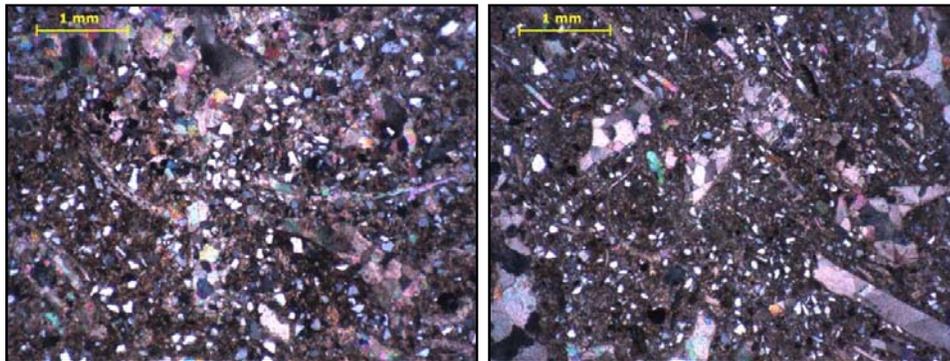


Figura 34. Fotomicrografías de las muestras: la izquierda CPT-11 y a la derecha CP-12 B.

5.3.2. Riecito, estado Falcón

El criterio aplicado para correlacionar esta sección fue diferente al anterior puesto que se estaba trabajando en base a perforaciones y no directamente con un levantamiento de campo.

El Anexo 9.5.6 correspondiente al mapa a escala 1:5.000 del cerro Riecito, presenta la ubicación de las perforaciones, las cuales localizan en una franja de orientación aproximada oeste-este, por lo tanto es a través de esta dirección que se seleccionaron las perforaciones para realizar dos líneas o perfiles de correlación, una con las perforaciones ubicadas más al sur (PG: 09, 10, 08, 11, 12, 13, 14, 19, 15, 21), y otra con las perforaciones ubicadas más al norte (PG: 07, 05, 06, 04, 03, 20, 22, 23, 25, 24, 18). Posteriormente estos se correlacionaron entre sí para controlar la disposición espacial de la litología.

El Anexo 9.4.1, muestra ambas correlaciones, las cuales presentan dos particularidades: 1. al oeste presentan concentración de rocas híbrida, presencia de dolomitización y bajo contenido de organismos fósiles; 2. al este disminuyen las rocas híbridas predominando las carbonáticas, no se observa dolomitización sino fosfatización y aumenta la presencia de organismos fósiles.

Además, se identificó un nivel caracterizado por la concentración en foraminífero béntico *Miogypsina sp.* Esta capa fue el criterio principal para establecer correspondencia entre las perforaciones seleccionadas para la correlación norte, sur y entre ambas, junto con las capas fosfatizadas y espesores de lutita.

A partir de esta información se realizó la columna generalizada de la sección. Ver Anexo 9.4.3.

En el Apéndice 8.4: Observaciones petrográficas, se muestran una serie de fotomicrografías con las muestras más representativas de cada facies definida a partir de lo anterior.

5.4. Esquema de sedimentación asociado a las facies litológicas descritas

La reconstrucción del proceso de sedimentación se realiza a partir de las facies litológicas descritas en el capítulo de geología local de ambas zonas. Para comprender mejor lo que se expresa abajo, ver Anexo 9.4: Columnas estratigráficas.

En Riecito, estado Falcón la metodología para la obtención de muestras fue la realización de perforaciones, permitiendo un manejo areal o espacial de la zona, creando facilidad para plantear un esquema de sedimentación para la depositación de la Formación Capadare en esta región. Por su parte, lo obtenido en Macuere, estado Lara, puede ser ajustado de acuerdo a las facies definidas a partir de la litología de esta zona al esquema mencionado de Riecito, estado Falcón. Es importante aclarar que no se maneja la variable tiempo, por ello, no se puede plantear como un modelo y hablar de depositación simultánea de ambas localidades.

Al plantear el esquema, para facilitar la comprensión, se utilizaran las nomenclaturas I, II, III y IV, seguidas de “(r)” para cada facies de Riecito y análogamente, las nomenclaturas I, II y III, seguidas de“(m)” para cada facies de Macuere.

Inicialmente la depositación de la litología de Riecito, se ubica en un ambiente detrás del arrecife, específicamente en la facies de laguna interna (proximal a la línea arrecifal), depositándose la facies litológica I (r) a una profundidad muy somera haciéndose propicias las condiciones para la depositación de carbonatos de mezcla debido a la variedad de ambiente y la influencia de las mareas intercalados con carbonatos predominantemente caliza lodosa (wackstone) y lodolita carbonática (mudstone) por el alto contenido de lodo carbonático. Algunos niveles presentan dolomitas, evidenciando la existencia además de lagunas restringidas donde las condiciones son favorables para la formación de éstas. En esta etapa la depositación de Macuere se da en el mismo ambiente (laguna interna pero proximal a la línea de costa), depositándose la parte inicial de la facies I (m), con características litológicas similares a las descritas en la primera parte pero con más presencia clástica. Ver Figura 36.

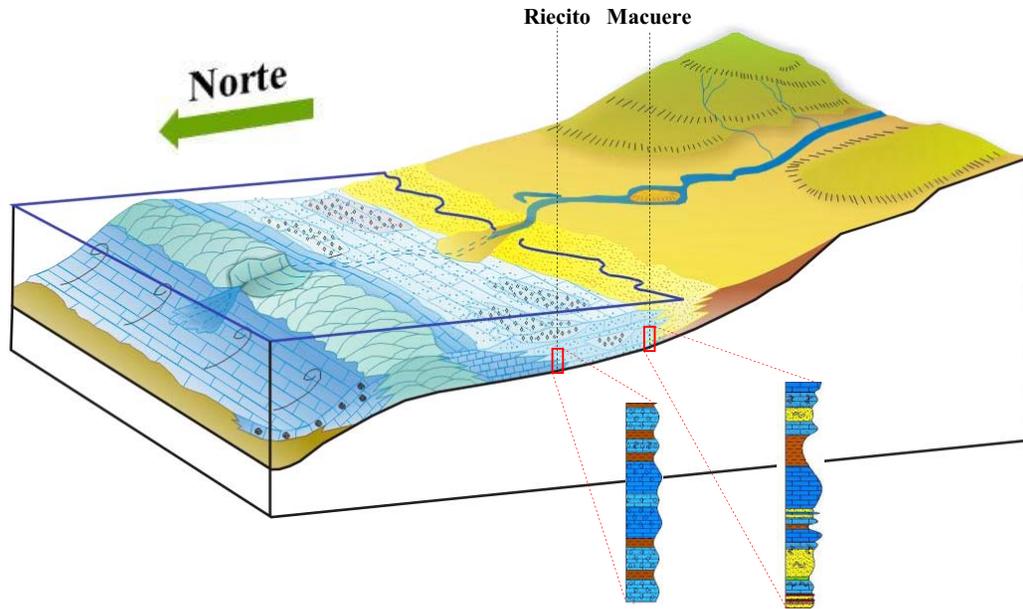


Figura 35. Bloque diagramático de la primera etapa de sedimentación. Sin escala.

Posteriormente la línea del nivel del mar aumenta ubicando la zona de deposición en un ambiente de margen de plataforma, muy cercana a la zona arrecifal permitiendo en la región de Riecito la depositación de caliza lodogranular (packstone) y caliza lodosa (wackstone) con abundancia de algas coralinas (rojas) y foraminíferos bentónicos seriados, uniseriados y tipo *Miogypsina sp.*, además de algunos moluscos de la Facies II (r). Mientras tanto, la zona de Macuere sigue con la depositación de la parte superior de la Facies I (m) en el mismo ambiente de laguna interna pero presenta menos presencia clástica que en la parte basal de esta facies. Ver Figura 37.

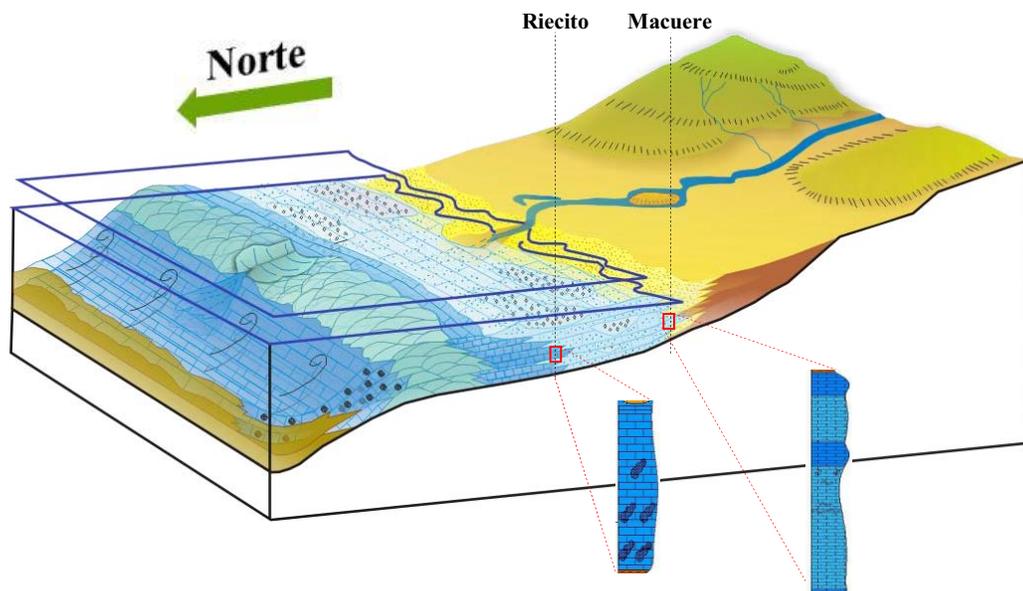


Figura 36. Bloque diagramático de la segunda etapa de sedimentación. Sin escala.

Luego el nivel del mar asciende lo suficiente para ubicar el proceso de depositación de Riecito en una zona detrás del arrecife, en el cual los flujos de extraclásticos alimentados por los ríos que entran al mar generan en el arrecife una zona vulnerable al paso de aguas marinas ricas en nutrientes que sumado a la percolación de fluidos también concentrados en nutrientes provenientes del guano de aves en el carbonato ocasionan procesos de fosfatización con geometría lenticular, como lo observado en la *Facies III (r)* tanto en rocas híbridas como en carbonatos. Durante esta transgresión y debido a la configuración de la cuenca, en Macuere se hace notable la presencia extraclástica, ubicándose en una zona de ambiente cercano a la línea de costa, permitiendo la depositación de la *Facies II (m)*. Ver Figura 38.

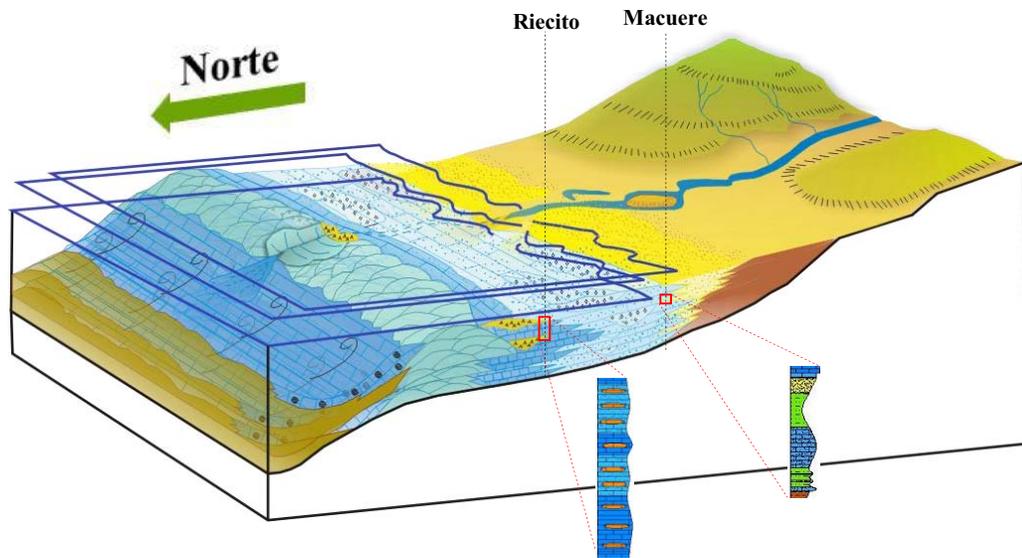


Figura 37. Bloque diagramático de la tercera etapa de sedimentación. Sin escala.

Finalmente vuelve a subir el nivel del mar, de tal manera que la región de Riecito queda ubicada en la zona delante del arrecife, donde es común encontrar zonas de tormentas que permiten la coexistencia de foraminíferos bénticos y foraminíferos plácticos en litologías de roca carbonática tipo caliza lodosa (wackstone) y caliza lodogranular (packstone), lo cual está representado en la *Facies IV (r)*. En Macuere, por su parte, esta subida de la línea de costa, permite que la depositación se genere en un ambiente detrás del arrecife en la primera parte de la *Facies III (m)*, donde permitiendo la depositación de carbonatos limpios, principalmente caliza lodogranular (packstone) y caliza lodosa (wackstone) con abundancia de algas coralinas (rojas) y foraminíferos bentónicos seriados, uniseriados y *Miogypsina sp*, además de algunos moluscos, y

delante el arrecife en la parte final de esta misma facies donde se observan ya foraminíferos plácticos junto a foraminíferos bénticos típico de este ambiente. Es importante aclarar, que se habla de un ambiente inicial y uno final para la *Facies III* (m), asumiendo que la transgresión continuo, permitiendo que esto sucediera. En la región de Riecito no hay evidencia por encima de la sección observada, se asume que fue ya erosionada, sin embargo, se observa una profundización de la cuenca en la sección observada donde en la parte inicial de la *Facies IV* (r) presenta fragmentos de moluscos, mientras que en la parte final ya hay ausencia de estos. Ver Figura 39.

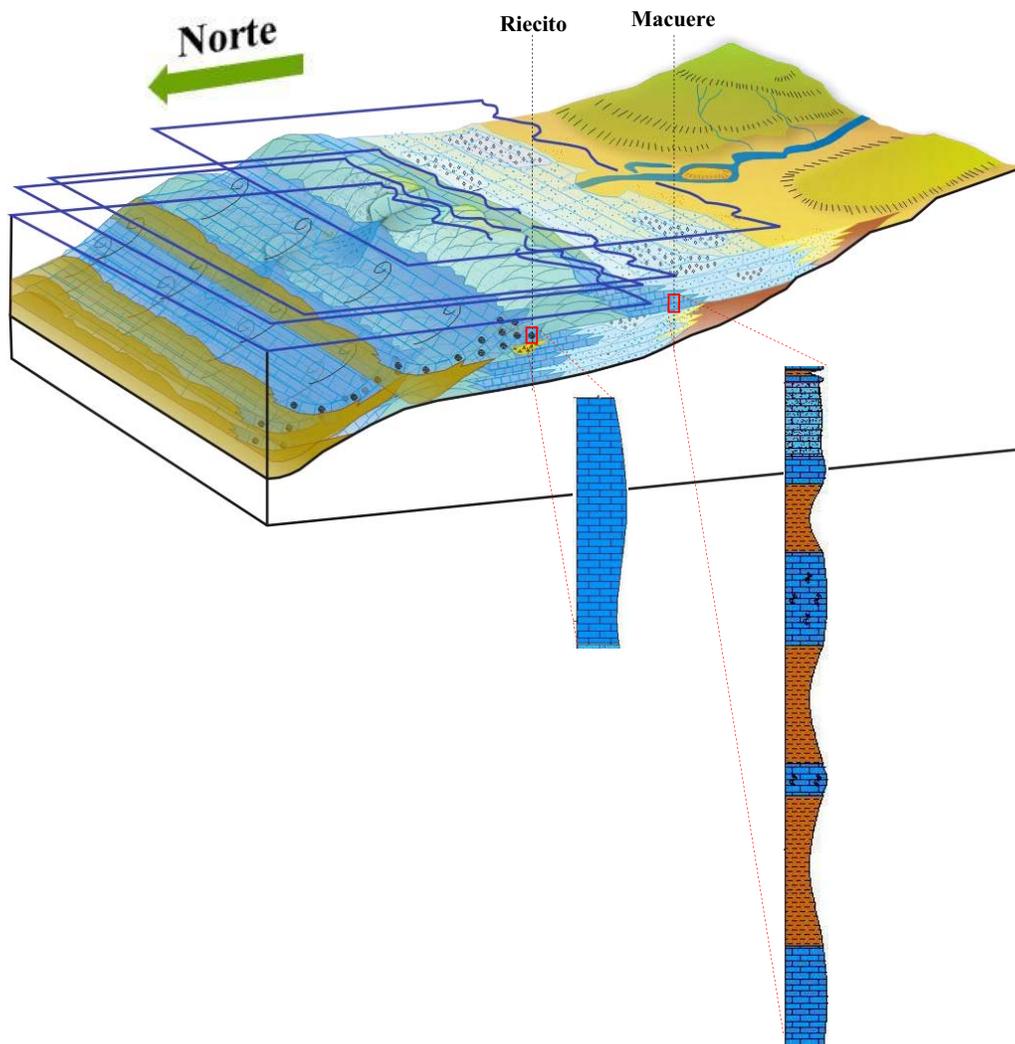


Figura 38. Bloque diagramático de la cuarta etapa de sedimentación. Sin escala

5.5. Diagénesis

5.5.1. Generalidades:

La variación en las etapas diagenéticas y cementación en los carbonatos están relacionados con los diversos ambientes diagenéticos y con procesos de soterramiento para cada ambiente.

“Los ambientes diagenéticos son las áreas en las cuales la diagénesis desarrolla procesos específicos de disolución, cementación y formación de minerales. Los ambientes diagenéticos se pueden dividir en tres grandes grupos: terrestres, marinos y del subsuelo. Los ambientes terrestres están formados por la zona vadosa y freática. Los marinos incluyen las zonas someras y profundas. Las zonas someras representan las áreas superficiales de agua profundas y las zonas freáticas de influencia marina. Los ambientes diagenéticos del subsuelo indican las áreas de soterramiento no influenciadas directamente por los procesos superficiales o por las zonas freáticas marinas o meteóricas” MÉNDEZ, 2009.

En base en lo anterior es necesario establecer la descripción diagenética de acuerdo a las facies establecidas en cada localidad puesto que las mismas obedecen a diferentes ambientes de depositación.

De acuerdo al esquema paleogeográfico los ambientes de depositación asociados a las facies fueron: laguna restringida proximal al plano arrecifal, laguna restringida proximal a la línea de costa y plano arrecifal en la localidad de Macuere y laguna restringida proximal al plano arrecifal, plano arrecifal y arrecife exterior en la localidad de Riecito, ubicando las zonas estudiadas en un ambiente diagenético inicial “marino” específicamente en zonas someras con influencia de aguas profundas. Sin embargo, la depositación inicial fue afectada por variaciones en el nivel del mar y los estratos más profundos por carga litostática lo que indica que existió una afectación por agentes superficiales como por el soterramiento.

Tal como puede observarse en las tablas de resultados petrográficos de Macuere en los **Anexo 9.1**, a pesar de que se le estimó una etapa diagenética a cada muestra analizada de acuerdo a las características puntuales observadas, esto puede variar de acuerdo a diferentes factores, por lo que se presenta una descripción generalizada para cada facies.

5.5.2. Macuere, estado Lara

La *Facies I* ha sido afectada por dos ambientes diagenéticos, el inicial correspondiente a una diagénesis submarina de aguas someras asociado a la identificación de los organismos y procesos propios del ambiente y un ambiente diagenético de subsuelo incipiente, respondiendo a un factor físico (soterramiento) evidenciado por la presencia de superficie estilolítica (ver Fig. 40).

En las muestras correspondientes a esta facies la textura del cemento que más prevalece es el equigranular o mosaico aunque el isópaco y sintaxial también está presente, en las fotomicrografías 11; 23; 28; 43; 60; 65 del Apéndice III pueden observarse ejemplos. Dicho cemento en parte es producto de la recristalización de lodo carbonático lo que indica que las condiciones iniciales han sido cambiadas.

En las muestras CPT-6B y CPT-8B se observan las microestilolitas por lo tanto es una evidencia bastante confiable de la afectación de la facies por carga litoestática siendo esto acorde por ser la facies más profunda, así mismo la microestilolita está indicando que hubo disolución (ver Fig. 40). La presencia de vetillas indica que algunos fluidos penetraron e incluso estos afectaron en la disolución, ocasionando una porosidad secundaria.

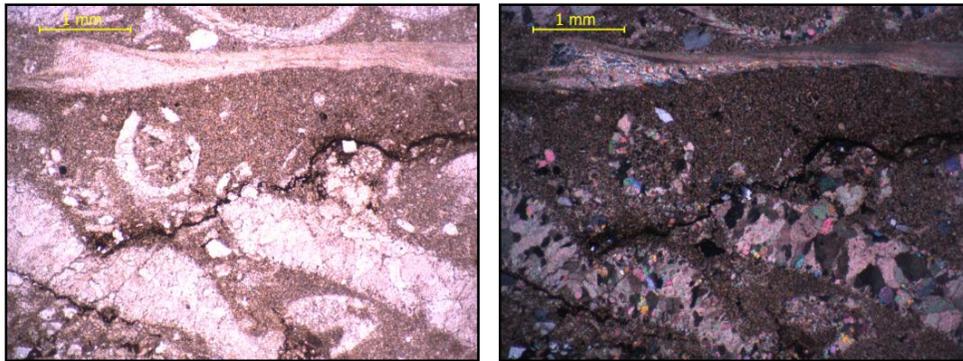


Figura 39. Micrografía de la muestra CPT-6B, en la cual puede observarse tanto un superficie estilolítica y fragmentos de molusco con inversión tanto homoaxial y heteroaxial

Algunos horizontes como el correspondiente a la muestra CPT-7, presenta porcentajes considerable de moscovita y la misma se encuentra coexistiendo con minerales de arcilla, además de presentar cierta deformación producto de soterramiento (compactación), ver Figura 41.

Sumando las evidencias suministradas anteriormente puede ubicarse esta facies a una **diagénesis intermedia a tardía**.

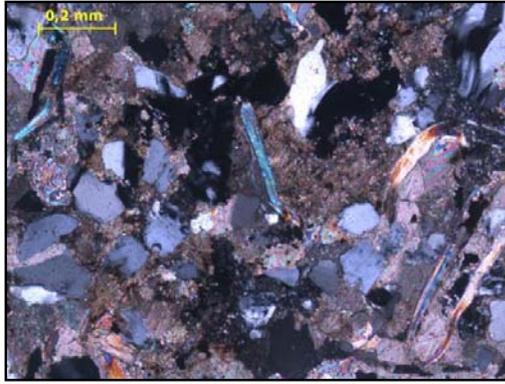


Figura 41. Fotomicrografía de la muestra CPT-7, se observan fragmentos de moscovita coexistiendo con minerales de arcilla y deformación de granos ductiles deformación

La **Facies II**, presenta características similares a la anterior con la diferencia de no presentar estilolitas, en esta prevalece el cemento tamaño espato. Dentro de este grupo se incluye una muestra con características propias de diagénesis temprana a intermedia (muestra CP-15), esta pertenece a un “bolón” de caliza aloquímica arenosa que se encuentra dentro de la secuencia comprendida entre las muestras CP-14 A y CP-14 B

La **Facies III** mantiene las características propias de la **Facies II**, con eventuales procesos de reemplazo específicamente de sílice, glauconitización y fosfatización. En esta facies se localiza la única muestra con características propias de diagénesis temprana (CP-23A), dicha muestra se encuentra como un fragmento de lodosita carbonática (mudstone) dentro de uno de los estratos por lo que no es discriminatoria para asignar la etapa diagenética.

La identificación de neomorfismo homoaxial y heteroaxial en fragmentos de moluscos (predominando el segundo) descarta una diagénesis temprana pues se está generando una transformación de polimorfo del mismo mineral en este caso de Aragonito a Calcita, siendo el primer grupo mineral más inestable, esta característica puede observarse en toda la secuencia y en varios casos los fragmentos de moluscos con neomorfismo homoaxial corresponden a fragmentos de moluscos intraclásticos, es decir, depositados en la cuenca por lo que su condición no determina la etapa diagenética asociada, en la Figura 42 se presenta un ejemplo por facies en donde se observa como domina el neomorfismo heteroaxial.

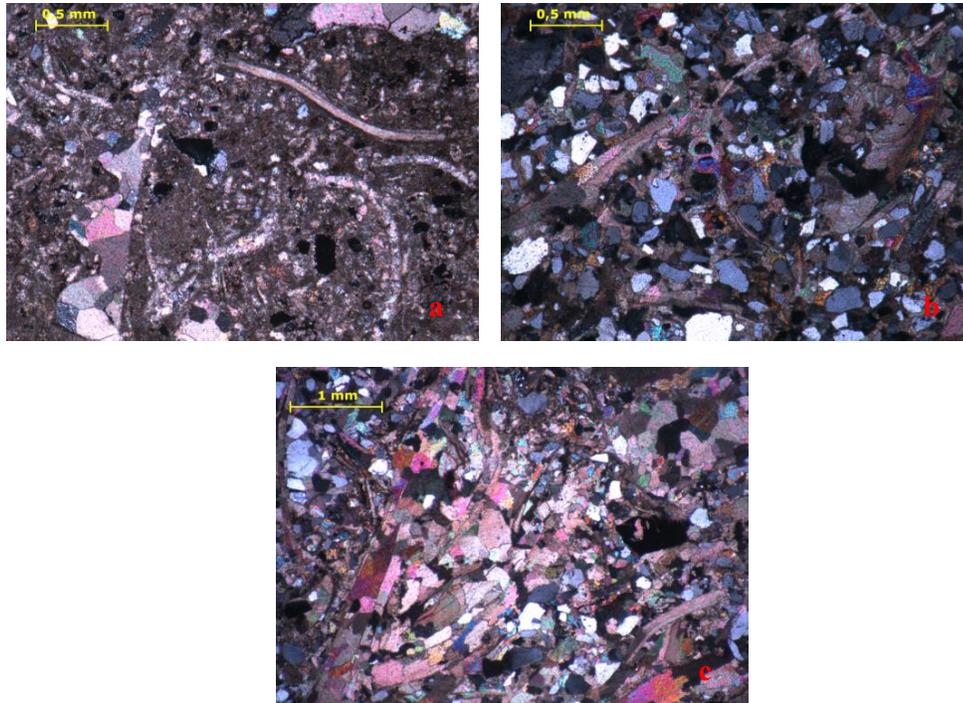


Figura 40. Petrografías en las cuales se observan fragmentos de molusco con inversión predominantemente heteroaxial: **a)** Muestra CP-6, Facies I **b)** Muestra CP-14 A, Facies II, **c)** Muestra CP-27, Facies III

Otro proceso resaltante y que se ha venido nombrando a lo largo desarrollo del trabajo es el proceso de dolomitización, el cual siempre se asocia a la presencia de micrita y de óxido, lo que indica que las mismas no son primarias, sino producto de efectos diagenéticos asociados a la penetración de fluidos enriquecidos en Mg y esto a su vez está íntimamente asociado a la disolución. El desarrollo de los cristales de dolomita es bastante completo con tamaños de 0,03 mm.

En general la secuencia completa presenta una etapa diagenética que va de **intermedia a ligeramente tardía**, afectada por procesos de disolución, reemplazo y cementación propia de un ambiente diagenético marino y de soterramiento en la facies más profunda, la ausencia del cemento menisco descarta un ambiente de diagénesis por exposición. La presencia de los poliquetos indica una acción orgánica en sustrato duro que ya estaba cementado al momento de actuar los organismos.

A lo largo de toda la secuencia se encuentran espesores considerables de lutitas, mucho mayores en la *Facies III*, estos influyen en varios factores en la etapa diagenética de las rocas más resistentes puesto que pueden: a) actuar como “colchón” que de cierta forma inhibe el efecto del soterramiento en horizontes aislados, b) expulsar fluidos al momento de la compactación que pueden penetrar tanto a los estratos superiores como

los inferiores, generando disolución y a la vez cambios importantes en la cementación y reemplazo de facies minerales.

En la *Facies I* y *III* se realizó el análisis de arcillas (< 2 micras) de las muestras CP-13 y CP-25 respectivamente a través del método de Difracción de Rayos X, ambas arrojaron un interstratificado de Clorita - Esmectita (Cl/Sm) + Clorita (Cl), interstratificado Illita – Esmectita (I/Sm) + Illita y Cuarzo (Qz), esto puede observarse en la Figura 43. La presencia de estos minerales indica que el ambiente diagenético pudo ser enriquecido en Mg y K y los mismos sustenta la etapa diagenética establecida (intermedia a tardía).

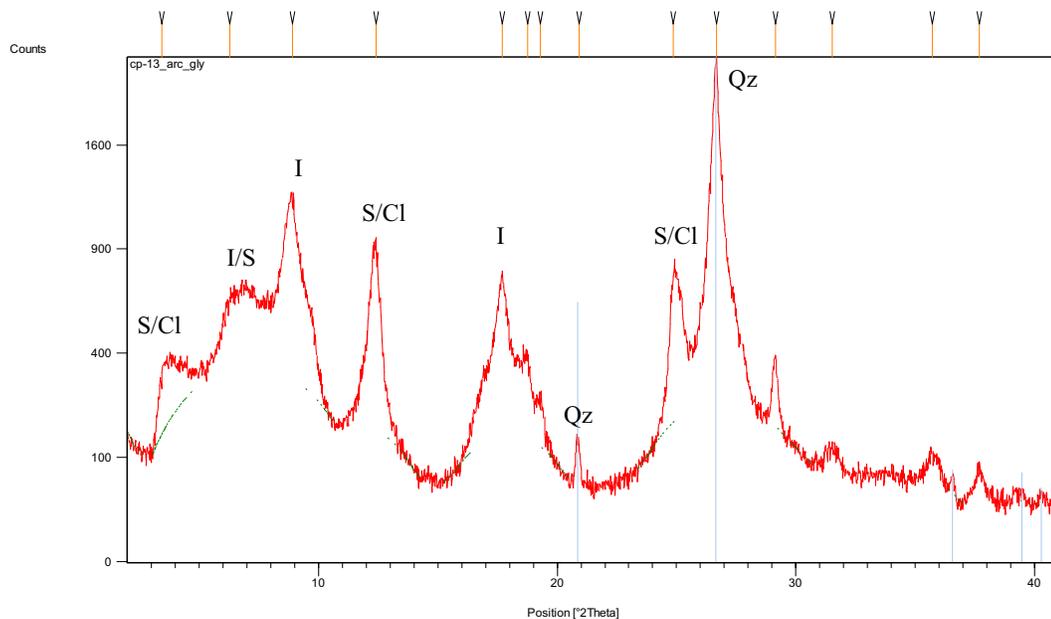


Figura 41. . Gráfico de la muestra CP-13 en donde se observan los resultados del análisis de arcilla a través de DRX.

5.5.3. Riecito, estado Falcón

En esta sección igualmente se encuentran indicios de un ambiente diagenético marino para condiciones iniciales de depositación y tal como ocurre en la sección anterior se tienen evidencias de los efectos de la carga litostática a través de la presencia de microfallas que afectan tanto a fragmentos de moluscos o vetillas de cemento tipo espato (ver Fig. 44). A continuación se describe de base a tope:

La *Facies I* es la que presenta mayor afectación, y esto obedece al hecho de encontrarse a la base de la secuencia y sosteniendo el resto de la misma, aunque la *Facies III* también presenta características similares, observar en la Figura 44. A través de dichas fracturas se observa desplazamiento, sumado a esto se identificó una

microestilolita en la muestra PG07-M-13 perteneciente a la *Facies I* (ver Fig. 45) la cual afecta a un fragmento de molusco, esto indica que a lo largo de toda la secuencia se presenta la afectación de la carga litoestática.

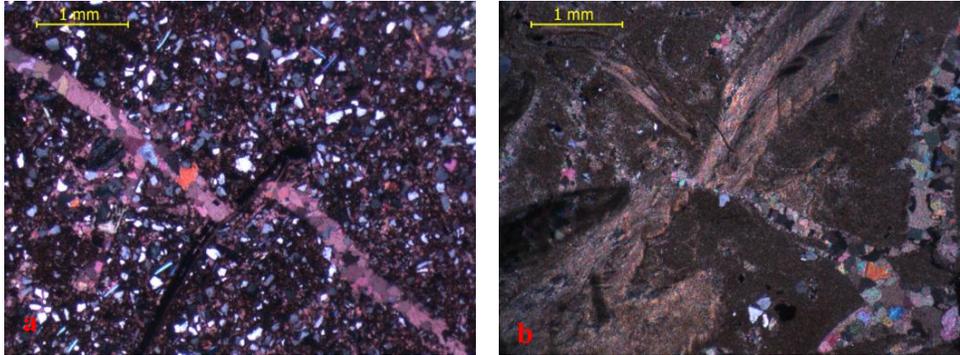


Figura 42. Fotomicrografías en las cuales se observan microfalla, nótese el desplazamiento que se genera, a) Muestra PG05-M-10 la microfalla se genera en una vetilla de cemento (*Facies I*), b) PG19-M-8, la microfalla se produce a través de un fragmento de molusco (*Facies III*).

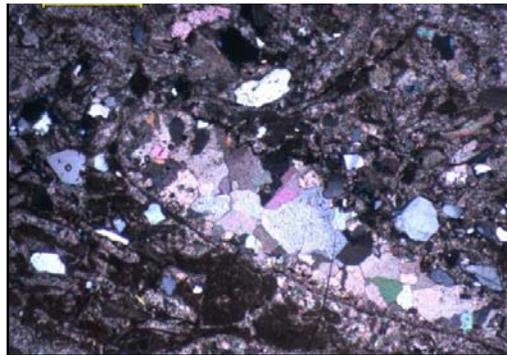


Figura 43. Fotomicrografía de la muestra PG07-M-13 (*Facies I*), se observa un fragmento de molusco con una superficie de microestilolita.

Recordando que esta facies presenta un porcentaje considerable de extraclásticos, estos suministran información de estadio diagenético, por ejemplo la deformación de granos dúctiles (moscovita) indica compactación, además de la evidente alteración de la misma a minerales de arcilla principalmente Illita (ver Fig. 46), aunado a la alteración de feldespatos.

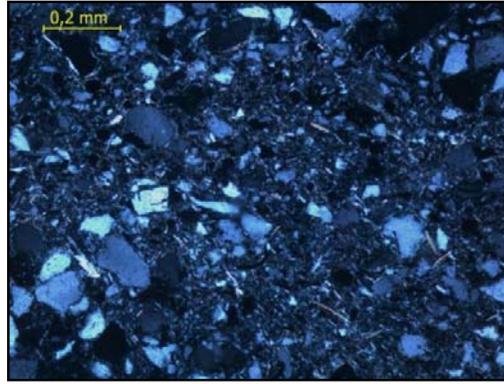


Figura 44. Fotomicrografía de la muestra PG08-M-25 en la cual puede observarse el alto contenido de Illita presente

Otra característica resaltante en esta facies es la presencia de dolomitas siendo estas producto de dos procesos: el primero como resultado de precipitación de las mismas en diagénesis temprana (dolomitización primaria), es decir, del momento mismo de la depositación estas se encuentran en menos proporción y el segundo el cual tiene más fuerza es por reemplazo gracias a la acción de fluidos ricos en Mg que sustituyen al calcio, esto se exhibe en crecimiento de cristales de dolomitas bien desarrollados.

En vista de lo expuesto, es decir, presencia de Illita, microestilolita, se puede asignar a esta facies una etapa diagenética *intermedia a tardía*.

La **Facies II** compuesta principalmente por carbonatos limpios y roca híbrida al tope presenta entre las características que definen etapa diagenética básicamente la disolución la cual se encuentra afectando el cemento y los fragmentos fósiles generando porosidad secundaria que indica una etapa diagenética algo avanzada, la cementación es bastante marcada y la presencia de textura radial indica una precipitación del mismo alrededor de los fragmentos de molusco por lo que es un proceso diagenético post depositacional.

En esta facies también se presentan horizontes de dolomitas producto del reemplazo (secundaria) por lo que también se vió afectada por la penetración de fluidos. Se le asigna una etapa diagenética de intermedia a tardía.

En la **Facies III** se encontró también una microfalla aunque un poco más tenue y no se identificó ninguna microestilolita, esto indica que la variación de la etapa diagenética con respecto a la **Facies I** es progresiva siendo mayor a la base pero sin llegar a cambios bruscos, por lo tanto puede asignarse una etapa de intermedia.

Una característica resaltante en esta etapa es la presencia de cemento de clorita en la muestra PG-25-M-9, la misma se encuentra en los intersticios y presentando un hábito acicular y cristalizando radialmente, ver Figura 47.

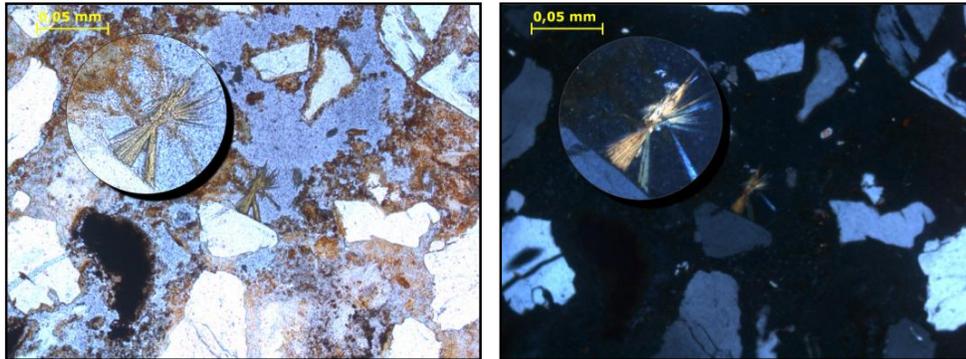


Figura 45. Muestra PG-25-M-9, clorita autigénica, a la izquierda nicoles paralelos, a la derecha nicoles cruzados.

La *Facies IV* es la más carbonática, presenta disolución marcada y el rasgo resaltante es la presencia de neomorfismo con inversión homoaxial y heteroaxial, dominando la segunda, esto es característico en los fósiles presentes en toda la sección, ver Figura 48.



Figura 46. Fotomicrografía de la muestra PG21-M-16, Facies II, en la cual se observan fragmentos de molusco con inversión homoaxial y heteroaxial.

A rasgos generales un rasgo importante observado en la sección siliciclástica es la disolución de las plagioclasas a través de sus planos de maclado, esto puede influenciar el enriquecimiento de los fluidos intersticiales en Ca o Na, sumado al producido por la alteración de Feldespato K lo que favorece a la cristalización de nuevas fases minerales como por ejemplo algunos “parches” de cemento de arcilla observados (ver Figura 49).

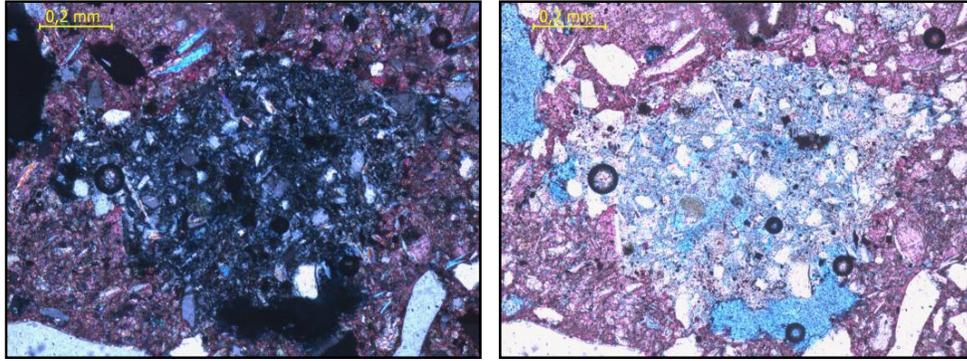


Figura 47. Micrografía de la muestra PG04-M-5, se observa un parche de cemento de Illita.

En relación a la presencia de lutita se tiene que la *Facies I* presenta la mayor concentración de la misma, y sus espesores son bastante pequeños (2 a 3 m), esto puede verificarse en el Anexo 9.4.3 Columna Generalizada de Riecito, es importante destacar que a diferencia de la sección anterior no fue posible estudiar la lutita por DRX pues no se tenía muestras de estas.

A rasgos generales la secuencia se le puede asignar una etapa diagenética de intermedia con leve tendencia a tardía.

5.5.4. Comparación entre las dos áreas

A continuación se presentan una serie de características semejantes y diferentes entre las secciones estudiadas:

- En ambas secciones la presencia de inversión principalmente heteroaxial están presentes afectando a los fragmentos de moluscos, lo que indica una diagénesis de intermedia a tardía.
- La disolución del cemento y la matriz es algo común a ambas secciones, lo que genera una porosidad secundaria, esto índice de diagénesis intermedia.
- En lo que se refiere a la presencia de minerales de arcilla observados en las petrografías se tiene que en Macuere por DRX en lutita se identificó interestratificado de Illita-esmectita, esmectita-clorita e Illita. En Riecito por su parte solo a partir de petrografías se identificó Illita y Clorita (ver Fig. 50).
- La presencia de cemento recristalizado (genéticamente pseudoespato) a partir de la matriz micrita presente en las muestras de ambas localidades, indica diagénesis intermedia y las estilolitas y microfallas diagénesis tardía.

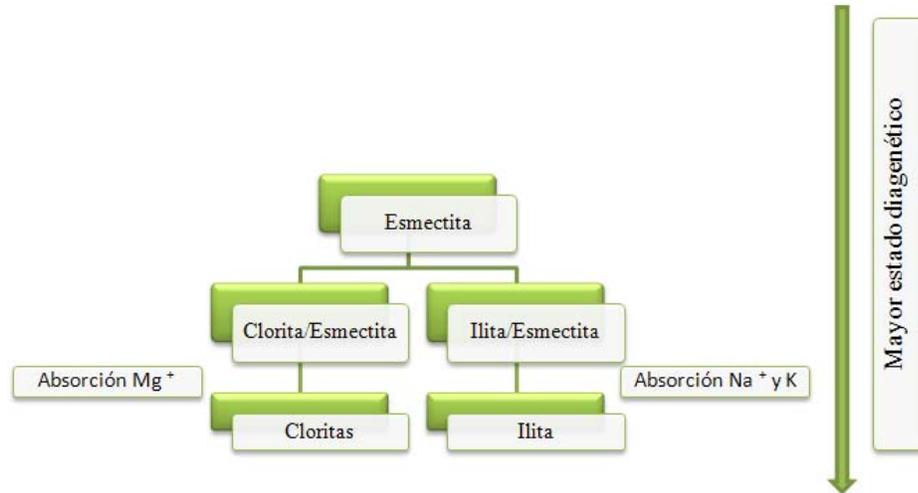


Figura 48. Esquema que muestra la transformación de arcillas

Dentro de este mismo punto es importante recalcar que los minerales de arcilla que se observan son el producto de la alteración de la fracción de micas estando presente en mayor proporción la moscovita aunque la biotita en menos proporción aparece, estas a su vez se encuentran en mayor proporción en Riecito, además de la presencia de fragmentos esquistos cuarzo micáceo que también aportan a la presencia de micas y por lo tanto de minerales de arcilla, es por esto que a nivel petrográfico fue posible encontrar mayor proporción de los mismos en Riecito.

- En Riecito hay mayor proporción de dolomitas esto obedece a que se le asignan dos posibles origen uno como dolomitas primaria y otro de dolomitas secundarias con mucho mayor intensidad y en Macuere solo se asocia al proceso de dolomitización.
- En ambas está presente el proceso de silisificación, fosfatización, piritización, lo que está indicando la circulación de fluidos que generan nuevas fases minerales.
- En ambas secciones se encontró evidencia de una diagénesis por soterramiento por la presencia de microfallas y microestilólitas.
- En Macuere hay mayores espesores de lutita y mas distribuido a lo largo de la sección lo que permite tener algunos horizontes con rasgos diagenéticos menos marcados, puesto estas actúan como “colchón” que amortiguan la carga litoestática, mientras que en Macuere la lutita está en menor proporción y la misma se concentran a la base esto también puede atribuirse a una de las causas de proponer en Riecito una etapa diagenética un poco más avanzada que en Macuere.

5.6. Procedencia

5.6.1. Generalidades

La Formación Capadare está compuesta principalmente por rocas carbonáticas y rocas híbridas, algunas de las últimas con porcentajes significativos de fragmentos clásticos, los cuales se asociarán a una posible fuente de aporte, para lo cual se plantearán en primer lugar asociaciones litológicas con rocas expuestas (fuente) para el momento de la depositación de la Formación Capadare y en segundo lugar, a partir del método de conteo modal propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979) y asociar estos extraclásticos a las áreas de aporte en términos de su ubicación en los diferentes marcos tectónicos. En ambos casos se trabajará en base a 15 muestras (cuatro de la localidad de Macuere, estado Lara y 11 de la localidad de Riecito, estado Falcón) que presentaron porcentajes de siliciclásticos mayores a 35%.

5.6.2. Asociación litológica

Las rocas híbridas que constituyen la Formación Capadare, presentan dentro de sus componentes siliciclásticos, en orden porcentual decreciente: cuarzo monocristalino y policristalino metamórfico, feldespato K (ortosa y microclino), fragmentos de rocas (chert, esquisto-cuarzo-micáceo, cuarcita), plagioclasa y moscovita. A continuación se presenta de manera general las características de cada uno de estos extraclásticos. Ver Figura 51.

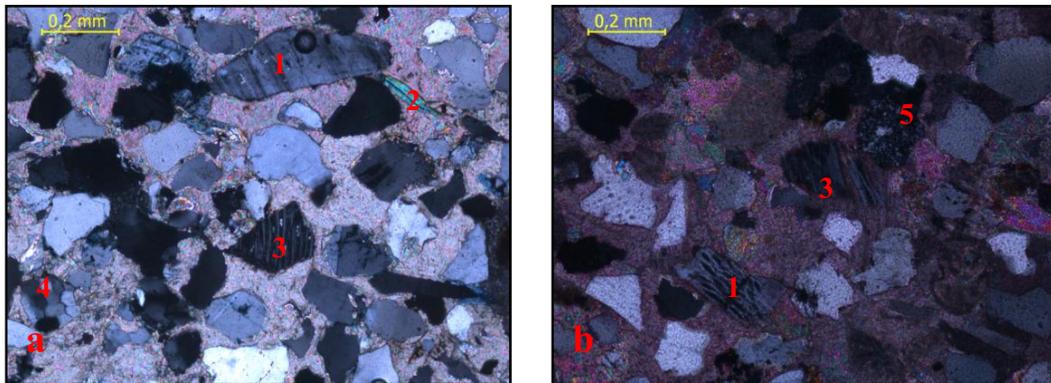


Figura 49 Figura X1. Fotomicrografías de las muestras: a) PG23-M-09 y b) CPT-7, donde se observa la variabilidad siliciclástica de las muestras de roca híbrida tanto en la localidad de Macuere, estado Lara como en la localidad de Riecito, estado Falcón: 1. Feldespato K; 2. Moscovita; 3. Plagioclasa; 4. Cuarzo policristalino; 5. Fragmento de chert

- Cuarzo monocristalino y policristalino metamórfico: representa entre el 15 y 30% del total de la muestra, se encuentra de sub-angular a sub-redondeado, bien preservado y de diámetros hasta 2 mm (en casos particulares más grandes), presentan extinción ondulatoria, bandeados en algunos casos y fracturados en otros. Ver Figura 52.

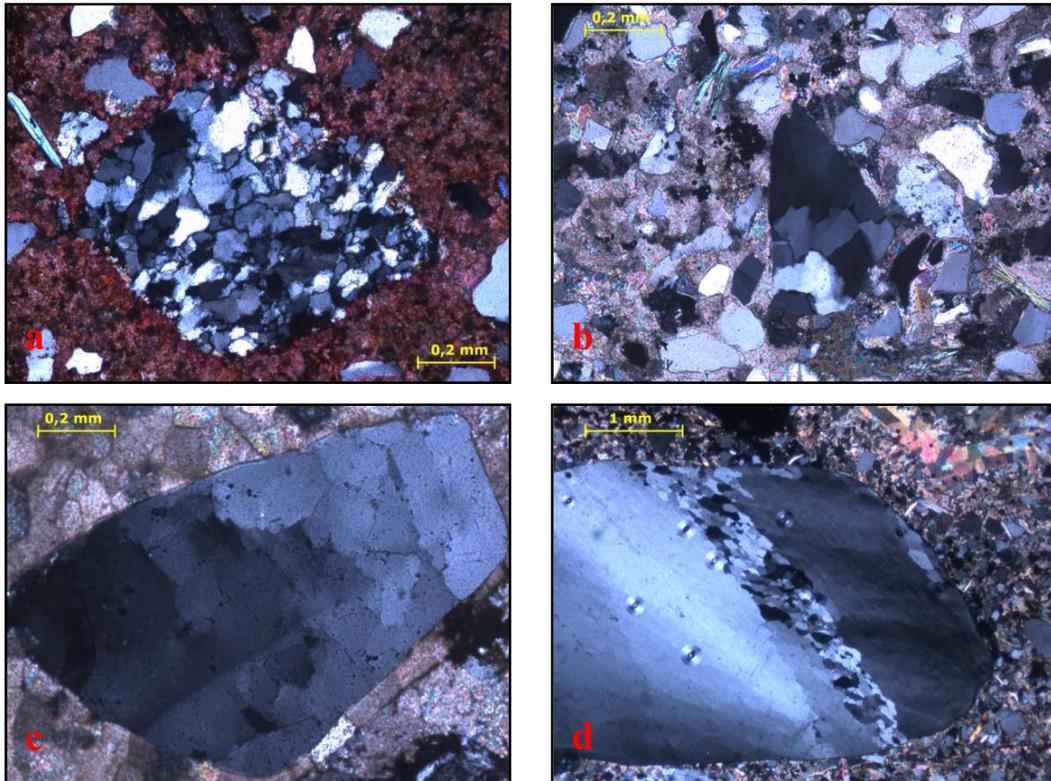


Figura 50. Fotomicrografías de las muestras: a) PG06-M-09, fragmento de cuarzo policristalino metamórfico; b) PG05-M-13, fragmento de cuarzo policristalino metamórfico; c) CPT-8b, cuarzo monocristalino metamórfico; d) PG11-M-17, cuarzo metamórfico bandeado

- Feldespato potásico: predomina tipo ortosa, pero hay ejemplares bien preservados de microclino con su típica textura tartán y diámetro de hasta 0,4 mm representa entre el 5 y 20% del total de la muestra, se encuentra sub-angular a angular, bien preservados en general pero en algunos casos alterando a sericita. Ver Figura 53.

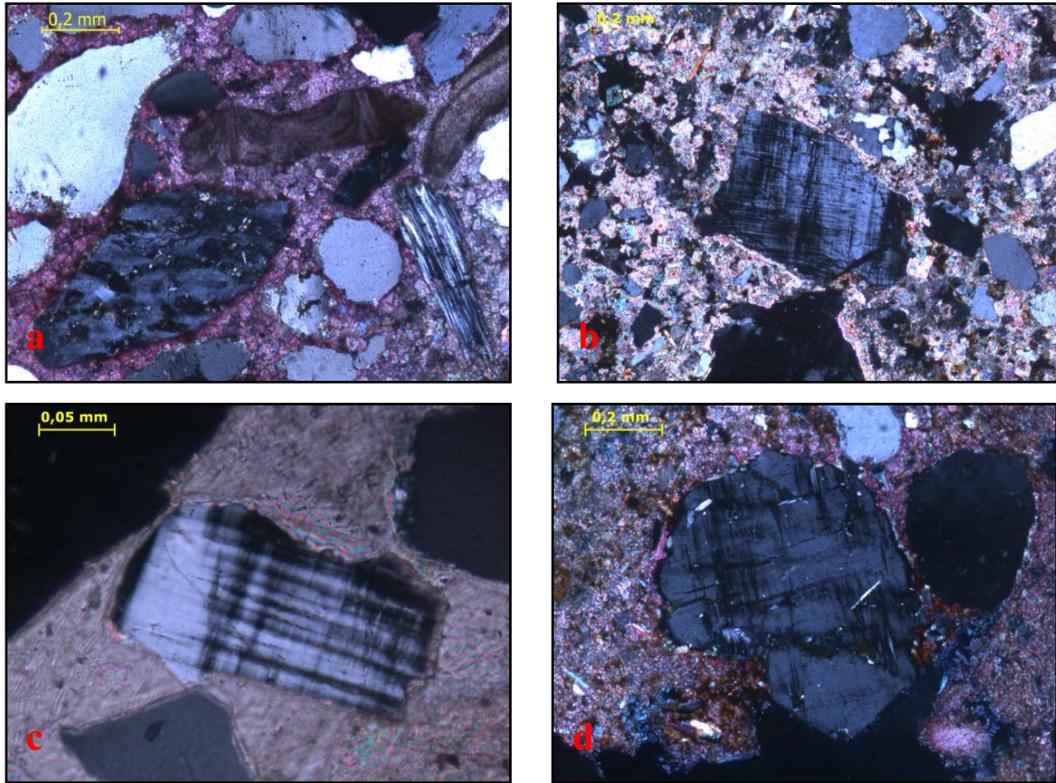


Figura 51. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de feldespato-k alterando a sericita; y b) PG03-M-12; c) CPT-7; d) PG04-M-16: fragmentos de microclino

- Fragmentos de roca: representan hasta 5% del total de la muestra, este porcentaje es principalmente de chert (ver Figura 54) y en menor proporción fragmentos de esquisto-cuarzo-micáceo (que llegan a representar hasta 1%), ver Figura 54. Los fragmentos de chert se encuentran bien preservados, de diámetro de hasta 0,4 mm y con morfología sub-redondeada a sub-angular, por su parte, los fragmentos de esquisto-cuarzo-micáceo se encuentran poco preservados, y con tamaños de hasta 0,2 mm y con morfología sub-angular (ver Figura 55).

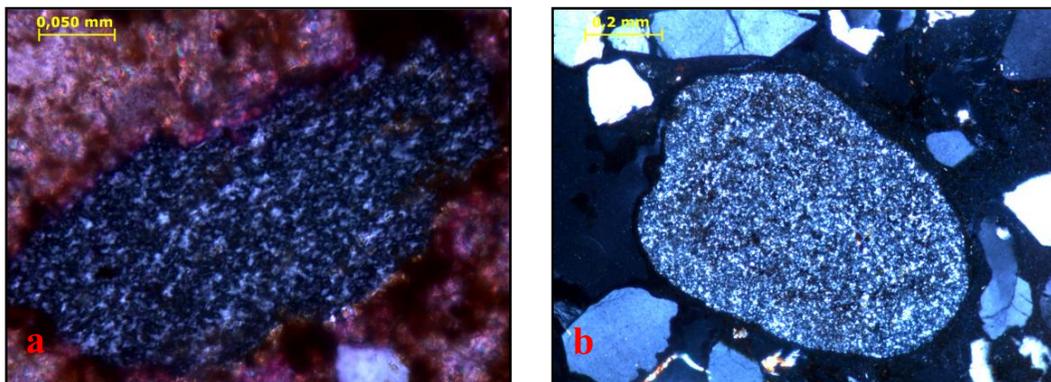


Figura 52. Fotomicrografías de las muestras a) CPT-8; b) PG25-M09. Fragmentos de Chert redondeados

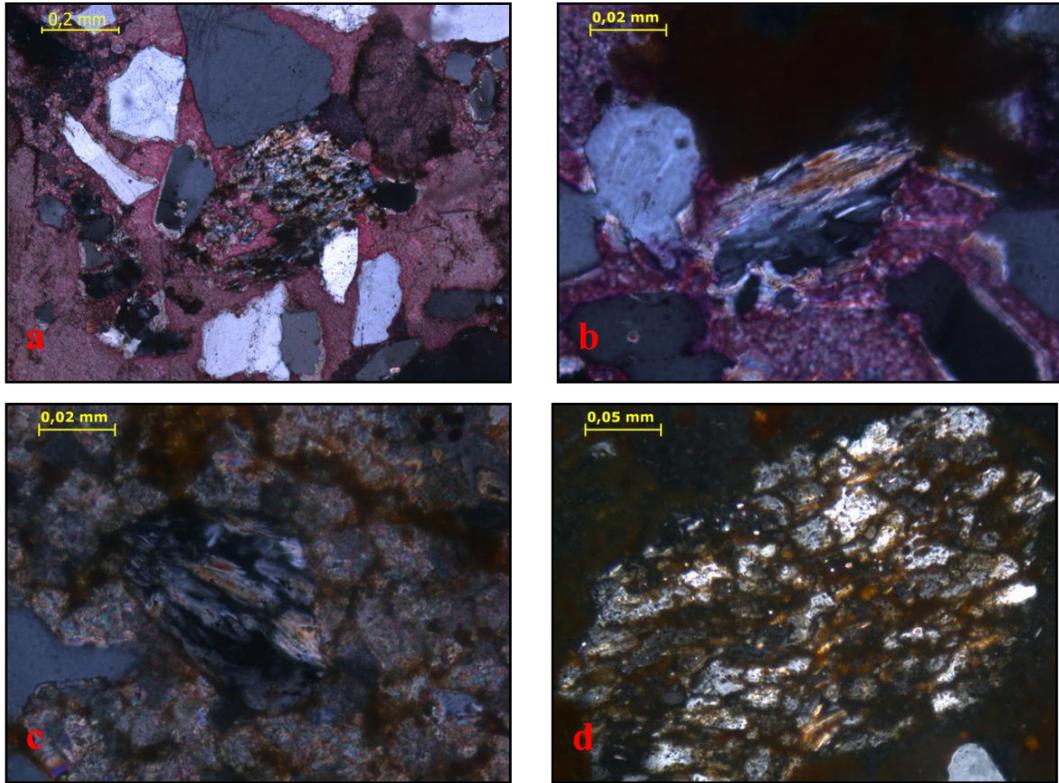


Figura 53. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de esquistocuarzo-micáceo poco preservado; b) CPT-9, fragmento de esquistocuarzo-micáceo bien preservado; c) PG05-M-09, fragmento de esquistocuarzo micáceo bien preservado; d) PG25-M-09, fragmento de esquistocuarzo micáceo poco preservado.

- Plagioclasas: representan hasta 2%, según los ángulos de maclado determinados para más de 10 ejemplares bien preservados son andesina (con maclado tipo albita en algunos casos y de penetración en otros), algunas se encontraban deformadas y/o fracturadas, otras con disolución a lo largo de sus planos de maclado y en algunos casos alterando a sericita, se presenta sub-angular a angular y de tamaño hasta 0,3 mm (ver Figura 56).

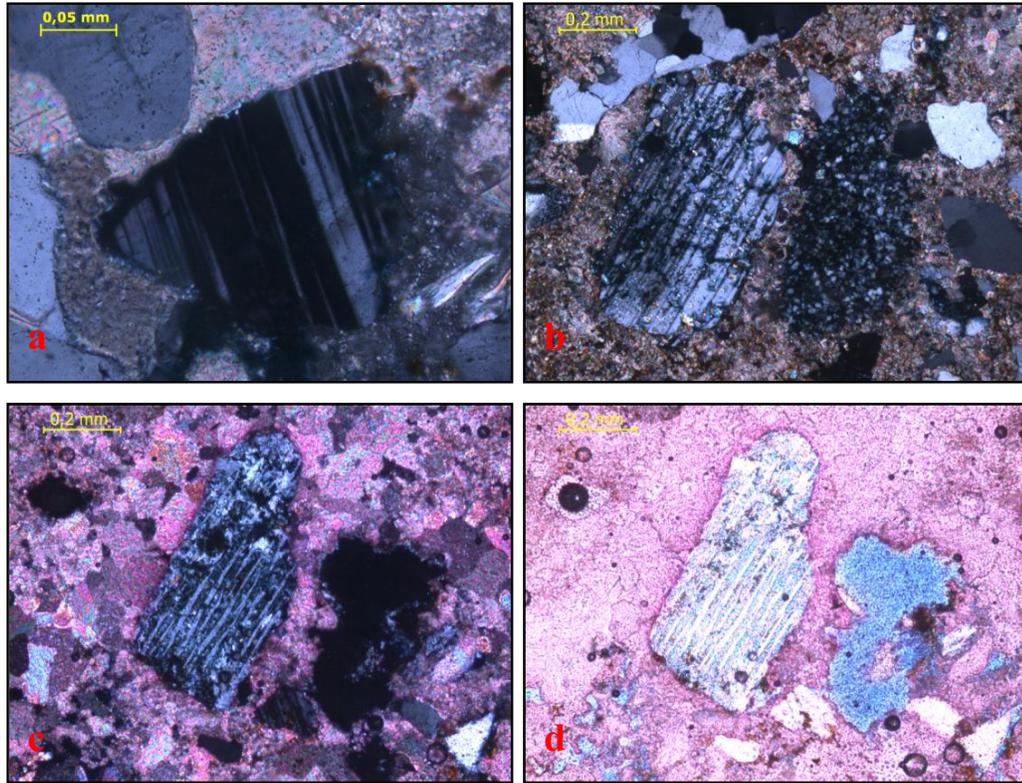


Figura 54. Fotomicrografías de las muestras: a) PG03-M-06, fragmento de plagioclasa (andesina) bien preservado; b) PG07-M-05, fragmento de plagioclasa (andesina) alterando a sericita; c) PG14-M-07, fragmento de plagioclasa con disolución a través de su plano de maclado, nicoles cruzados; d) fragmento de plagioclasa con disolución a través de su plano de maclado, nicoles paralelos

- Micas (moscovita y biotita): se presentan como mineral accesorio, sin embargo, la moscovita supera el 1% en algunos casos particulares. Se encuentran bien preservadas. La moscovita sugiere ser metamórfica, la biotita por su parte presenta cloritización. Se presentan en tamaños de hasta 0,6 mm. Ver Figura 57.

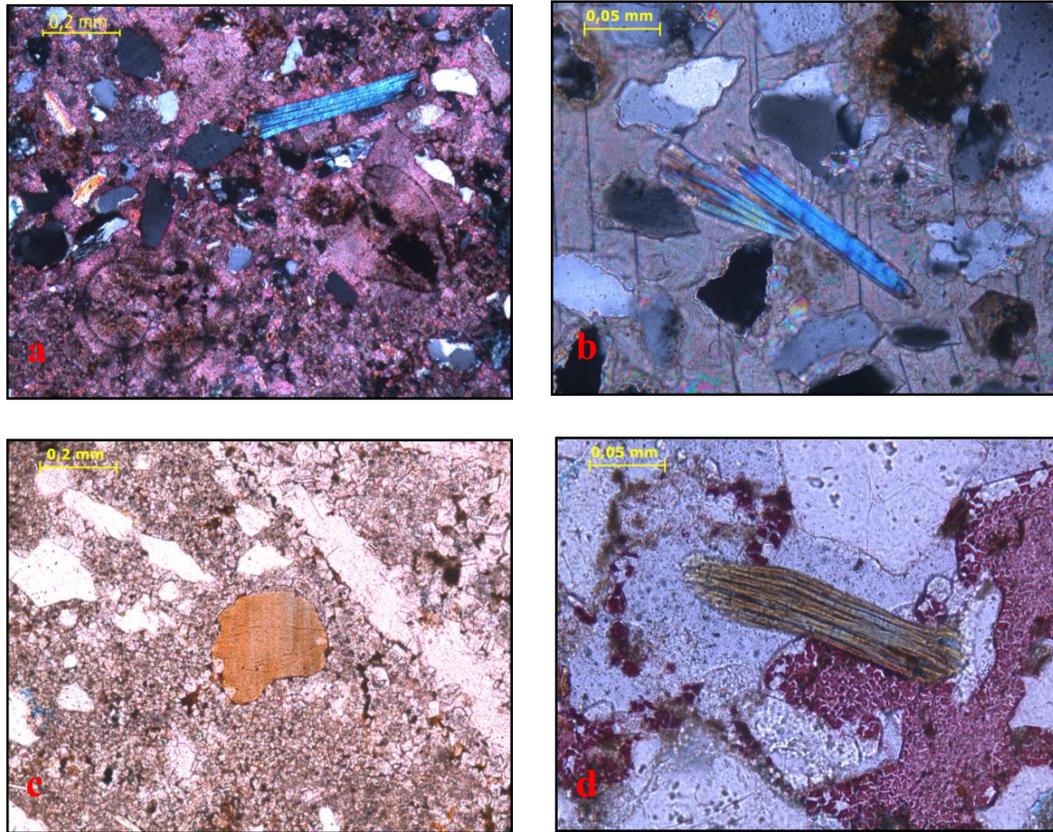


Figura 55. Fotomicrografías de las muestras: a) PG06-M-11 y b) CPT-9, fragmentos de moscovita metamórfica bien preservada; c) PG03-M-21 y d) PG12-M-16, fragmentos de biotita

- Circón: se encuentra como mineral accesorio en algunas muestras, en general mantiene su morfología y sus caras son redondeadas. Ver Figura 58.

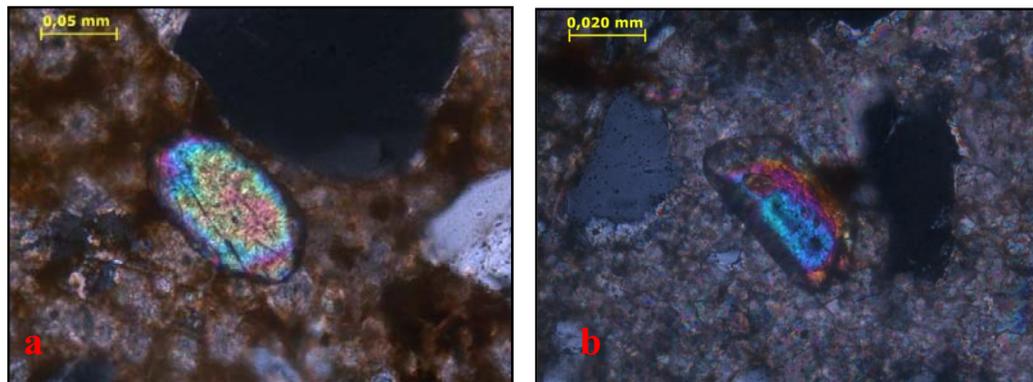


Figura 56. Fotomicrografías de las muestras: a) CP-18 y b) PG05-M-19, circones redondeados.

De lo anteriormente expuesto, se tomaran como siliciclásticos indicadores de posibles fuentes todos excepto el cuarzo, pues éste es posible encontrarlo en cualquier roca fuente y no permite discriminar alguna, sin embargo, es importante destacar que el cuarzo presente proviene de una fuente metamórfica.

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

La plagioclasa (andesina), puede asociarse 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. Según LOZANO Y MUSSARI (2009) esta unidad tiene litologías como gabro y anortosita con hasta 75% de plagioclasa andesina.

De los fragmentos de roca, solo se tomará para asociar una posible fuente los fragmentos de esquisto cuarzo-micáceo, los cuales se pueden asociar junto a las micas (moscovita metamórfica y biotita cloritizada) detríticas presentes en las muestras estudiadas a 3 posibles fuentes:

1) Gneis de Yaritagua, donde BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) incluyen una unidad de esquisto cuarzo – micáceo;

2) Metagabro Anortosítico de Yumare, específicamente el litotipo gneis cuarzo-feldespático-biotítico, descrito por LOZANO & MUSSARI (2009) para el cerro de Salsipuedes, que además contiene moscovita, epidoto y ocasionalmente hornblenda y en ocasiones se presenta esquisto cuarzo-micáceo con textura lepidoblástica;

3) Esquisto de Aroa, que según LOZANO & MUSSARI (2009) está conformado por los litotipos: Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo, Filita grafitosa-micácea y Mármol.

La presencia de circón como mineral accesorio sugiere una fuente ígnea, sin embargo, en vista de lo expuesto anteriormente, éstos sólo corroboran la génesis ígnea de algunos de los protolitos de los litotipos metamórficos mencionados.

Las posibles rocas fuentes citadas (Unidades de Yaritagua, Yumare y Aroa), se encontraban expuestos según DIAZ DE GAMERO *et al* (1976) y CARNEVALI *et al* (2000), para la edad Mioceno Temprano y representaban fuentes de aporte clástico para entonces, así pues, no existe cronológicamente una contradicción para ser la fuente de aporte de la parte clástica de la Formación Capadare que, según la bioestratigrafía

propuesta también por DÍAZ DE GAMERO (1985) la Formación Capadare se depositó durante el Mioceno Medio. Ver Figuras 59 y 60.

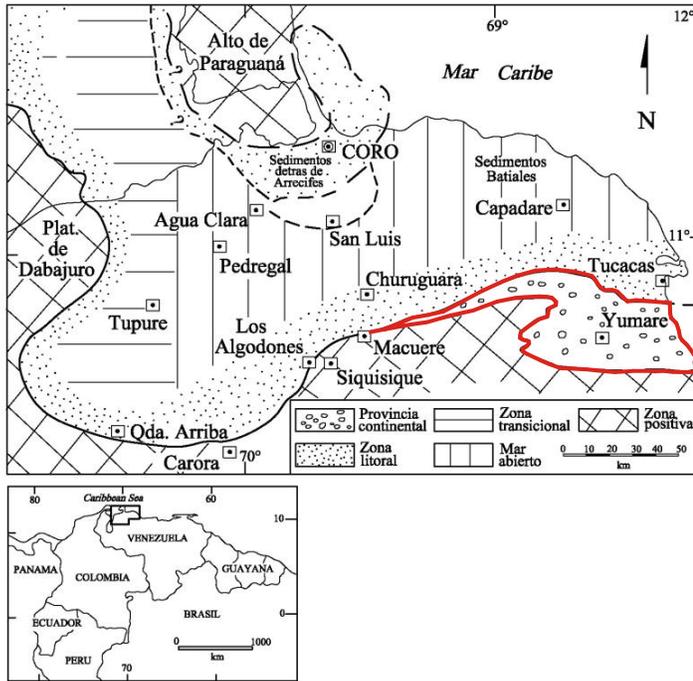


Figura 57. Mapa paleogeográfico del Noroeste de Venezuela en el Mioceno Inferior. Tomado y modificado de DIAZ DE GAMERO et al (1976)

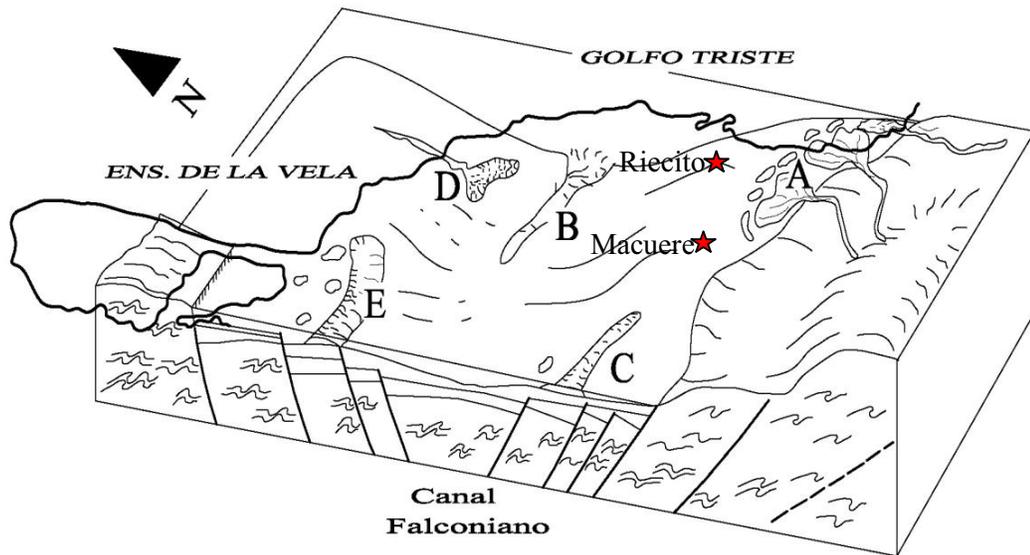


Figura 58. Bloque diagramático de la Cuenca de Falcón durante el Oligoceno-Mioceno Temprano. A: Formación Casupal; B: Depósitos de aguas profundas provenientes del oeste; C: Calizas de las formaciones Churuguara y Capadare; D: Depósitos de abanicos de talud. E: Arrecifes de la Formación San Luis. Simplificado de PORRAS (2000).

5.6.3. Asociación a partir del método de conteo modal propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979)

La metodología de conteo modal propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979) para asociar sedimentos a áreas de aporte en términos de su ubicación en los marcos tectónicos, basada en diagramas triangulares construidos por los mismos autores, es fundamentalmente para rocas netamente clásticas y de granulometría relativamente gruesa (areniscas tanto de origen marino como continental). Sin embargo, en este caso, debido a que algunas muestras de roca híbrida presentaron porcentajes significativos de extraclásticos en sus componentes principales, se aplicó el método mencionado anteriormente por considerarse una herramienta útil, válida y sencilla para realizar la asociación a posibles áreas de aporte en función a las modas detríticas que presentan, obteniéndose como resultado tanto para la región de Macuere como para la región de Riecito que la representación de las muestras de roca híbrida sobre el triángulo Qt-F-L, a partir del porcentaje de los componentes siliciclásticos que contenían, presentan concentración sobre un mismo campo que indica la procedencia de estos fragmentos de una fuente asociada a un bloque continental. (Ver Figura 61)

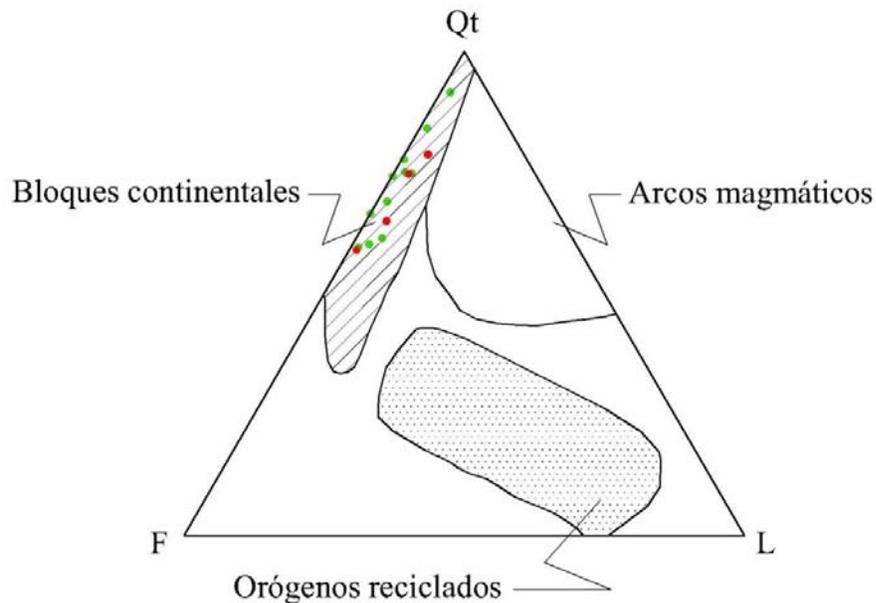


Figura 59. Triángulo Q-F-L de discriminación de área de aporte propuesto por DICKINSON & SUCZEK (1979), para las muestras de Macuere, estado Lara (en rojo) y Riecito, estado Falcón (en verde)

Lo anteriormente expuesto, corrobora lo planteado en el punto 5.6.2. Asociaciones litológicas, definiendo como bloque continental la masa de roca total adosada al continente y expuesta al momento de la depositación de la Formación Capadare (Mioceno Medio). Es decir, lo mostrado en el triángulo permite atribuir la fuente de aporte de la fracción siliciclástica de las muestras a bloques continentales lo cual es coherente con las posibles fuentes de aporte asociadas de acuerdo a la mineralogía y/o composición mineralógica de los siliciclásticos presentes en las muestras (Metagabro Anortosítico de Yumare, Gneis de Yaritagua y Esquisto de Aroa), pues estas unidades ya formaban parte de la masa continental para el momento de la depositación (Ver Figura 62).

La metodología de análisis modal fue ejecutada en los dos triángulos, Qt-F-L y Qm-F-Lt, que plantean DICKINSON & SUCZEK (1979). Sin embargo, el segundo (Qm-F-Lt) se descartó para ser utilizado en este estudio debido a que presentaba incoherencia con lo determinado a partir del dato directo de observación y asociación litológica. La dispersión de los resultados obtenidos en este caso, se atribuye al hecho de estar trabajando con rocas híbridas, lo cual es algo pionero y no sigue exactamente las características propuestas por DICKINSON & SUCZEK (1979) para utilizar los diagramas triangulares, lo que refiere una moda detrítica de siliciclásticos insuficiente que no permite discriminar bien la ubicación de las muestras en el triángulo Qm-F-Lt.

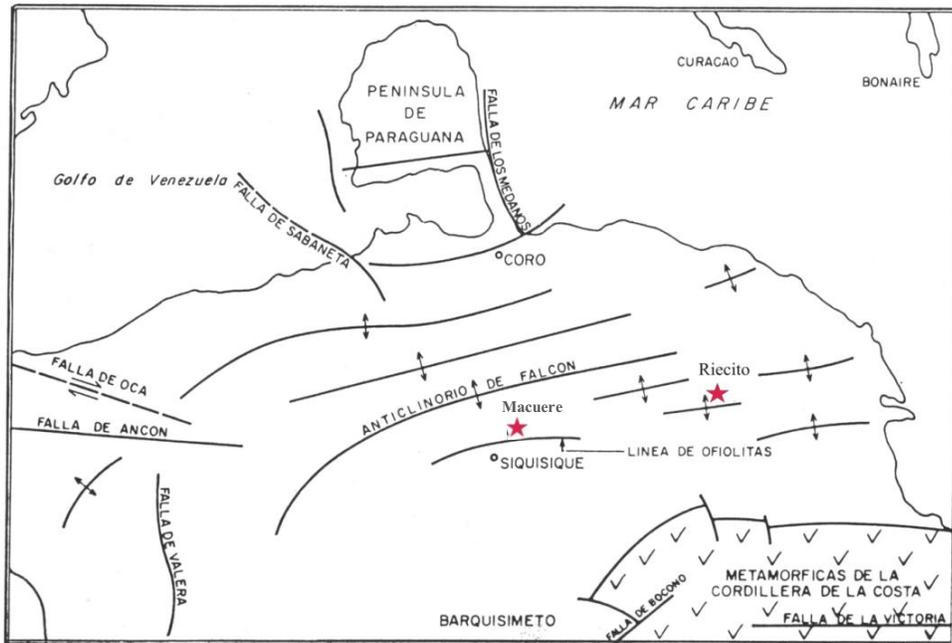


Figura 60. Mapa estructural generalizado. Tomado y modificado de DÍAZ DE GAMERO (1985). Sin escala

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ La Formación Capadare se describe como una secuencia de rocas carbonáticas fosilíferas y niveles dolomíticos, intercaladas con rocas híbridas y niveles de lutita.

✓ Las litologías de cada sección estudiada constituyen un ejemplo de las litologías tipos propuestas por NATERA 1957, la de Riecito, masiva con crestas escarpadas y en Macuere se presenta con mayor proporción de arcilla y con morfología más suave.

✓ Entre las clasificaciones asignadas a las muestras de carbonato estudiadas, predominan, según DUNHAM (1962), caliza lodosa (wackstone), seguida de caliza lodogranular (packstone) y en menor proporción lodolita carbonática (mudstone) y, según FOLK (1962) biomicrita y en menor proporción bioesparita. Para las rocas híbridas por su parte, según MOUNT (1962) micrita arenosa, seguida de caliza aloquímica arenosa y finalmente arenisca micrítica.

✓ Los fósiles identificados más comunes son fragmentos de molusco, foraminíferos béticos tipo: *Nummulite sp* o *Amphistegina sp* y *Miliólido sp* y foraminíferos plácticos tipo *Globorrotalia sp*. Sin embargo, cada zona presenta algunos organismos fósiles particulares, por ejemplo: *Anélidos* “poliquetos” es común observarlos en las muestras de Macuere mientras que en las de Riecito es ocasional; foraminífero bético tipo *Miogypsina sp* es característico y particular de una de las facies de Riecito, mientras que en Macuere solo se observa esporádicamente.

✓ En Macuere la sección levantada fue de 271,5 m de espesor y permitió definir tres facies: *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. En Riecito se estudió una sección de 127 m y permitió definir cuatro facies: *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).

✓ Los análisis geoquímicos permitieron corroborar las facies propuestas en cada localidad, coincidiendo éstas con quimioFacies mostradas en los perfiles geoquímicos.

✓ En Macuere, las quimiofacies I y III presentaban los mayores valores de CaO y los menores de SiO₂, inversamente a la quimiofacies II que presenta los valores más bajos de CaO y más altos de SiO₂, mostrando en los perfiles geoquímicos quiebres

abruptos en los contactos entre ellas. Las quimiofacies I y III coincidieron con las litofacies I y III respectivamente apoyando la definición de las mismas.

✓ En Riecito, por su parte se definieron 6 quimiofacies : I y III, representan los mayores valores de SiO_2 y los menores de CaO ; II y VI, representan los valores más altos de CaO y los más bajos de SiO_2 ; finalmente IV y V, representan valores intermedios de ambos componentes (SiO_2 y CaO). Las quimiofacies I y III corresponden respectivamente con la base y el tope de la litofacies I representados por rocas híbridas y la quimiofacies II con la parte central de dicha litofacies que corresponde a un espesor de roca carbonática; las quimiofacies IV y V corresponden a la litofacies II y III representadas por roca carbonática con un tope de roca híbrida y por intercalación de roca híbrida con roca carbonática respectivamente; finalmente la quimiofacies VI corresponde con la litofacies IV representada por roca carbonática.

✓ Los diagramas de caja realizados a partir de los resultados de FRX, muestran una relación directa entre el porcentaje de SiO_2 y CaO , siendo estos inversamente proporcionales y coincidiendo además con la litología asociada. El SiO_2 dominaba en las facies de Rocas híbridas y el CaO en las de rocas carbonáticas. Los compuestos Al_2O_3 y TiO_2 se relacionan a facies de mayor contenido siliciclástico. En todas las facies el porcentaje de Fe_2O_{3T} es mayor al del MnO lo que indica una dominancia de ambiente oxidante.

✓ La diagénesis se asocia tanto a los ambientes diagenéticos como a los efectos por soterramiento. Se asigna una etapa diagenética de intermedia a tardía, evidenciada por la presencia de neomorfismo heteroaxial dominando sobre el homoaxial, procesos diagnósticos como la silisificación y glauconitización, observación de microestilolitas, presencia de minerales de arcilla tipo illita, además de la identificación de clorita autigénica a través de la DRX en arcilla.

✓ La sedimentación de los tipos litológicos de la Formación Capadare fue condicionada por variaciones en el nivel del mar, definiéndose varios ambientes de depositación entre laguna interna proximal a la línea de costa y delante del arrecife.

✓ La formación de fosfatos en Riecito, estado Falcón se asocia a particularidades ambientales, ubicándose en la zona donde la influencia clástica arrastrada por los ríos del continente hasta el banco arrecifal lo van afectando, creando una apertura (ruptura del arrecife) que posibilita la entrada de agua marina cargada en nutrientes y a partir de la percolación de soluciones derivadas de excremento de las aves o guano en la zona arrecifal, generando procesos de fosfatización en el área con geometría lenticular.

✓ Según la metodología modal y clasificación de DICKINSON & SUCZEK (1979) se asigna la fuente de aporte clástico a bloques continentales. Sin embargo, esta metodología no resultó óptima para la asociación a una fuente de aporte de los fragmentos siliciclásticos asociados a un marco tectónico particular, pues las rocas híbridas presenta una moda detrítica baja que no permite discriminar con certeza, específicamente en el triángulo (Qm-F-L).

✓ Según la asociación litológica de los fragmentos siliciclásticos presentes en las rocas híbridas se pudo inferir que: el feldespato presente en las muestras, se asocia al Gneis de Yaritagua; la plagioclasa (andesina), a la Unidad de Metagabro Anortosítico de Yumare; y los fragmentos de esquistos cuarzo-micáceo y las micas (moscovita y biotita) a tres posibles fuentes: 1) Gneis de Yaritagua, unidad de esquistos cuarzo – micáceo; 2) Metagabro Anortosítico de Yumare, litotipo gneis cuarzo-feldespático-biotítico; y 3) Esquisto de Aroa.

✓ Al realizar la comparación entre ambas zonas de estudio en cada sección del capítulo de resultados e interpretaciones se demostró que las muestras correspondientes a la Caliza de Riecito son comparables con las correspondientes a las de la Formación Capadare de Macuere, por ende se asocian y se asume la Caliza de Riecito como perteneciente a la Formación Capadare.

Se recomienda:

✓ Realizar un estudio más detallado de la localidad Riecito, estado Falcón y evaluar la posibilidad de asignar formalmente la llamada actualmente “Caliza de Riecito” como un miembro de la Formación Capadare, se incluiría como miembro por presentar niveles de fosfatos y la abundancia del foraminífero béntico *Miogipsina*.

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

✓ Estudiar la litología discordante sobre la Caliza de Riecito observada en campo, determinar su extensión con el fin de actualizar la cartografía geológica propuesta por los mapas de LA CREOLE PETROLEUM CORPORATION.

✓ Estudiar mayor número de secciones entre Macuere y Riecito con el fin de extender el esquema de sedimentación planteado a un nivel más amplio y con mayor certeza, enriqueciendo la estratigrafía de la cuenca de Falcón para el Mioceno Medio.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- ALARCÓN A. 2008. *Análisis modal de la procedencia de areniscas del campo Hombre Pintado para un intervalo de la Formación Agua Clara, estado Falcón*. UCV-G.
- AUDEMARD, F.E.1991. Tectónics of western Venezuela, Ph.D. thesis, Rice University, Houston Texas, 245 p.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ G., 1966. *Guía de la excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Guía N° 4, 23 pp.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ, 1967. *Guía de la excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare*. Bol. Geol., 8(16): 289-309.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ. 1976. Geología del estado Yaracuy. *Bol. Geol.*, Caracas, Public. esp. 5, 6: 3317-3417.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ. 1968. Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. *Bol. Geol.*, Caracas, 9(18): 515-569
- BENEDETTI, M & HERNÁNDEZ, A. 2007. *Evolución Tectono-Estratigráfica y procedencia de los sedimentos clásticos del Surco de Guárico en las secciones El Pao-Valle Morita, Estados Cojedes y Aragua*. UCV-G.
- BOGGS S, 1992. *Petrology of sedimentary Rocks*, Macmillan. Publishing Company, New York.
- CABRERA DE MOLINA, E. 1985. Evolución estructural de Falcón Central. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. M.Sc, 59 p.
- CAMACHO A. & MIJARES M. 1989. *Geología de la zona de Sanare - Buena Vista, Sector Agua Linda, Distrito Silva, estado falcón*. UCV-G, inédito.
- CARREÑO, O. 2008. *Diseño de escombreras de la mina de roca fosfática (Concesión Riecito), cerro Riecito, municipio Jacura, estado Falcón*. UCV-M.
- CARNEVALI. J. (ed) 2000. Proyecto exploración por hidrocarburos, costa afuera de Venezuela. Caracas: Corporación Venezolana Petróleos, 551.
- CASTILLO, Q. 1995. *Flotación de rocas fosfáticas de Riecito, estado Falcón*. UCV-M.
- CASE, J.E. & MARTIN, R.G., 1984, Map of geologic provinces in the Caribbean region, *En W.E. Bonini, R.B. Hargraves y R. Shagam, The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics* Geol. Soc. America Memoir 162, p. 1-20.
- CORNELIS, K & CORNELIUS S, H. *Manual de Mineralogía, basado en la obra de J.D. Dana*. Barcelona: Reverté, Cuarta Edición, 368 p.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1956). *Mapa de geología de superficie a escala 1:100.000*. Hoja C-5 y C-6.

- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1976. Estratigrafía y micropaleontología del Oligoceno y Mioceno Inferior del centro de la cuenca de Falcón. *Geos* (UCV, Caracas), 22:3-60.
- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1985. *Estratigrafía de Falcón Nororiental*. Mem VI Congreso Geol. Venez. 1: 454-502.
- DICKINSON, W.R. & SUCZEK, C.A. 1979. Plate tectonics and sandstones compositions. *AAPG Bulletin* 63(12), pp. 2164-2182.
- 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 subdivisión of limestone types. *Memoir 1 Simposio Classification of carbonate rocks*. Publicado por American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A. 62-84 p.
- GARNER, A. 1926. Suggested nomenclature and correlation of the geological formations in Venezuela, *Am. Inst. Min. Metall. Eng., Tr.*, p. 677-684
- GONZÁLEZ DE JUANA C., J. M. ITURRALDE Y X. PICARD. 1980. *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*. Caracas: Edic. Foninves, 2 vol., 1031 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO VENEZOLANO SIMÓN BOLÍVAR (IGVSB). 1969. HOJA 6448: Araurima, Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO VENEZOLANO SIMÓN BOLÍVAR (IGVSB). 1969. HOJA 6248: Churuguara. Venezuela.
- LAMUS, A & LA CRUZ, N. 1986. *Estudio geológico y ubicación de depósitos de fosfato al norte de Tucacas, Distrito Silva, estado Falcón*. UCV-G.
- LEÓN, V & MOLINA, M. 2007. *Evolución Tectono-Estratigráfica de los sedimentos clásticos del Surco de Guárico en afloramientos de la carretera San Juan de los Morros-Ortiz*. UCV-G, inédito.
- LORENTE, M. 1978. *La caliza de Capadare y sus relaciones con la cuenca de Agua Salada, estado Falcón*. UCV-G.
- LOZANO F. & MUSSARI. 2009. Geología de los ígneos metamórficos del norte de Yumare, edos, Yaracuy y Falcón. *Geos* 40 (UCV, Caracas), 2009: 65-66+286p en DVD.
- MACELLARI C. E. 1995. "Cenozoic Sedimentation and Tectonics of the Southwestern Caribbean Pull-Apart Basin, Venezuela and Colombia". *AAPG Memoir* 62, p. 757-780.
- MÉNDEZ J. 2009. *Carbonatos, origen y sedimentación*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 270 p.
- 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.

- MENDÍ D, GONZÁLEZ L & MENENDEZ D. 2010. Posible procedencia de clastos ígneo – metamórfico de la Formación Capadare en el cerro Riecito, edo Falcón. *Geos* 41 (UCV, Caracas), 2011 (en publicación).
- MOUNT J. 1985. *Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification*. *Sedimentology*, 435-442 p.
- MUESSIG K. W. 1984. Structure and Cenozoic tectonics of the Falcon basin, Venezuela, and adjacent areas. *Geological Society of America Memoir*, 162: 217-230.
- MUÑOZ, P & RODRÍGUEZ, H. 2009. *Geología de las unidades ígneas y sedimentarias de Siquisique- Puente Limón, estado Lara*. UCV-G.
- NATERA B. R. 1957. *Geology of the lower río Tocuyo basin*. Creole Petroleum Corp. (Publicado en *Geos*, UCV, Caracas, 40(2009): 108-109 + 64 p. en carpeta 101 del DVD, 2010).
- PENÍN & VILLAROEL 2005. *Integración y actualización del área de Jacura y Capadare, estado Falcón*. UCV-G, inédito.
- PEÑA, N. 2006. *Ayuda en línea, Boxplot*. Universidad Simón Bolívar. http://www.cesma.usb.ve/~npna/estadistica_1/BOXPLOT-ayudaenlinea4.htm. Consulta 29 de mayo de 2011.
- PETTJOHN, F. J. 1975. *Sedimentary Rocks*. 3rd edition. Harper and Row Publishers, New York. 628 p
- PONTE, P, L. 1951. *Depósitos fosfáticos del cerro Riecito, estado Falcón*. Boletín Geol. (Caracas), 1 (1): 7-39.
- PORRAS, L. 2000. *Evolución tectónica y estilos estructurales de la región costa afuera de las cuencas de Falcón y Bonaire*. VIII Simposio Bolivariano. Exploración Petrolera en las cuencas Subandinas. Caracas Venezuela.
- REATEGUI, W. 2011. Reconocimiento geológico de la región comprendida entre Guacamuco y Puente Limón, municipio Urdaneta y Federación, estados Lara y Falcón. UCV-G, 172 p, inédito.
- RODRÍGUEZ, J. 1977. Estudio de concentración de los fosfatos de Lizardo, estado Falcón. UCV-M, inédito.
- RODRÍGUEZ, S. CALDERA, D. & FRANCO, A. 1975. Aplicación de la geoquímica exploratoria de suelos para búsqueda y delimitación de cuerpos fosfáticos en la región suroriental del estado Falcón. *Bol. Soc. Venezolana Geología*, 10 (1-2): 32-36.
- RODRÍGUEZ, S. 1986. *Recursos minerales de Venezuela*. Boletín de geología, Volumen XV, número 27.
- SANTELIZ, H. 1972. *Evaluación de reservas de rocas fosfáticas en el cerro Riecito, estado Falcón*. Bol. Geol. (caracas). Pub. Esp. 5,5:2773-2788.
- SENN, A., 1940. Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region, *Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, 24(9): 1548-1610.
- URBANI & M. A. PERERA. 1976. *El análisis químico de cerámicas en el estudio del material arqueológico del estado Falcón*. Bol. Soc. Venezolana Espeleología, 7(14): 267-282.

- URBANI, F. 2010. Las capas de peñones de la Formación Matatere, estado Lara, Venezuela. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. Y Nat.* Vol. LXX N°. 1: 9-37.
- VILA, M. 1966. *Aspectos geográficos del estado Lara*. Caracas: C.V.F. Serie "Monografías estatales", .274 p.
- WHEELER, B. 1958. *Geology of south central Falcón and northwestern Lara and the regional stratigraphy and oil possibilities of Oligocene and Lower Miocene sediments to the Falcón basin*. Creole Petroleum Corp. (Publicado en *Geos*, UCV, Caracas, 40(2009): 110 + 149 p. en carpeta 104 del DVD, 2010).
- WIEDENMAYER, C., 1924. Zur Geologie von Ost-Falcon (Nordwest Venezuela). *Eclog. Helv.*, 18(4): 508-512.
- WHEELER, C.B. 1963. Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Falcón occidental y nororiental. Mem III Congreso Geol. Venez. 407-465 p.

8.1. Apéndice I. Bases Teóricas

8.1.1. Clasificación de rocas híbridas según MOUNT (1985)

Propone un sistema de clasificación aplicable a sedimentos mixtos y su equivalente litificado. Los sedimentos están compuestos por cuatro componentes: 1) siliciclásticos tamaño arena (cuarzo, feldspatos, otros silicatos y minerales pesados que estén en el rango de 0,0625 a 2 mm de diámetro) 2) lodo (mezcla de limo y arcilla), 3) aloquímicos (granos carbonáticos con peloides, ooides, bioclastos e intraclastos con tamaño mayor a 20 micras) y lodo carbonático o micrita (tamaño menor a 2° micras), dichos componentes definen el tetraedro cuya subdivisión en general produce 8 clases de sedimentos mixtos (ver Fig. 64). El nombre de la clase refleja el tipo de grano dominante y el más abundante componente antitético y la clasificación se realiza respondiendo unas preguntas sencillas tal como se muestra en la Figura 63.

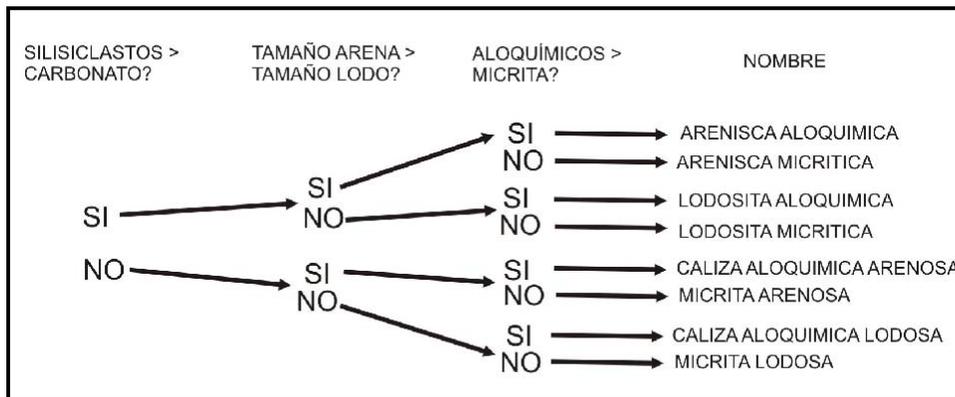


Figura 61. Esquema propuesto por MOUNT (1985) para la clasificación de mezclas

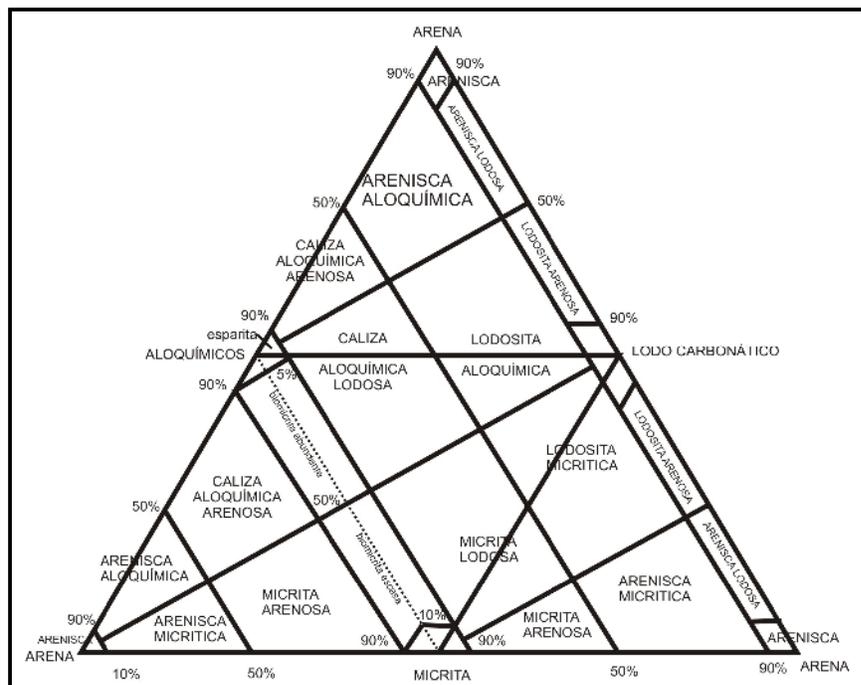


Figura 62. Tetraedro propuesto por MOUNT (1985) que muestra las 8 subdivisiones de sedimentos mixtos.

8.1.2. Clasificación de rocas carbonáticas según FOLK, 1962

Requiere del conocimiento claro de los tipos y abundancia de los granos carbonáticos (aloquímicos) y abundancia relativa de micrita y espato. La clasificación es jerárquica siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinar el porcentaje de aloquímicos dentro del porcentaje total de la roca y verificar si el mismo es mayor al 10% o menor al 10%.
2. Determinar la abundancia relativa de ortoquímicos (micrita, espato) y verificar si: micrita>espato o espato>micrita.
3. Dentro del porcentaje de granos carbonáticos en base al 100% distinguir la abundancia de cada tipo de grano carbonático, es decir, intraclásticos, ooides, fósiles, pelets, oncoides u otro.
4. El nombre de la roca es el derivado de la combinación de la abreviación apropiada del aloquímico predominante (siendo “Intra” de intraclastos, “Pel” de pelets, “Oo” de ooides, “Bio” de fósiles) con la abreviación del ortoquímico predominante (micrita o esparita). Ejemplo: Pel + esparita = Pelesparita.
5. Al nombre se le puede añadir un sufijo denotativo del tamaño de grano carbonáticos predominante (ita de tamaño arena y “rudita” de tamaño grava). El límite entre arenita y rudita usado por FOLK (1962) es 1mm.
6. Cuando la caliza contiene entre 1 y 10% de granos carbonáticos, son calizas micríticas o calizas espáticas y se le adiciona el nombre del grano carbonático predominante; por ejemplo; micrita + fósiles = micrita fosilífera. Si contienen menos del 1% de granos, se denominan solamente micrita o esparita.
7. Si la caliza biogénica presenta una estructura esquelética o armazón formado junto a la depositación, como las rocas de arrecifes de corales, se les llama Biolitita.
8. Esta clasificación también puede usarse para las dolomías, asignándole el nombre de “dolomicrita” para dolomías de grano fino, o “doloesparita”.

En la Figura 65 se presenta la clasificación gráfica según FOLK (1962).

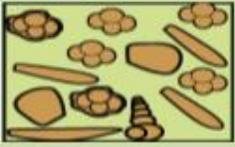
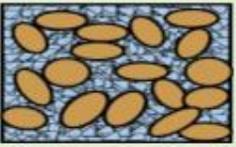
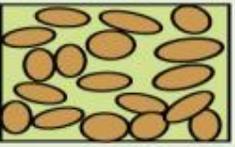
		ROCAS ALOQUÍMICAS		ROCAS ORTOQUÍMICAS
COMPOSICIÓN ALOQUÍMICOS	Intraclasto	 Intraesparita	 Intramicrita	 Cemento Esparita < 1% aloquímicos "ESPARITA"
	Ooides	 Ooesparita	 Oomicrita	 Cemento Micrita < 1% aloquímicos "MICRITA"
	Fósiles	 Bioesparita	 Biomicrita	 DISMICRITA
	Pellets	 Pelesparita	 Pelesmicrita	 BIOLITITA

Figura 63. Clasificación gráfica según FOLK (1962)

8.1.3. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM, 1962

Se enfoca en la textura depositacional, por lo tanto primero se debe determinar si los constituyentes originales de la caliza fueron o no construidos como estructuras esqueléticas o armazones juntos con la depositación.

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

- **Mudstone:** roca carbonática soportada por micrita que contiene menos del 10% de partículas carbonáticas.
- **Wackstone (caliza lodosa):** roca carbonática soportada por lodo carbonático con más del 10% de partículas carbonáticas, esencialmente subredondeados.
- **Packstone (caliza lodogranular):** roca carbonática soportada por granos con poco contenido de lodo carbonático. A veces es difícil diferenciar entre Packstone y Wackstone.
- **Grainstone:** roca carbonática soportada por granos, sin lodo o matriz.

Para la roca formada de componentes estructurados junto con la deposición, se denomina **Boundstone**.

En la Figura 66 se muestra el esquema de clasificación.

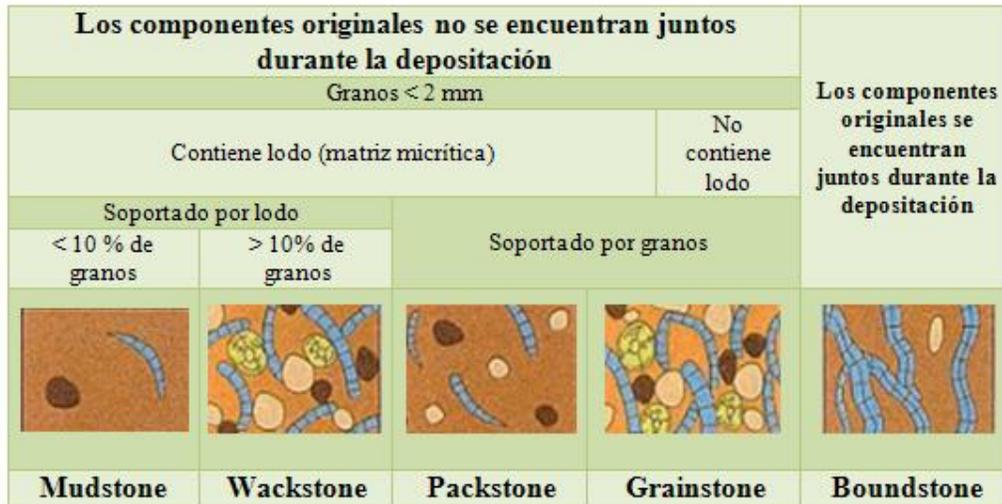


Figura 64. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962)

8.1.4. Clasificación de conglomerados según PETTIJOHN (1975)

Según la composición general y/o textura (1975)

CLASIFICACIÓN	% MATRIZ
Ortoconglomerado	< 15%
Paraconglomerado	> 15%

Según la estabilidad relativa de los clastos (PETTIJOHN, 1976 Y BOGGS, 1992)

CLASIFICACIÓN	% Clastos ultraestables
Conglomerado cuarzoso u ortocuarzítico	> 90
Conglomerado petromictico	< 90

Según tipos de clastos (1976)

CLASIFICACIÓN	Tipos de clastos
Conglomerado monomictico u oligonictico	Uno (con frecuencia cuarzo)
Conglomerado polimictico	Varios (caliza, lutita, filita, etc)

8.1.5. Clasificación de DICKINSON & SUCZEK, 1979

Proponen determinan la naturaleza de las áreas de aporte en términos de su ubicación en las placas tectónicas, mediante diagramas triangulares de uso general, los tres componentes básicos son:

- 1) Fragmentos de cuarzo, incluyendo al cuarzo total (Qt), monocristalino (Qm) y policristalino (Qp).
- 2) Feldespatos, referidos como feldespatos totales (F), plagioclasas (P) y feldespatos potásicos (K).

3) Fragmentos líticos, divididos en líticos totales inestables (Li), de volcanitas o metavolcanitas (Lv) y de sedimentitas o metasedimentitas (Ls).

Como complemento fue también considerada la cantidad de líticos totales (Lt), la que incluye los líticos inestables totales (Li) más la proporción de líticos cuarzosos estables referidos como (Qp).

Sobre la base de estos componentes propusieron dos diagramas triangulares que incluían a los componentes antes mencionados. El diagrama QtFL reúne en su vértice superior a todos los fragmentos cuarzoso (mono más policristalinos), poniendo énfasis en la estabilidad mineral y reconociendo tres campos principales: 1. proveniencia de bloques continentales, 2. de orógenos reciclados y 3. de arcos magmáticos. El segundo diagrama QmFLt suma el cuarzo policristalino a los líticos inestables (transformando al vértice derecho en Lítico totales), reconociendo los mismos campos arriba señalados, pero mejorando la definición del área de orógenos reciclados y poniendo énfasis en la granulometría de las rocas que componen el área fuente.

Los diagramas construidos por DICKINSON Y SUCZEK (1979), fueron reelaborados por DICKINSON (1983), se ilustran en la Figura z y son los más comúnmente empleados en la actualidad.

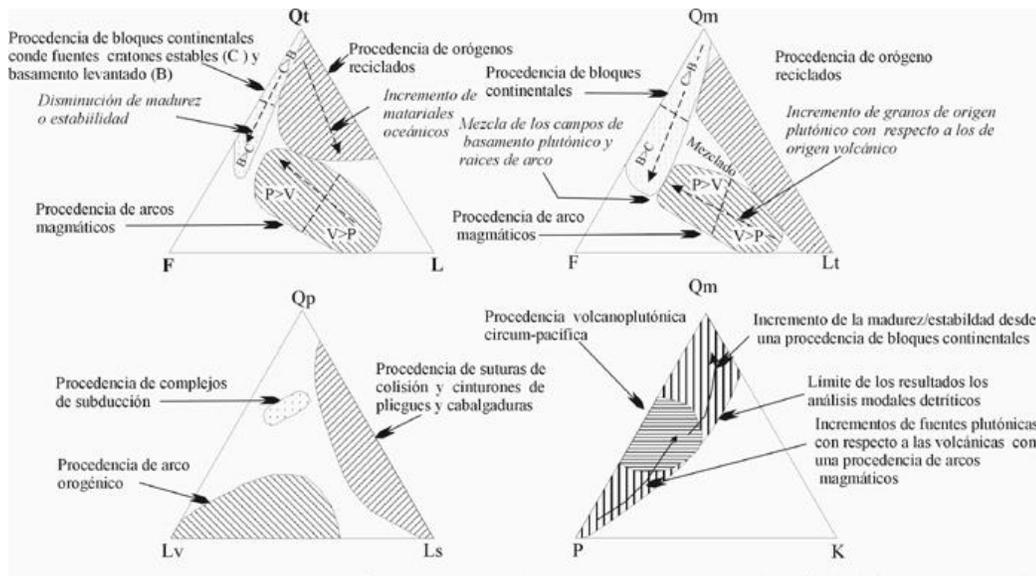


Figura 65. Diagramas de DICKINSON (1986) que muestran las diferentes procedencias de sedimentos y el ambiente tectónico al que se asocian.

8.1.6. Método de fluorescencia de Rayos X

Técnica analítica, también llamada *espectrografía de emisión por rayos X*, se utiliza para estudiar la química de las sustancias inorgánicas. En esta técnica la muestra de análisis en triturada en polvo fino y éste es comprimido en forma de píldora esférica o en un disco con la ayuda de un aglutinante. La esfera o disco de muestra se irradia (durante un corto periodo de tiempo) con los rayos X generados en tubo de rayos X de alta intensidad. Estos rayos se absorben fundamentalmente siguiendo la ley de Beer:

$$\text{Log} \frac{I_0}{I} = K_d \Delta_d$$

En donde I_0 es la intensidad de los rayos X incidentes, I la intensidad del haz no absorbido por las muestra, K_d es una constante de proporcionalidad y Δ_d es el espesor de la muestra. La energía de rayos X que se absorbe en la muestra da lugar a la generación de un *espectro de emisión de rayos X característico* de cada elemento de la muestra (ver Figura 68). En el proceso de absorción de la energía de rayos X en la muestra, los electrones se desalojan de las capas más internas y esa vacante es probable que sea cubierta por un electrón de la capa siguiente, esto ocurre sucesivamente. Estos electrones que pasan a capas internas se desplazan de altos a bajos niveles energéticos y como resultado de ello emiten energía en forma de radiación X característica, estos rayos se denominan *rayos X secundarios*, y el fenómeno de emisión se conoce como *fluorescencia de rayos X* (ver Figura 69) (CORNELIS & CORNELIUS, 1998).

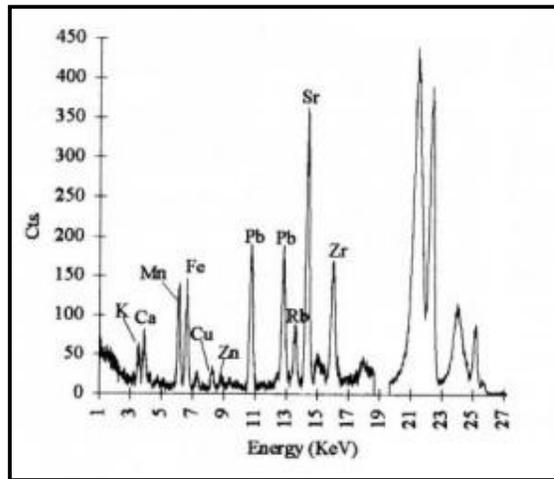


Figura 66. Ejemplo de un espectro de fluorescencia de rayos X



Figura 67. Esquema del proceso de generación de fluorescencia de rayos X

8.1.7. Concepto de diagrama de caja

Es un gráfico representativo de las distribuciones de un conjunto de datos en cuya construcción se usan cinco medidas descriptivas de los mismos: **primer cuartil (Q1)**, **mediana o segundo cuartil (Q2)**, **tercer cuartil**, **límite superior** y **límite inferior** (ver Figura 70), presenta información sobre la tendencia central, dispersión y simetría de los datos de estudio. Además, permite identificar con claridad y de forma individual, observaciones que se alejan de manera poco usual del resto de los datos. A estas observaciones se les conoce como valores atípicos (PEÑA, 2006).

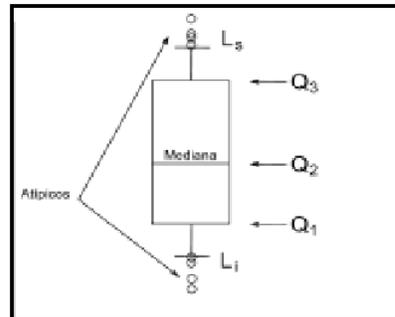


Figura 68. Diagrama de caja, se muestran las partes que lo componen.

8.2. APÉNDICE II. Observaciones de campo.

DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES LEVANTADAS EN CAMPO

DESCRIPCIÓN DE LA QUEBRADA LA ISLA (Levantamiento de base a tope).

Fecha del levantamiento: 25/04/2010.

Pto. inicial del levantamiento: Intersección entre la quebrada La Isla y el río Tocuyo.

Pto. inicial de toma de muestras: discordancia entre las formaciones Matatere y Capadare.

Coordenadas GPS: 441.490; 1.181.033.

Altura: 225msnm.

Estratificación Fm. Matatere: N72E81S.

Capa: 1.

Muestra: CP-1.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla. Hacia la base presenta un nivel con mayor contenido de extraclásticos confiriéndole una textura de arenisca gruesa calcárea con clastos tamaño de hasta 1mm.

Color fresco: beige.

Color meteorizado: pardo.

Espesor: 3,34m.

Capa: 2.

Muestra: CP-2A / CP-2B

Descripción litológica: Carbonato de mezcla. Hacia la base presenta *Thalassinoides sp* de 2 a 4cm de diámetro. Al tope presenta aproximadamente 10- 15% de contenido fósil (fragmentos), de tamaños variables de hasta 2cm, mal preservados, pueden identificarse gasterópodos, bivalvos y otros moluscos. Capa con orientación N75E y buzamiento 35N.

Color fresco: gris claro con tonos rosados.

Color meteorizado: rosado con tonos morados.

Espesor: 1,20m

Capa: 3.

Descripción litológica: CUBIERTO

Espesor: 36m.

Capa: 4.

Muestra: CP-3A (base) / CP-3B (tope)

Descripción litológica: Hacia la base (primeros 2m) se describe como una caliza con un bajo porcentaje de extraclásticos (5- 7%) y un porcentaje mayor de fósiles (10- 15%), pasando a carbonato de mezcla hacia el tope, aumentando el porcentaje de extraclásticos (15- 20%) y disminuyendo la presencia de fósiles (5- 7%). Los fósiles se presentaban fragmentados, mal preservados, de tamaños variables hasta de 2cm, se distinguieron bivalvos, gasterópodos y otros moluscos).

Color fresco: gris amarillento, beige.

Color meteorizado: marrón, pardo, morado.

Espesor: 9m.

Descripción de la foto: detalle de la variación textural entre la parte mas basal (parte inferior derecha) y lo que suprayace a esta (parte superior izquierda) a causa de la variación litológica y composicional de la capa.



Capa: 5.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Lutita pastosa.

Color fresco: gris plata.

Color meteorizado: pardo.

Espesor: 1,8m.

Capa: 6.

Muestra: CP-4.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con bivalvos y otros moluscos de 3 a 4cm.

Color fresco: gris con tonos rosados.

Color meteorizado: beige amarillento, marrón.

Espesor: 0,9m.

Capa: 7.

Descripción litológica: CUBIERTO

Espesor: 3m.

Capa: 8.

Muestra: CP-5.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla con clastos de hasta 1cm de diámetro. Presenta una laminación leve. Los fósiles que se identificaron fueron: biodermos (fragmentos arrecifales), gasterópodos, bivalvos y otros moluscos, de tamaños variables hasta 4cm.

Color fresco: gris con tonos rosados y beige.

Color meteorizado: amarillento, pardo.

Espesor: 1,6m.

Capa: 9.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Carbonato limoso.

Color fresco: amarillo.

Color meteorizado: pardo.

Espesor: 9,4m.

Capa: 10.

Muestra: CP-6.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con fósiles de hasta 7cm, medianamente preservados, los bivalvos se encuentran desarticulados. Capa con orientación N45E y buzamiento 30N.

Color fresco: marrón claro y beige.

Color meteorizado: beige y pardo.

Espesor: 1,92m.

Descripción de la foto: detalle de bivalvos desarticulados de gran tamaño, medianamente preservados dentro de la roca.



Capa: 11.

Muestra: CP-7A / CP-7B.

Descripción litológica: Carbonato tipo packstone. Fragmentos fósiles de hasta 4cm.

Color fresco: gris claro con tonos blancos

Color meteorizado: gris claro con tonos beige.

Espesor: 2,6m.

Capa: 12.

Muestra: CP-8.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla (15% de extraclásticos aproximadamente), el tamaño de los clastos es de hasta 1cm de diámetro. Presenta meteorización diferencial a lo largo de toda la capa, lo que le confiere una textura irregular. Los fósiles identificados fueron: moldes internos de turrítelas (abundantes) de 4cm de longitud y 1cm de diámetro y pelecípodos de hasta 5cm.

Color fresco: gris blancuzco con tonos beige.

Color meteorizado: beige con tonos amarillentos.

Espesor: 20m.

Descripción de la foto: detalle de la meteorización diferencial y la textura irregular de la capa descrita.



Capa: 13.

Muestra: CP-9.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla (20% de extraclásticos aproximadamente), contiene micas. Hacia la base presenta abundantes *Thalassinoides sp.* Los fósiles identificados fueron: biodermos (pequeños fragmentos de hasta 1mm) y otreas de hasta 4cm, medianamente preservados. Capa con orientación N49E y buzamiento 20N.

Color fresco: gris.

Color meteorizado: gris claro y beige.

Espesor: 8,9m.

Descripción de la foto: detalle de enrejado de abundantes *Thalassinoides sp* en la base de la capa.



Capa: 14.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Caliza muy meteorizada con niveles de yeso alrededor de cárcavas. Presenta nódulos de mayor contenido calcáreo de hasta 30cm de diámetro.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: marrón amarillento.

Espesor: 5,8m

Descripción de la foto: detalle de la textura irregular debido a los niveles de yeso presentes, se pueden observar también los nódulos como sobresalen de la capa.



Capa: 15.

Muestra: CP-11.

Descripción litológica: Caliza compacta con 15% aproximadamente de fragmentos fósiles.

Color fresco: gris y marrón claro.

Color meteorizado: gris claro con tonos verdosos y marrón oscuro.

Espesor: 6,7m.

Capa: 16.

Muestra: CP-12A (carbonato de mezcla - base)
CP-12B (caliza compacta - tope)

Descripción litológica: Intercalación de calizas y lutitas. La caliza son estrato crecientes (hasta 1,20) y la lutita estrato decrecientes (de 0,9 a 0,15m). La caliza de base a tope va disminuyendo la presencia de extraclásticos, pasando de un carbonato de mezcla con textura irregular (meteorización diferencial) a una caliza compacta. La caliza en general presenta aproximadamente 20% de fragmentos fósiles (distinguibiles: bivalvos, ostreas y otros moluscos), de tamaños variables hasta 3cm.

Color fresco: gris y marrón claro (tope), gris claro y beige (tope).

Color meteorizado: gris y pardo.

Espesor: 12,83m.

Descripción de la foto: detalle del aspecto escalonado del paisaje (caudal de la quebrada), debido a los binomios de dureza representados por las litologías descritas anteriormente.



Capa: 17.

Muestra: CP-13 (lutita).

Descripción litológica: Secuencia de caliza muy meteorizada con textura diferencial y lutita.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: caliza: marrón amarillento; lutita: marrón con tonos pardos.

Espesor: 4,45.

Capa: 18.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con fragmentos fósiles de hasta 0,5cm.

Color fresco: marrón claro-beige.

Color meteorizado: marrón con tonos verdes.

Espesor: 0,7m.

Capa: 19.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Lutita con niveles de yeso.

Color fresco: gris oscuro.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 12,3m.

Capa: 20.

Muestra: CP-14A (base) / CP-14B (tope)

Descripción litológica: Carbonato de mezcla (30% de extraclásticos aproximadamente), fragmentos de chert y cuarzo distinguibles (2mm). Presenta fragmentos fósiles (bivalvos principalmente). A 1m de la base se encuentra una capa (de 4m) de limolita carbonática que varía lateralmente a caliza, con niveles de arenisca muy fina (0,3m) y un bolón de material carbonático de 40 a 55 cm de diámetro.

Color fresco: carbonato: gris; limolita: no observ.

Color meteorizado: carbonato: gris claro con tonos marrones; limolita: marrón con tonos amarillentos.

Espesor: 6,98m.

Descripción de la foto: detalle de bolón carbonático de gran tamaño dentro de la capa descrita.



Capa: 21.

Muestra: CP-16.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla con 20% de extraclásticos aproximadamente. Presenta ostreas, bivalvos y otros moluscos bien preservados de hasta 4cm. A la mitad presenta un nivel de limolita (0,3m) con niveles de yeso. Capa con orientación N45E y buzamiento 30N.

Color fresco: gris, beige y marrón claro.

Color meteorizado: gris claro con tonos pardo.

Espesor: 6,5m.

Descripción de la foto: detalle de la meteorización diferencial de a cuerdo a la litología presente en la capa descrita.



Capa: 22.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Limolita muy meteorizada.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: amarillento.

Espesor: 7,25m.

Capa: 23.

Muestra: CP-17.

Descripción litológica: Arenisca de grano fino, friable. Presenta una orientación N45E y un buzamiento de 21N.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: amarillento, pardo.

Espesor: 3,2m.

Capa: 24.

Muestra: CP-18.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla (15% de extraclásticos aproximadamente), presenta pocos fragmentos fósiles (7%). Presenta *Ophiomorpha sp* aisladas de 3cm de diámetro.

Color fresco: marrón con tonos pardo.

Color meteorizado: marrón claro a pardo.

Espesor: 0,6m.

Descripción de la foto: detalle de una de las bioturbaciones (*Ophiomorpha*) presentes en la capa descrita.



Capa: 25.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Limolita con niveles de yeso.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: marrón claro.

Espesor: 0,35m.

Capa: 26.

Muestra: CP-19.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con aproximadamente 25% de fósiles y 7% de extraclásticos.

Color fresco: gris.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 1m.

Capa: 27.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Caliza muy meteorizada con textura diferencial. Presenta fragmentos fósiles (10% aproximadamente).

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: beige amarillento.

Espesor: 6,60m.

Capa: 28.

Muestra: CP-20.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con abundantes fragmentos fósiles (30% aproximadamente).

Color fresco: gris y beige.

Color meteorizado: gris claro y tonos amarillentos, pardo.

Espesor: 5,40m.

Capa: 29.

Muestra: CP-21.

Descripción litológica: Caliza muy meteorizada con textura diferencial, presenta aproximadamente 10% de fragmentos fósiles.

Color fresco: beige y marrón claro.

Color meteorizado: beige amarillento.

Espesor: 3,20m.

Capa: 30.

Descripción litológica: CUBIERTO.

Espesor: 23m.

Capa: 31

Muestra: CP-22.

Descripción litológica: Caliza masiva, con abundantes fragmentos fósiles de tamaños variables hasta 3cm. Presenta *Ophiomorpha sp* de 3 a 4cm de diámetro. Se observo sobre un plano con estrías de falla de pitch 45N. Capa con orientación N70E y buzamiento 63N.

Color fresco: gris medio con tonos rosados.

Color meteorizado: gris claro con tonos amarillentos.

Espesor: 4,9m.

Descripción de la foto: detalle de plano donde se observan las estrías de fallas descritas anteriormente.



Capa: 32.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Lutita.

Color fresco: gris oscuro.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 18m.

Capa: 33.

Muestra: CP-23 / CP-23A (nódulos).

Descripción litológica: Caliza con 25% de fragmentos fósiles, *Ophiomorpha sp* de 3cm de diámetro. Presenta nódulos de material carbonático amarillo pardo de diámetro variable hasta 8cm. Capa con orientación N50E y buzamiento 42N.

Color fresco: gris medio con tonos mas oscuros.

Color meteorizado: gris claro, beige y pardo.

Espesor: 10m.

Descripción de la foto: detalle de los nódulos carbonáticos presentes en la capa descrita.



Capa: 34.

Muestra: CP-24.

Descripción litológica: Caliza masiva con abundantes fósiles. Presenta un plano con estrías de falla con pitch 25N y plunge 51N. Capa con orientación N17E y buzamiento 32N.

Color fresco: colores varios, tonos cremas (rosado, anaranjado, gris, beige).

Color meteorizado: gris, beige y pardo claro.

Espesor: 4,2m.

Descripción de la foto: detalle de plano donde se observan las estrías de fallas descritas anteriormente.



Capa: 35.

Muestra: CP-25.

Descripción litológica: Lutita calcárea.

Color fresco: gris oscuro.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 10,6m.

Capa: 36.

Muestra: CP-26.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con abundantes fósiles (40%).

Color fresco: colores varios, tonos cremas (rosado, anaranjado, gris, beige).

Color meteorizado: gris, beige y pardo claro.

Espesor: 4,24m.

Capa: 37.

Muestra: CP-27.

Descripción litológica: caliza tipo wackstone con abundantes fósiles (40%). Los fósiles se encuentran medianamente preservados.

Esta capa representa el tope de la secuencia expuesta en la quebrada La Isla, estando en contacto de falla con la Formación Matatere.

Color fresco: gris claro con tonos rosados y beige.

Color meteorizado: gris, rosado y pardo.

Espesor: 11,13m.

Descripción de la foto: detalle de la abundancia de contenido fósil de la capa descrita.



DESCRIPCIÓN DE LAS QUEBRADAS LA TORTA Y TOPEYE (Levantamiento de base a tope).

Fecha del levantamiento: 27/04/2010.

Punto inicial del levantamiento: discordancia entre las formaciones Matatere y Capadare.

Coordenadas GPS: 436.203; 1.179.409.

Altura: 250msnm.

Estratificación Fm. Matatere: N44E70S.

Capa: 1.

Muestra: CPT-1 / CPT-2.

Descripción litológica: Conglomerado basal. Paraconglomerado polimíctico con gradación normal. Los clastos son de hasta 15cm de diámetro. Presenta una matriz de arenisca de grano grueso, o reacciona al HCl. Se observan pulsos periódicos de arenisca de grano fino compacta color gris. Base erosiva. La capa presenta una orientación N66E y un buzamiento de 45N.

Color fresco: varios.

Color meteorizado: varios.

Espesor: 2,30m.

Descripción de la foto: 1. contacto discordante entre las formaciones Matatere y Capadare. 2. Detalle de conglomerado basal descrito.



Capa: 2.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano muy fino con bioturbaciones ligeras hacia el tope.

Color fresco: gris claro.

Color meteorizado: marrón claro.

Espesor: 2,60m.

Capa: 3.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Lutita

Color fresco: gris oscuro.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 0,45m.

Capa: 4.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano medio mal escogida con fragmentos de roca. En la base presenta un nivel de limolita de 0,25m y hacia el tope *Ophiomorpha sp* de hasta 12cm de longitud.

Color fresco: gris, marrón claro y beige.

Color meteorizado: gris y marrón amarillento.

Espesor: 1,60m.

Capa: 5.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano medio con nieles de grava hacia la base, clastos de hasta 6mm de diámetro.

Color fresco: marrón.

Color meteorizado: rojizo.

Espesor: 0,28m.

Capa: 6.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano fino.

Color fresco: gris claro.

Color meteorizado: ocre.

Espesor: 0,60m.

Capa: 7.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano fino mal escogida con abundante bioturbación (*Thalassinoides sp* de 8cm de diámetro y al menos 20cm de longitud). Presenta niveles de yeso.

Color fresco: gris claro.

Color meteorizado: marrón claro con tonos grises.

Espesor: 0,7m.

Capa: 8.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano medio.

Color fresco: gris.

Color meteorizado: marrón claro.

Espesor: 0,3m.

Capa: 9.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Secuencia grano decreciente de arenisca, desde arenisca de grano medio a arenisca de grano fino. Presenta laminación paralela. Al tope *Thalassinoides sp* de al menos 1cm de diámetro.

Color fresco: gris claro y beige.

Color meteorizado: marrón con tonos grises.

Espesor: 0,97m.

Capa: 10.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano medio con niveles de oxidación en forma de costras y concreciones.

Color fresco: gris y beige.

Color meteorizado: marrón amarillento y marrón oscuro.

Espesor: 0,3m.

Capa: 11.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Arenisca de grano medio con intensa bioturbación que aumenta al

tope. Ophiomorfas de 5cm de diámetro y hasta 40cm de longitud. Presencia de oxidación.

Color fresco: Marrón claro.

Color meteorizado: amarillo con tonos pardos y rojizos.

Espesor: 0,95m.

Descripción de la foto: detalle, nódulos de óxido en la capa descrita.



Capa: 12.

Muestra: CPT-3.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla con bioturbaciones. *Thalassinoides sp* de hasta 12cm de diámetro y 40cm de longitud y *Ophiomorpha sp* de hasta 3cm de diámetro y 40cm de longitud. Hacia la base presenta un enrejado complejo de *Thalassinoides sp*.

Color fresco: beige.

Color meteorizado: marrón claro.

Espesor: 1,40m.

Descripción de la foto: detalle de *Ophiomorpha* en la capa descrita.



Capa: 13.

Muestra: CPT-4.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone con un nivel de 20cm (a 1,20m del tope) de abundantes extraclásticos con ostras (de hasta 10cm de diámetro) y laminación. Presenta concreciones de hasta 15cm de diámetro.

Color fresco: gris claro y beige amarillento.

Color meteorizado: gris claro con marrón pardo.

Espesor: 2,5m.

Descripción de la foto: detalle de nivel de ostreas de gran tamaño y mayor porcentaje de extraclásticos.



Capa: 14.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: lutita con niveles de yeso.

Color fresco: gris oscuro.

Color meteorizado: gris claro.

Espesor: 0,86m.

Capa: 15.

Muestra: CPT-5.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla, con aproximadamente 20% de contenido fósil. Presenta fragmentos de roca carbonática de hasta 6cm de diámetro. Se identificaron turrítelas retrabajadas de 8cm de longitud y 4cm de diámetro, ostreas y bivalvos de tamaños hasta 4cm.

Color fresco: marrón claro.

Color meteorizado: marrón con tonos anaranjados.

Espesor: 1,4m.

Descripción de la foto: 1. Detalle de corte longitudinal de turrítela dentro de la capa descrita. 2. Detalle de fragmento de roca carbonática embebido en la capa descrita.



Capa: 16.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Secuencia de arenisca de grano medio bioturbada con caliza tipo packstone.

Color fresco: gris claro y beige.

Color meteorizado: gris y marrón con tonos pardo.

Espesor: 2,2m (caliza 0,45m; arenisca: 0,65m).

Descripción de la foto: vista general de la secuencia descrita.



Capa: 17.

Muestra: CPT-6A (base) / CPT-6B (tope)

Descripción litológica: Caliza tipo packstone. Fósiles identificados: turrítelas (5cm de diámetro), bivalvos (6,5cm) y otros moluscos de tamaños variables de hasta 3cm. Hacia la base se presenta masiva y al tope (últimos 1,92m) presenta estratificación paralela.

Color fresco: gris con tonos rosados y beige.

Color meteorizado: gris claro con tonos rojizos.

Espesor: 7,92m.

Descripción de la foto: detalle de corte transversal de turrítela dentro de la capa descrita.



Capa: 18.
Descripción litológica: CUBIERTO.
Espesor:

Capa: 19.
Muestra: S/M.
Descripción litológica: Caliza tipo packstone que pasa transicionalmente a carbonato de mezcla. En la base presenta mayor porcentaje de contenido fósil que va disminuyendo progresivamente hacia el tope, mientras el contenido de extraclástico va aumentando. Al tope se observa estratificación paralela y cruzada planar.
Color fresco: gris con tonos rosados y beige.
Color meteorizado: gris y marrón claros con tonos rosados y pardos.
Espesor: 1,30m.
Descripción de la foto: vista general de la capa descrita. Detalle de estructura sedimentaria: estratificación cruzada planar.



Capa: 20.
Muestra: CPT-7.
Descripción litológica: Arenisca de grano fino carbonática con abundante contenido micáceo. Presenta estratificación cruzada bimodal (de 12cm de ancho). Hacia la base (primeros 0,63m) arenisca de grano medio a grueso con fragmentos de fósiles re TRABAJADOS hasta llegar a la estratificación cruzada bimodal donde empieza a disminuir el tamaño de grano y se

homogeniza texturalmente. El cambio es transicional.

Color fresco: gris.
Color meteorizado: gris claro y beige.
Espesor: 1,47m.

Capa: 21.
Muestra: S/M.
Descripción litológica: secuencia de arenisca de grano medio con niveles conglomeráticos a la base. A partir del segundo pulso de la secuencia las areniscas aumentan el porcentaje de fósiles y estos y los clastos también aumentan de tamaño. Los fósiles identificados fueron bivalvos de hasta 4cm y fósiles re TRABAJADOS de hasta 2cm. Los clastos variaban desde de 3mm a 2cm. Capa muy meteorizada.
Color fresco: no observable.
Color meteorizado: amarillo, marrón (varios tonos), pardo.
Espesor: 2,76.

Capa: 22.
Muestra: S/M.
Descripción litológica: Carbonato de mezcla con base irregular. Exhibe *Ophiomorpha sp* poco abundantes de hasta 4cm de diámetro y 20 cm de largo y *Thalassinoides sp* de hasta 2cm de diámetro. Presenta fragmentos de roca (grava) de hasta 6mm, pocos fragmentos fósiles re TRABAJADOS.
Color fresco: marrón claro y beige.
Color meteorizado: gris y marrón con tonos pardo.
Espesor: 2,96m.

Capa: 23.
Descripción litológica: CUBIERTO
Espesor:

Capa: 24.
Muestra: CPT-8A (tope) / CPT-8B (base).
Descripción litológica: Carbonato de mezcla que pasa transicionalmente a caliza tipo wackstone al tope. Fósiles identificados al tope: turrítelas de hasta 2cm de diámetro y 5,5cm de longitud y otros gasterópodos de hasta 3cm, y hacia la base: bivalvos desarticulados bien preservados.
Color fresco: gris blanzuzco con tonos beige
Color meteorizado: beige con tonos amarillento.
Espesor:
Descripción de la foto: vista general de la capa descrita.

**Capa: 25.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Arenisca de grano medio muy meteorizada. Esta capa presenta una orientación N75E10N.**Color fresco:** no observable.**Color meteorizado:** marrón oscuro con tonos amarillentos y rojizos.**Espesor:** 1,40m.**Capa: 26.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** secuencia de arenisca de grano medio con arenisca de grano fino. Secuencia muy meteorizada.**Color fresco:** no observable.**Color meteorizado:** amarillo y pardo.**Espesor:** 3,27m.**Capa: 27.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Carbonato de mezcla muy meteorizado con fragmentos fósiles.**Color fresco:** no observable.**Color meteorizado:** marrón claro amarillento y pardo.**Espesor:** 1m.**Capa: 28.****Muestra:** CPT-9.**Descripción litológica:** Carbonato de mezcla con abundante mica. Presenta niveles de oxidación, concreciones de hasta 4cm de diámetro y estratificación cruzada hacia la base y paralela al tope. Exhibe *Ophiomorpha sp* de hasta 3cm de diámetro y 20cm de longitud y *Thalassinoides sp* de hasta 3cm de diámetro.**Color fresco:** gris medio.**Color meteorizado:** pardo.**Espesor:** 0,9m.**Descripción de la foto:** vista general de la capa descrita.**Capa: 29.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Arenisca de grano fino poco consolidada (friable) muy meteorizada con niveles de oxidación de 20cm. Presenta niveles de yeso.**Color fresco:** gris claro.**Color meteorizado:** amarillento.**Espesor:** 1,67m.**Capa: 30.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Intercalación de arenisca de grano medio con arenisca de grano fino. La secuencia presenta orientación N30E y buzamiento 24N.**Color fresco:** gris claro y beige.**Color meteorizado:** amarillento y pardo.**Espesor:** 4,97m.**Capa: 31.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Carbonato de mezcla con meteorización diferencial. Capa muy meteorizada.**Color fresco:** no observable.**Color meteorizado:** amarillo, pardo.**Espesor:** 2,2m.**Capa: 32.****Muestra:** CPT-10.**Descripción litológica:** Caliza tipo wackstone. Presenta una leve laminación. No se identificaron fósiles, sólo fragmentos.**Color fresco:** gris con tonos blanco y beige.**Color meteorizado:** gris claro y pardo.**Espesor:** 0,34m.**Capa: 33.****Muestra:** S/M.**Descripción litológica:** Caliza tipo wackstone. Presenta una leve laminación. No se identificaron fósiles, sólo fragmentos.**Color fresco:** gris con tonos blanco y beige.**Color meteorizado:** gris claro y pardo.**Espesor:** 2,6m.

Capa: 34.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Limolita muy meteorizada.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: marrón amarillento.

Espesor: 1,95m.

Capa: 35.

Muestra: CPT-11.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla con fragmentos fósiles. Turrítelas de hasta 0,5cm de diámetro y 1,5cm. Fragmentos de cuarzo de hasta 3cm de diámetro. La capa presenta una orientación N80E y un buzamiento de 75N.

Color fresco: marrón claro y beige.

Color meteorizado: gris y marrón con tonos pardo.

Espesor: 2,35m.

Capa: 36.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Caliza tipo wackstone masiva que aumenta el contenido de extraclásticos hacia el tope pasando a ser un carbonato de mezcla (últimos 0,6m) menos masivo. Se identificaron turrítelas de hasta 2cm de diámetro.

Color fresco: beige.

Color meteorizado: pardo.

Espesor: 2,35m.

Capa: 37.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Limolita muy meteorizada.

Color fresco: no observable.

Color meteorizado: marrón amarillento.

Espesor: 1,95m.

Capa: 38.

Muestra: S/M.

Descripción litológica: Carbonato de mezcla con aproximadamente 5% de fósiles retrabajados. Se identificaron bivalvos de hasta 0,5cm y turrítelas. Presenta laminación paralela.

Color fresco: gris.

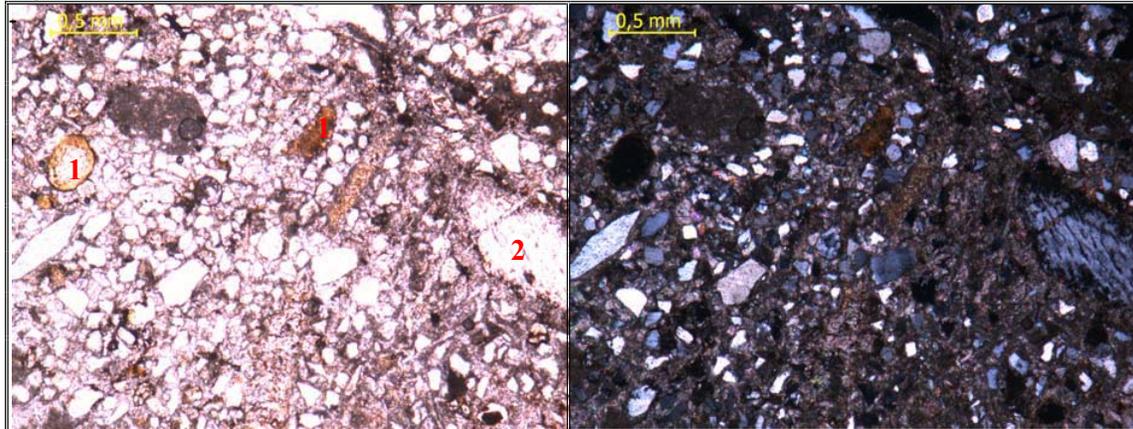
Color meteorizado: gris claro con tonos marrones.

Espesor: 3,55m.

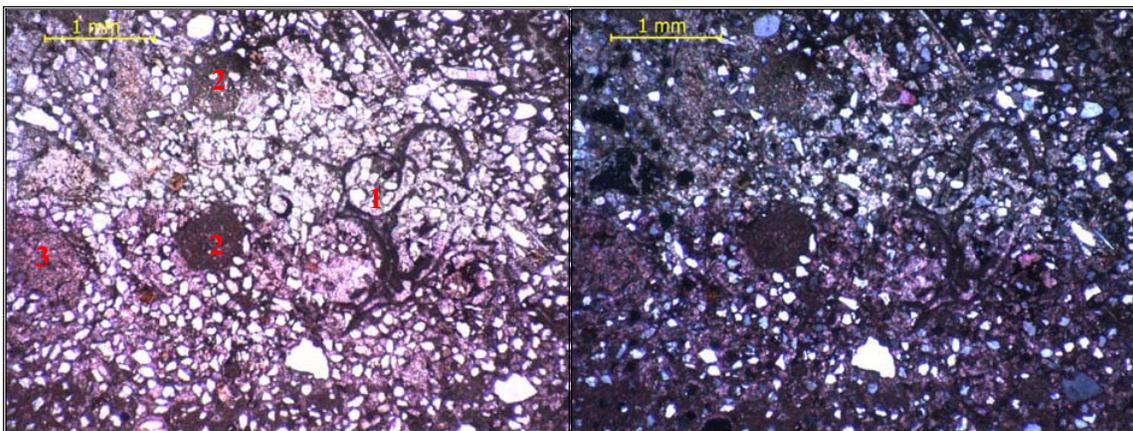
8.3. Apéndice III. Observaciones petrográficas. Macuere, estado Lara: todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nicols paralelos y la derecha en nicols cruzados.

8.3.1. Macuere, estado Lara

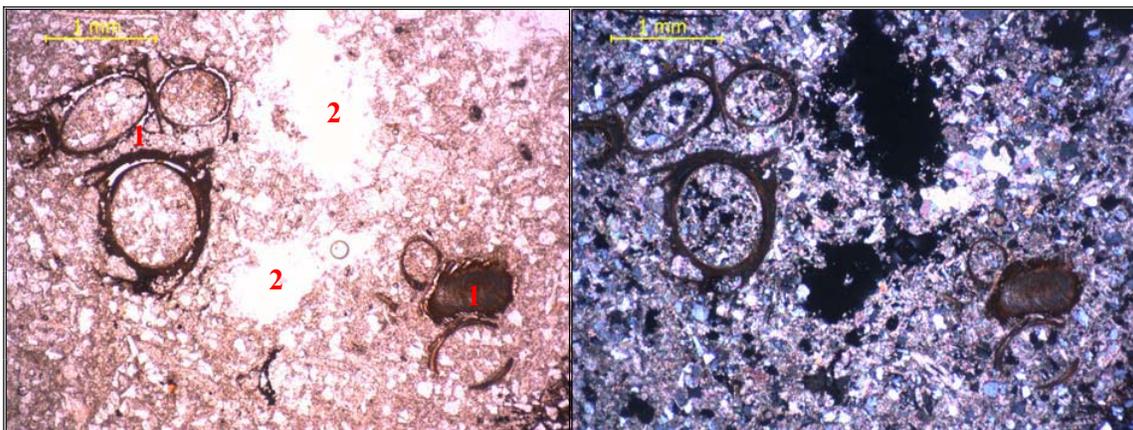
- Quebrada La Isla



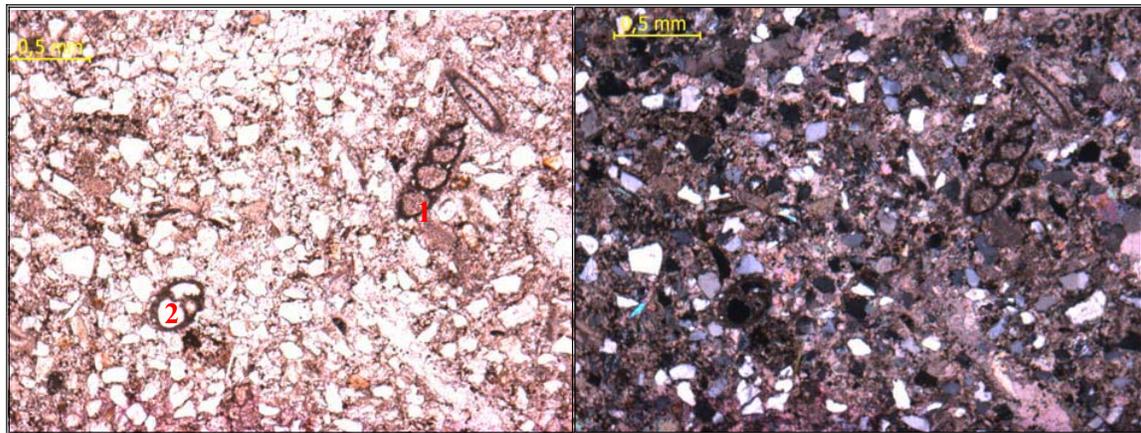
Fotomicrografía 1. Muestra: CP-1. Detalles: 1. Pelets con glauconitización. El pelets de la derecha muestra porosidad por disolución en su parte central. **2.** Fragmento de feldespato de gran tamaño respecto al resto de los extraclásticos.



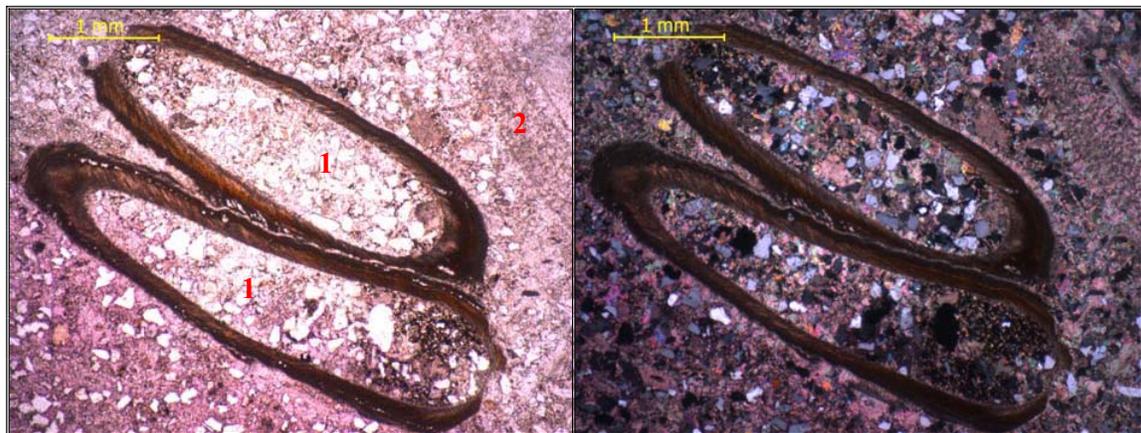
Fotomicrografía 2. Muestra: CP-1. Detalles: 1. Corte transversal de Anélido (poliqueto) recrystalizado. **2.** Pelets. El pelets de arriba presenta recrystalización inicial (microespato). **3.** Fragmento de foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



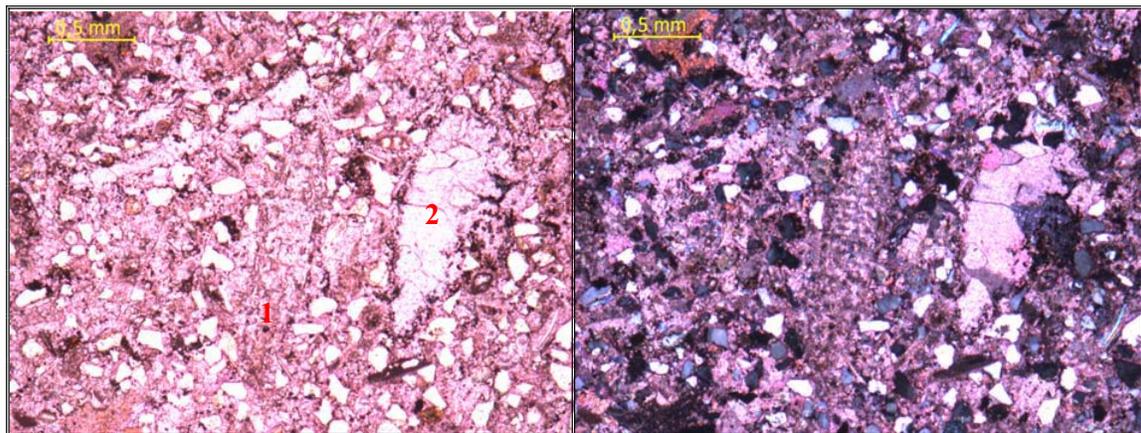
Fotomicrografía 3. Muestra: CP-2. Detalles: 1. Corte transversal de Anélidos (poliquetos), presentan porosidad por disolución en su parte central. **2.** Porosidad secundaria, por disolución de ortoquímicos presentes.



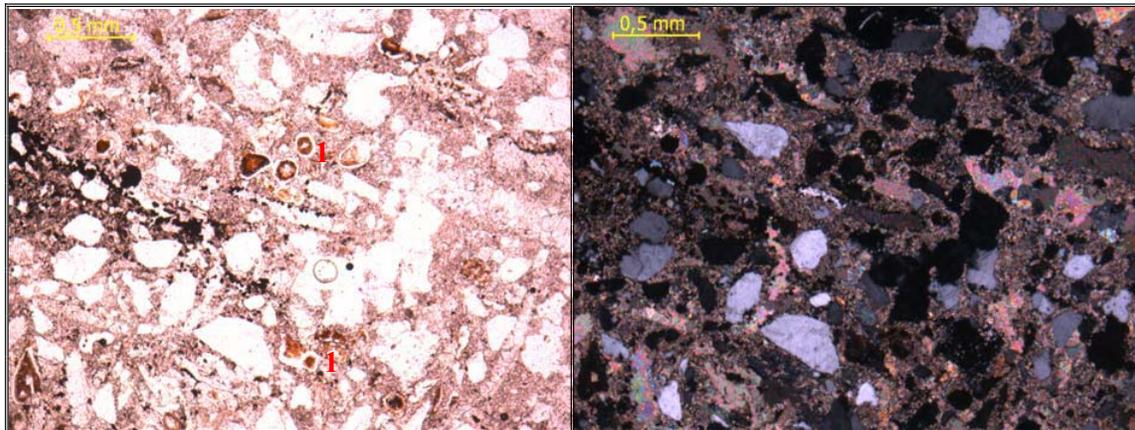
Fotomicrografía 4. Muestra: CP-2. Detalles: 1. Foraminífero béntico uniseriado. **2)** Foraminífero béntico seriado.



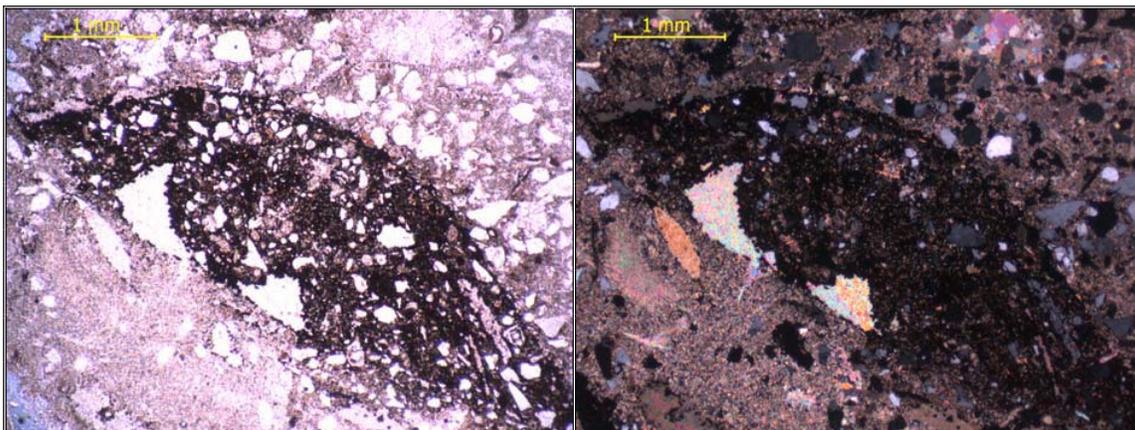
Fotomicrografía 5. Muestra: CP-2B. Detalles: 1. Corte transversal de Anélido (Poliqueto), relleno del mismo material del exterior. **2.** Foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



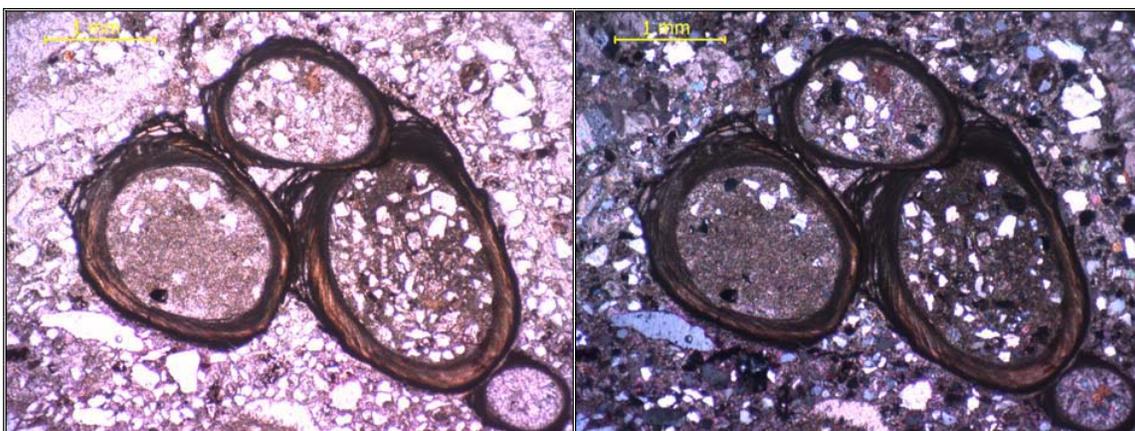
Fotomicrografía 6. Muestra: CP-2B. Detalles: 1. Foraminífero béntico *Miogypsina Sp.* **2.** Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



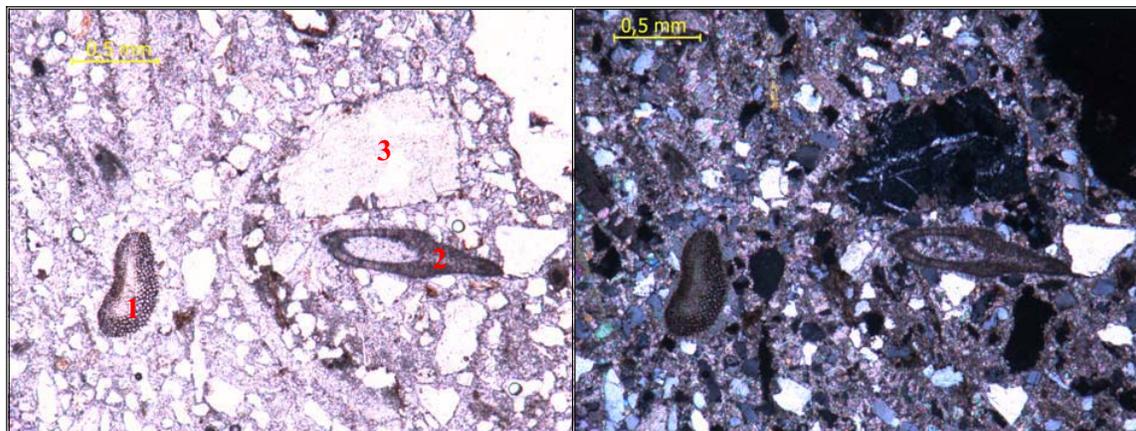
Fotomicrografía 7. Muestra: CP-3A. General: porcentaje considerable de extraclásticos, principalmente fragmentos de cuarzo y feldespato subangulares. A la izquierda de la Fotomicrografía se observa una franja orientada e interrumpida (acuñada) de óxidos en la matriz. **Detalles: 1.** Concentración de ooides.



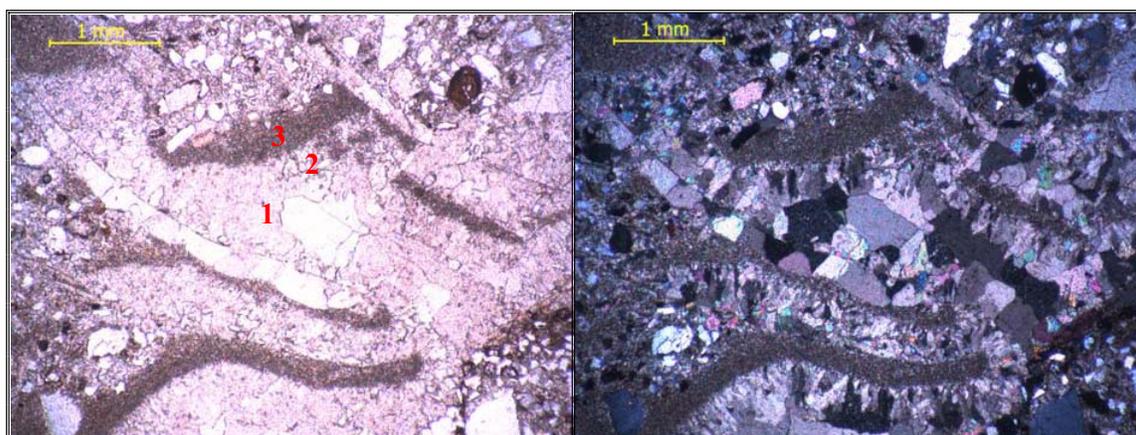
Fotomicrografía 8. Muestra: CP-3A. Detalle: Concentración de fosfato y óxidos.



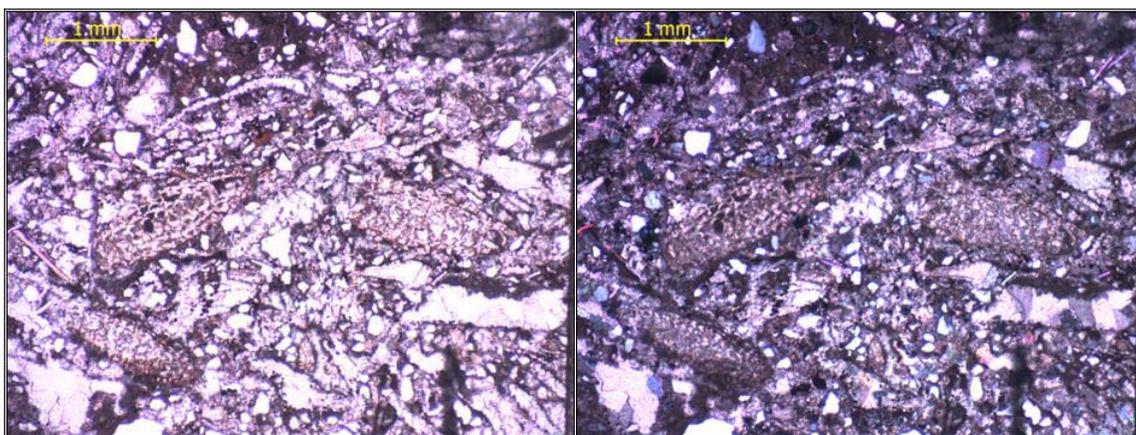
Fotomicrografía 9. Muestra: CP-3B. Detalle: Corte transversal de Anélido (poliqueto). El material que esta relleno los poliquetos no es constante en todos los círculos, ni coincidente con el material del exterior.



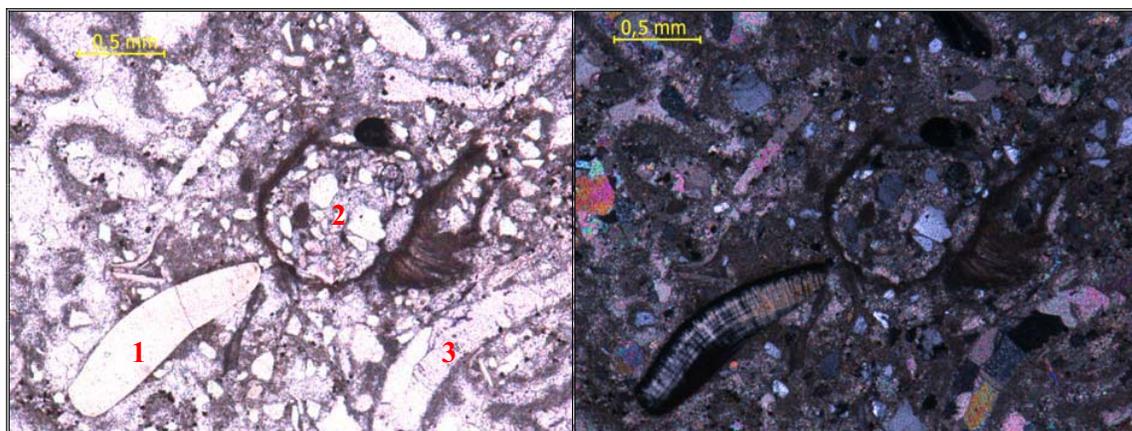
Fotomicrografía 10. Muestra: CP-3B. **Detalles:** 1. Fragmento de equinodermo. 2. Fragmento de Anélido (poliqueto). 3. Fragmento de roca (chert) de gran tamaño respecto al resto de los extraclásticos presentes.



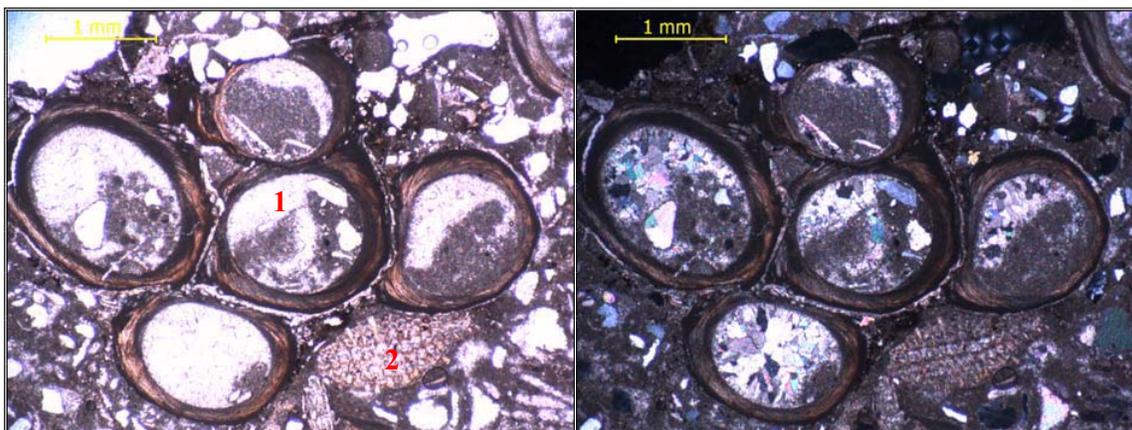
Fotomicrografía 11. Muestra: CP-3B. **General:** diversidad de texturas en las que se presenta el cemento tamaño espato en esta muestra. **Detalles:** 1. Espato con textura mosaico o equigranular. 2) Espato textura radial o radiaxial. 3) Microespato.



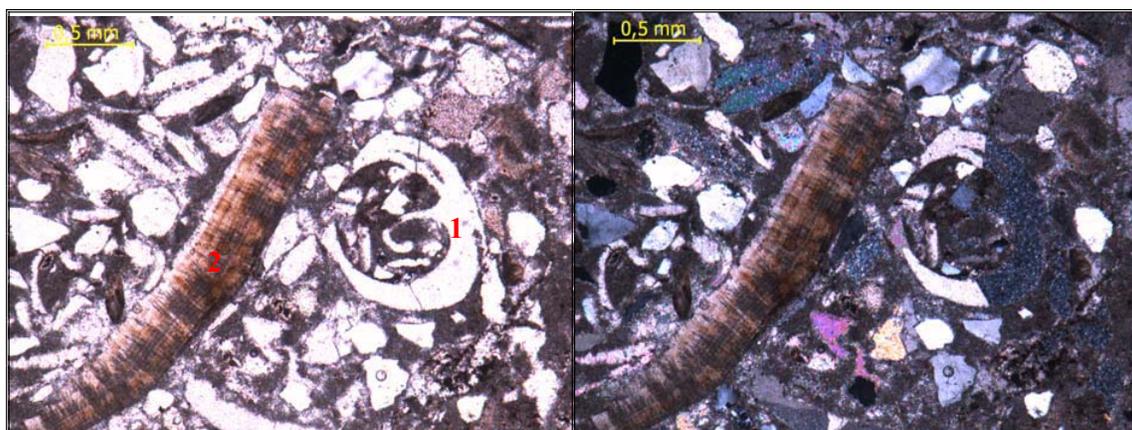
Fotomicrografía 12. Muestra: CP-4. **General:** La mayor parte de la muestra esta representada por foraminíferos bénticos *Miogypsina Sp.*



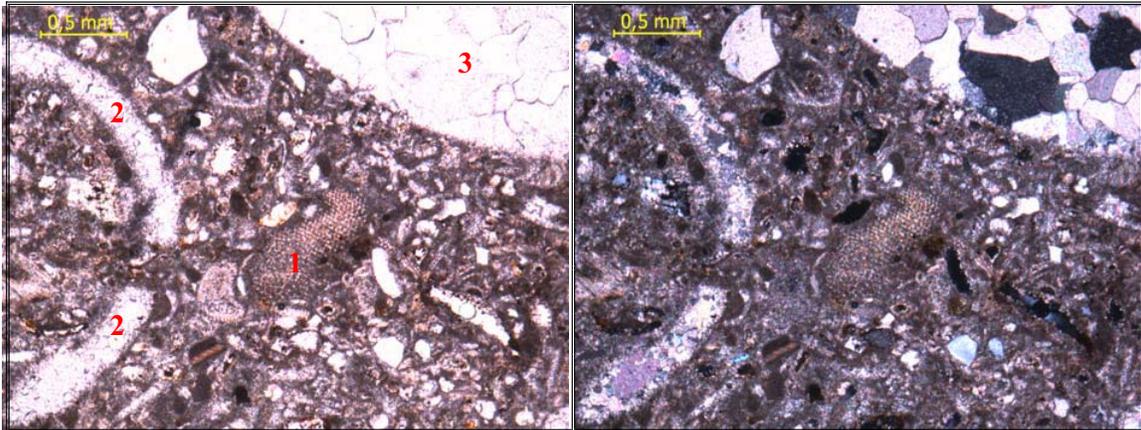
Fotomicrografía 13. Muestra: CP-4. Detalles: 1. Fragmento de molusco fosfatizado. 2. Anélido (poliqueto) relleno de un material con mayor contenido extraclástico que el del exterior. 3) Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



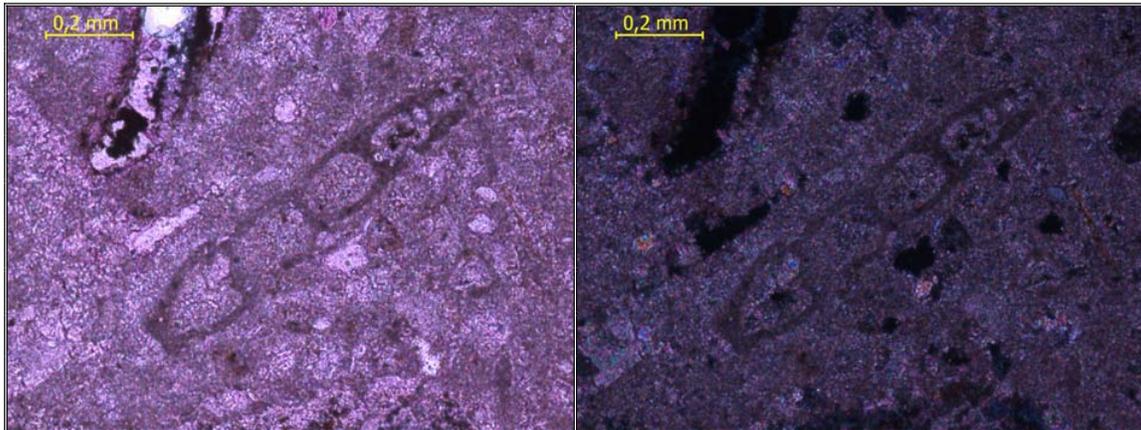
Fotomicrografía 14. Muestra: CP-5. Detalles: 1. Acumulación de Poliquetos (Anélidos). 2. Foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



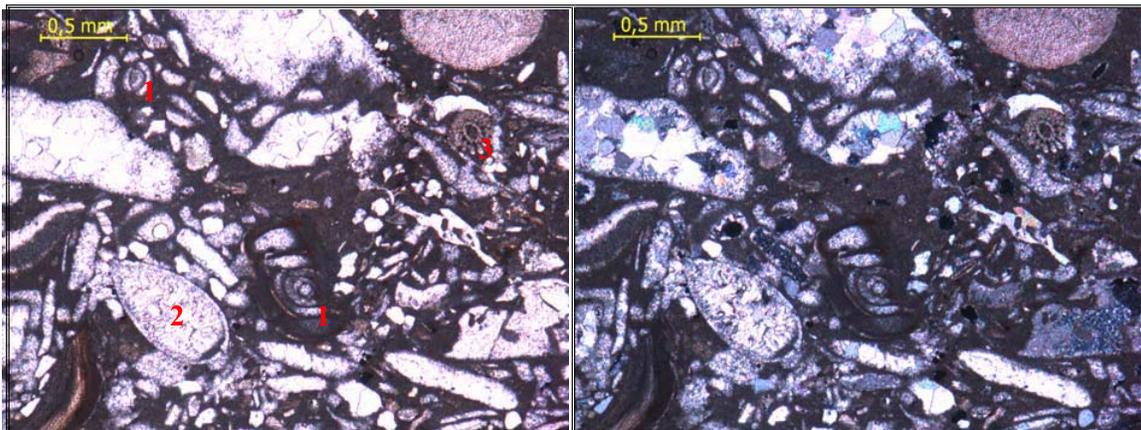
Fotomicrografía 15. Muestra: CP-5. Detalles: 1. Corte transversal de Gasterópodo. 2. Fragmento de molusco fosfatizado.



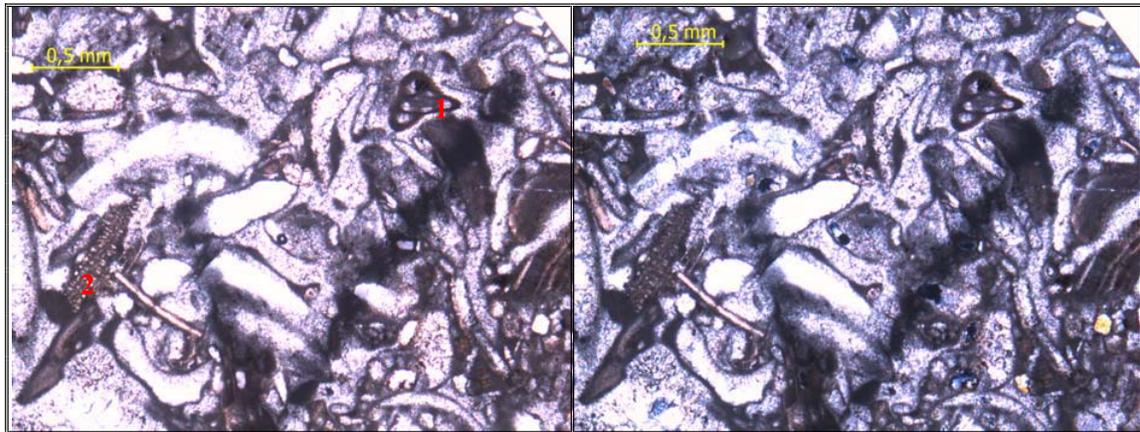
Fotomicrografía 16. Muestra: CP-6. Detalles: 1. Fragmento de equinodermo. **2.** Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. **3)** Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



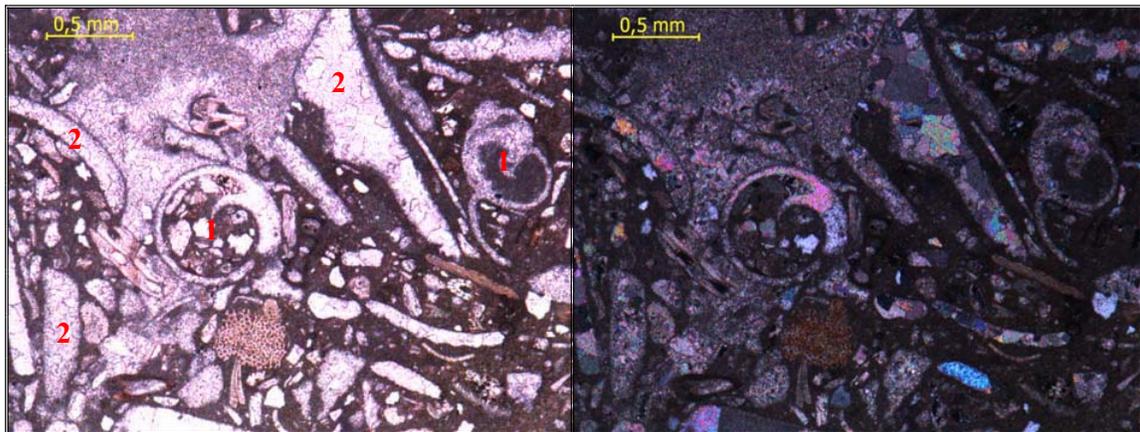
Fotomicrografía 17. Muestra: CP-6. Detalle: Foraminífero béntico uniseriado.



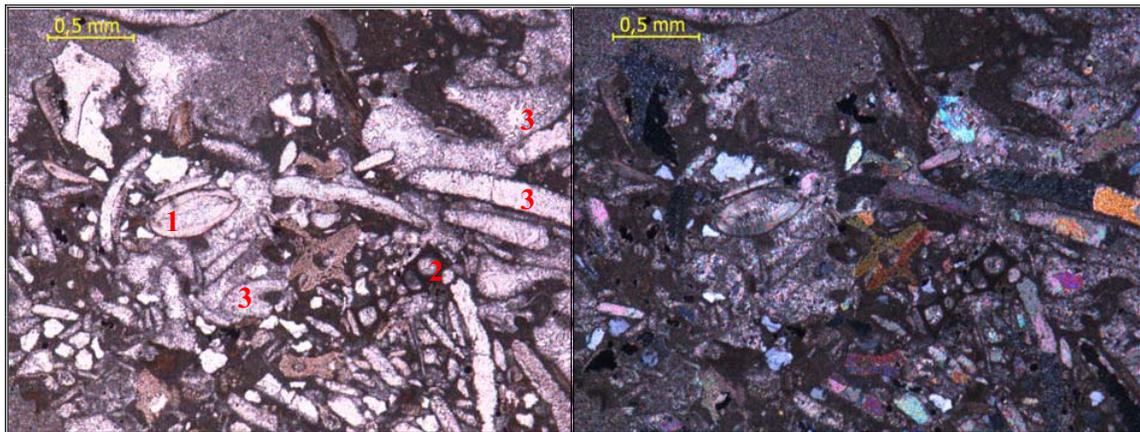
Fotomicrografía 18. Muestra: CP-7A. Detalles: 1. Foraminífero béntico: *Miliolido Sp.* **2.** Ooide recristalizado **3.** Corte transversal de espina de equinoide.



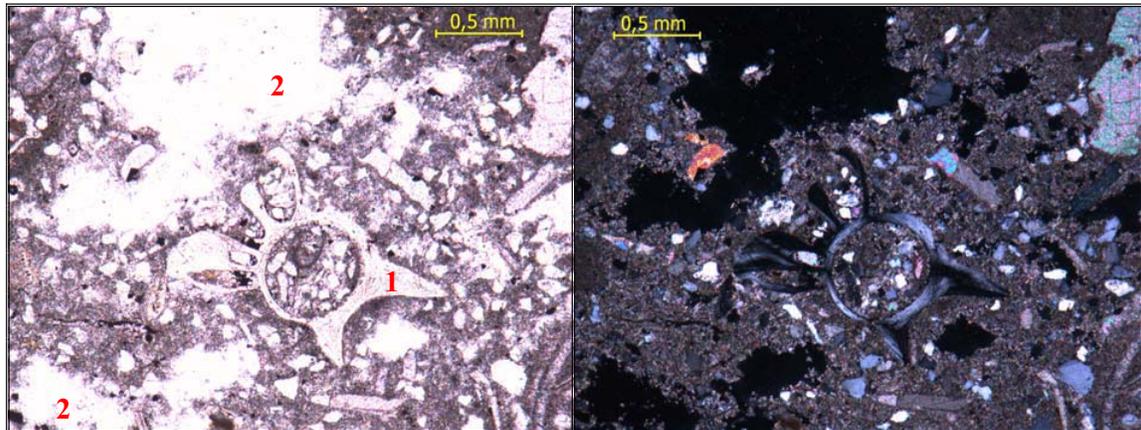
Fotomicrografía 19. Muestra: CP-7A. Detalles: 1. Foraminífero béntico: *Milliolido Sp.* 2. Foraminífero béntico: *Miogypsina Sp.*



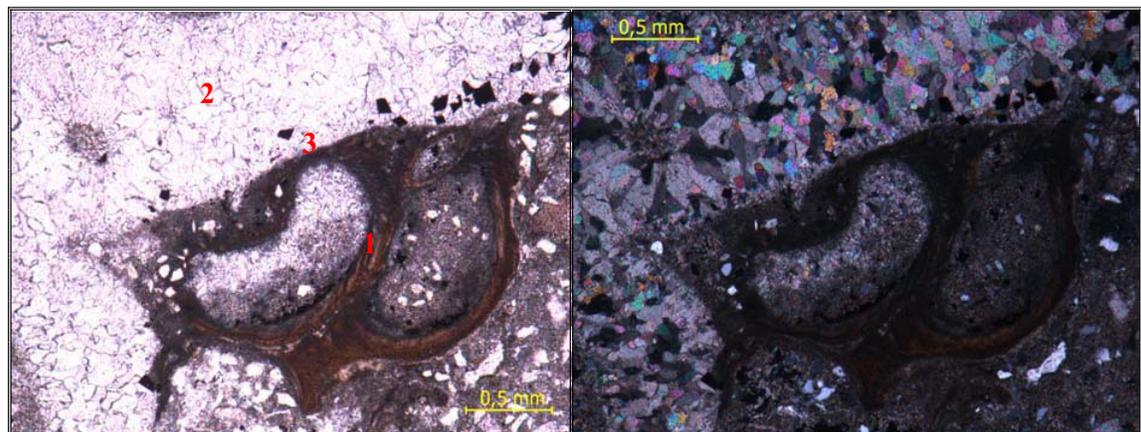
Fotomicrografía 20. Muestra: CP-7B. Detalles: 1. Corte transversal de Gasterópodo. 2. Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial.



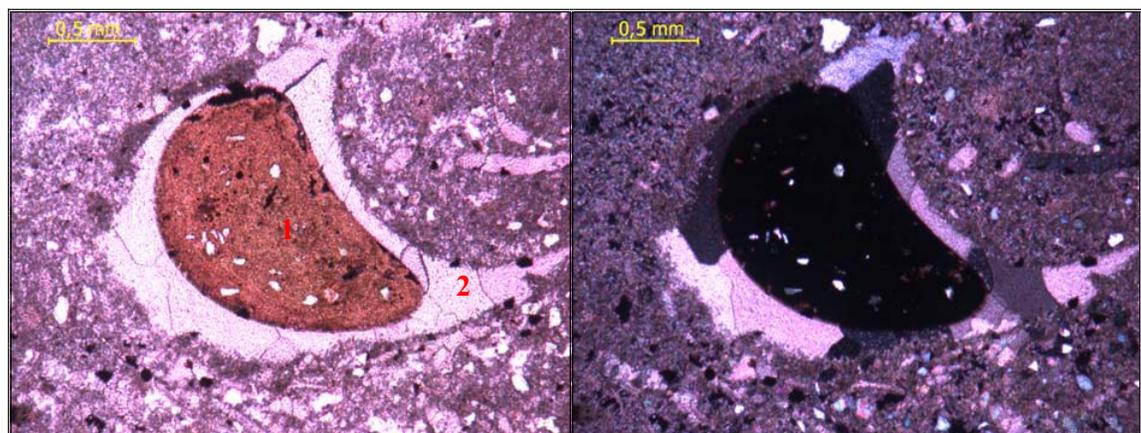
Fotomicrografía 21. Muestra: CP-7B. Detalles: 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Foraminífero béntico uniseriado. 3. Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial.



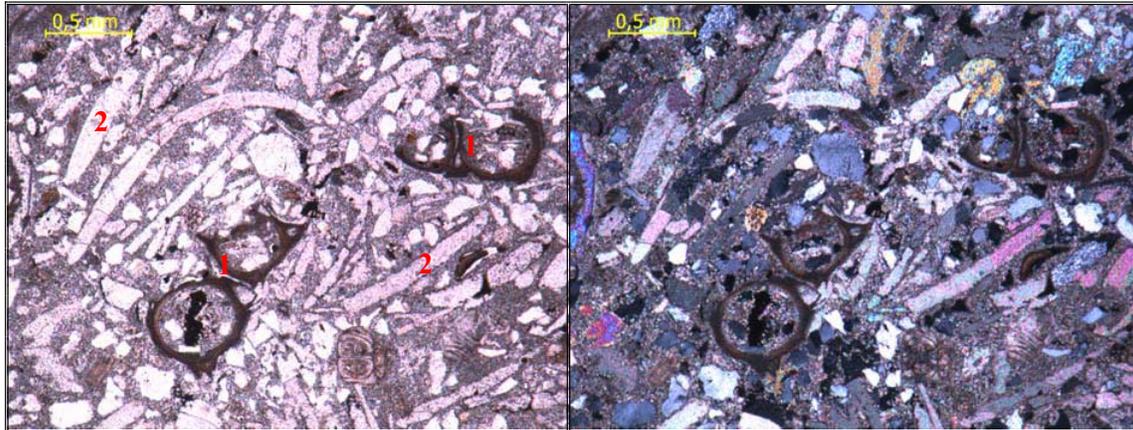
Fotomicrografía 22. Muestra: CP-8. Detalles: 1. Anélido (poliqueto) silificado. 2. Porosidad secundaria por disolución de ortoquímicos.



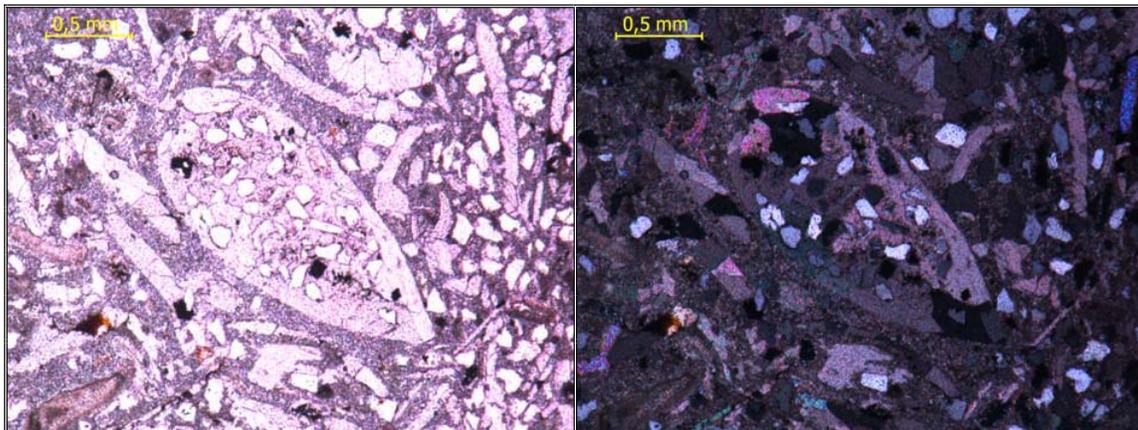
Fotomicrografía 23. Muestra: CP-8. Detalles: 1. Poliquetos (anélidos). 2. Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. 3. Cemento tamaño espato con textura radial o radiaxial.



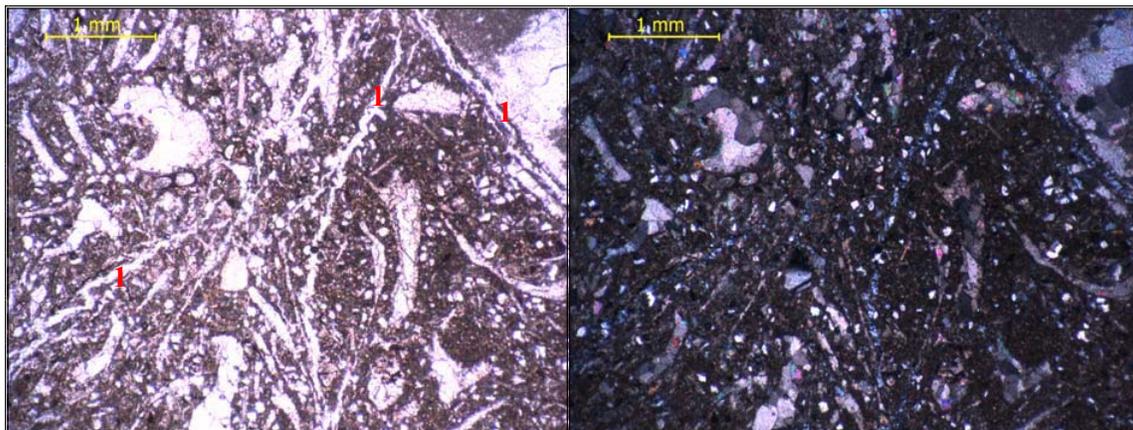
Fotomicrografía 24. Muestra: CP-8. Detalles: 1. Fragmento de caliza fosfatizada. 2. Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



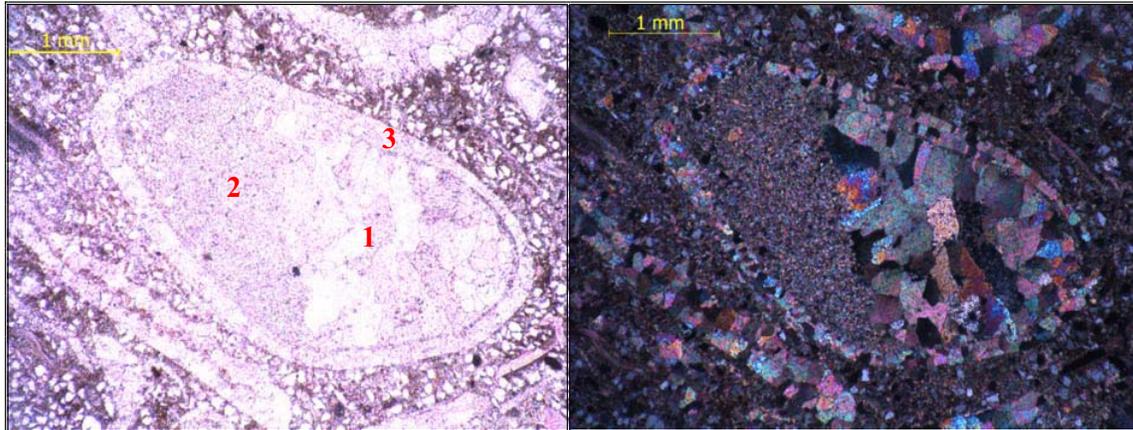
Fotomicrografía 25. Muestra: CP-9. **Detalles:** 1. Poliquetos (anélidos). 2. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



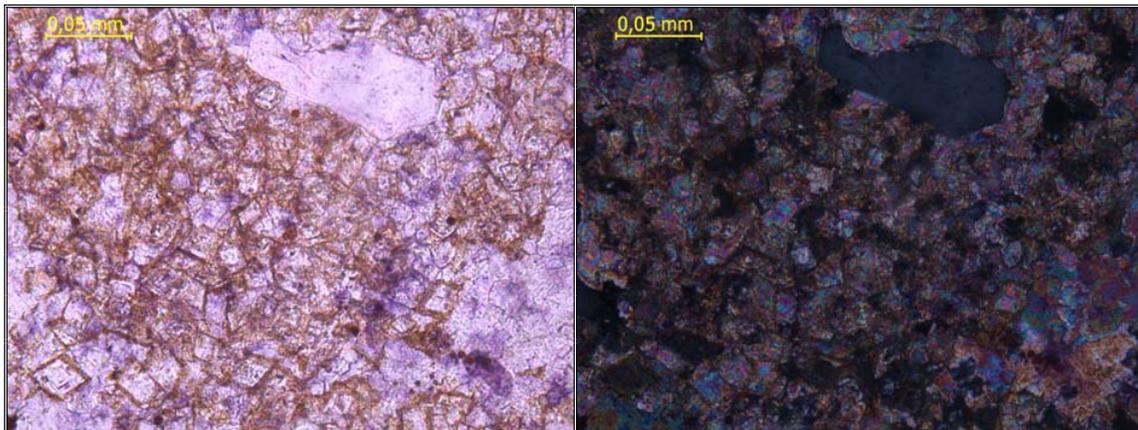
Fotomicrografía 26. Muestra: CP-9. **Detalle** Corte transversal de molusco relleno con el material igual al del alrededor (extraclásticos y cemento tipo espato).



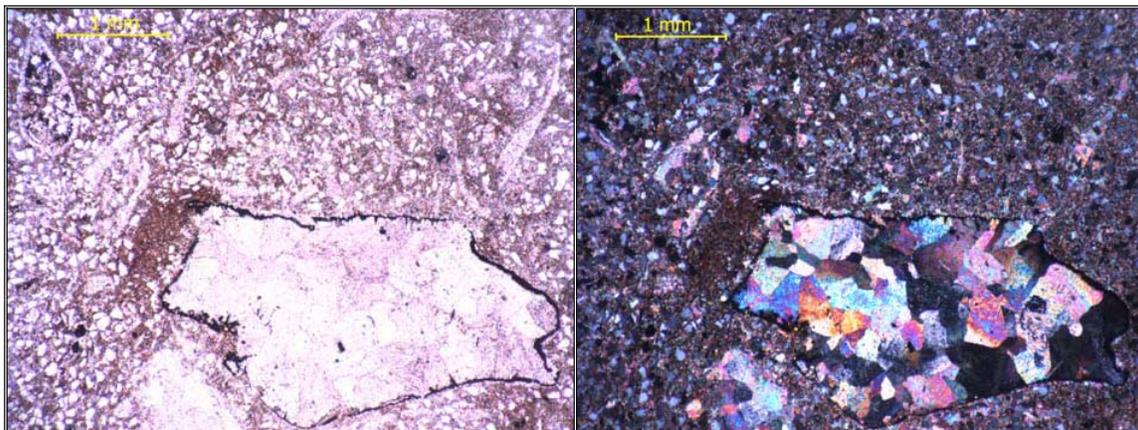
Fotomicrografía 27. Muestra: CP-11. **General:** Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial. **Detalles:** 1. Vetillas de cuarzo que se distribuyen en forma de red en toda la muestra.



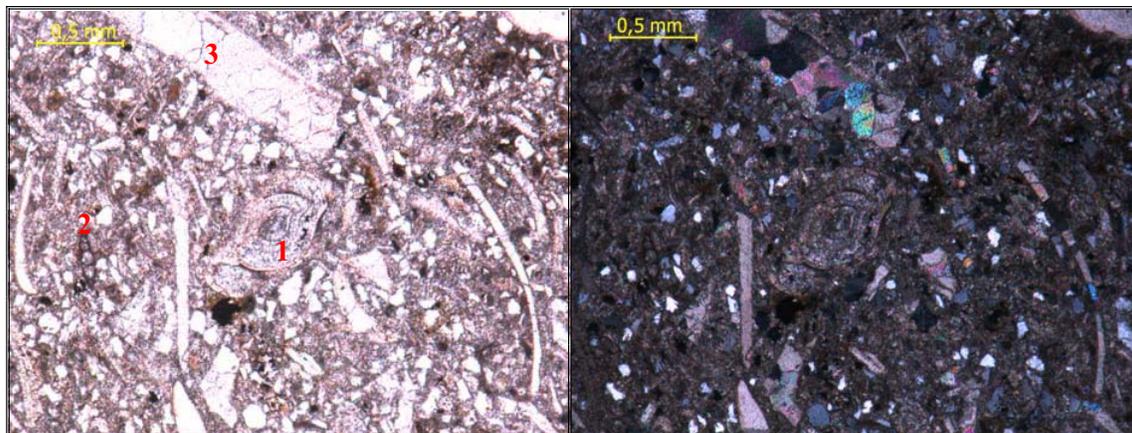
Fotomicrografía 28. Muestra: CP-12A. **Detalle:** Oncoide recristalizado, se pueden observar las texturas del cemento: 1. Espato con textura equigranular. 2. Microespato. 3. Espato con textura radial.



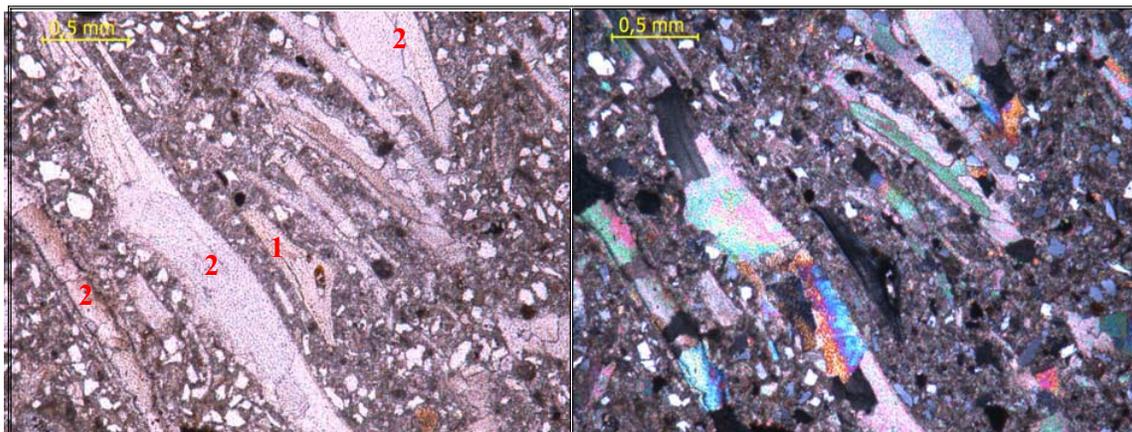
Fotomicrografía 29. Muestra: CP-12A. **Detalles:** Proceso de dolomitización de la matriz carbonática (micrita)..



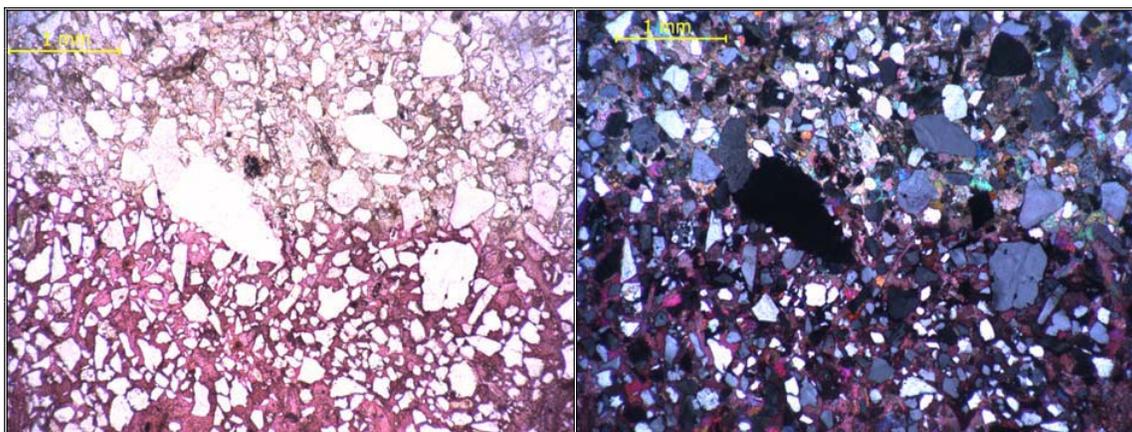
Fotomicrografía 30. Muestra: CP-12A. **Detalles:** Fragmento de molusco con inversión heteroaxial con piritización en los bordes.



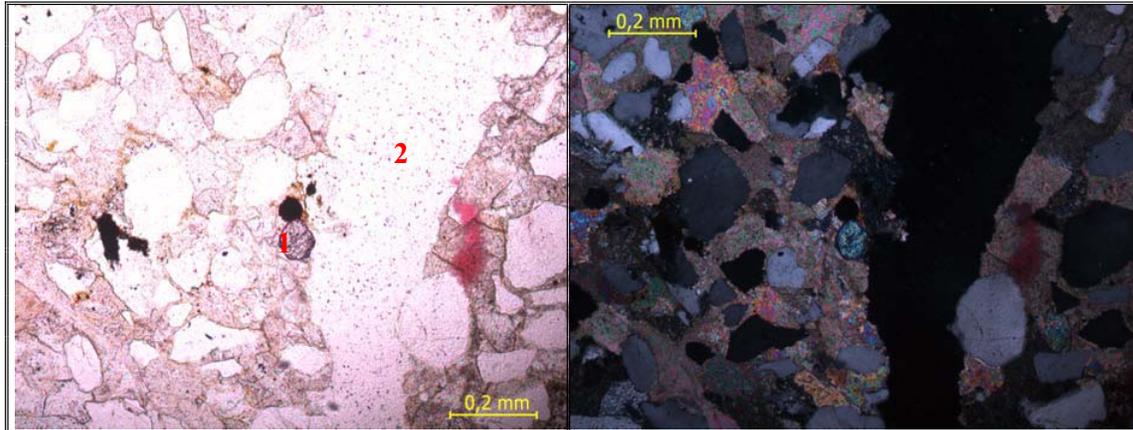
Fotomicrografía 31. Muestra: CP-12B. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Foraminífero béntico uniseriado. 3. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



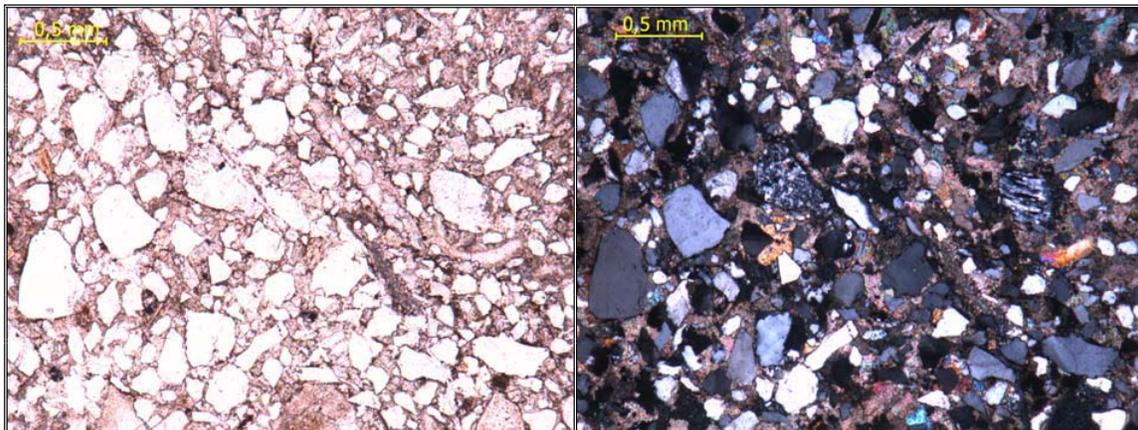
Fotomicrografía 32. Muestra: CP-12B. **Detalles:** 1. Silicificación de fragmento de equinodermo (espícula o articulación). 2. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



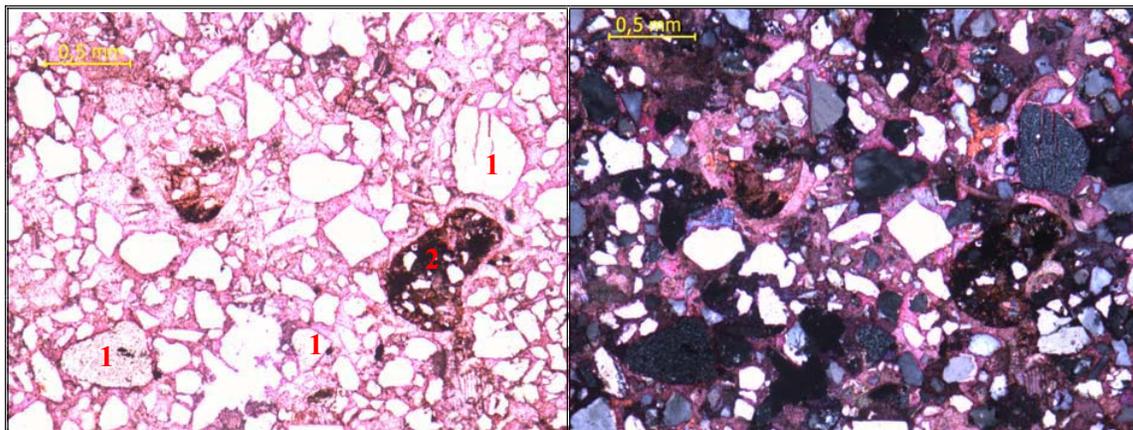
Fotomicrografía 33. Muestra: CP-14A. **General:** alto porcentaje considerable de extraclásticos (40%), muestra mal escogida.



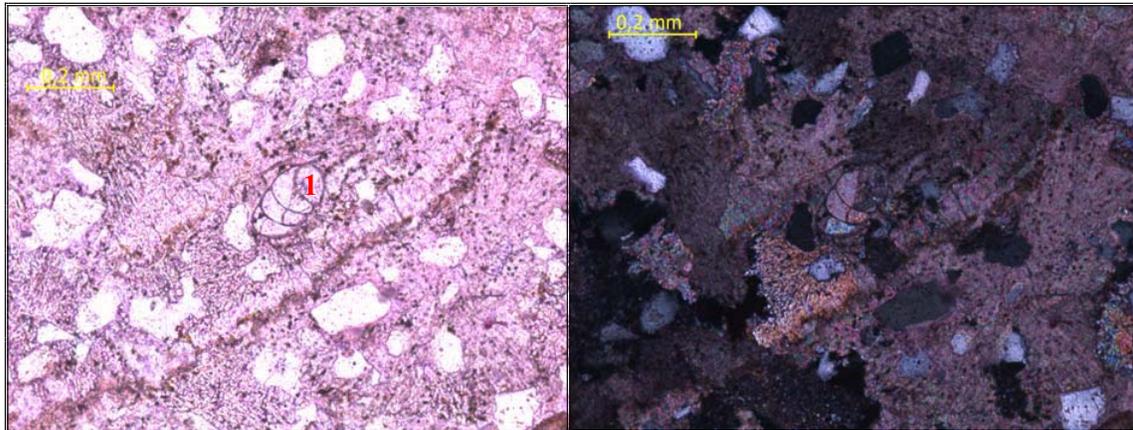
Fotomicrografía 34. Muestra: CP-14A. **Detalles:** 1. Cristal de circón, mineral accesorio en la muestra. 2. Porosidad secundaria por disolución.



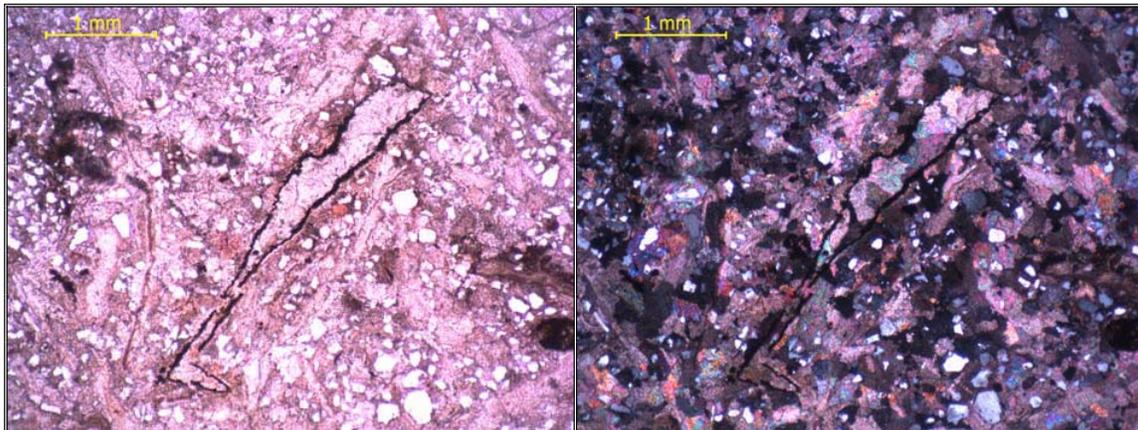
Fotomicrografía 35. Muestra: CP-14B. (Muestra IDEM a la CP-14A). **General:** alto porcentaje considerable de extraclásticos (40%), muestra mal escogida.



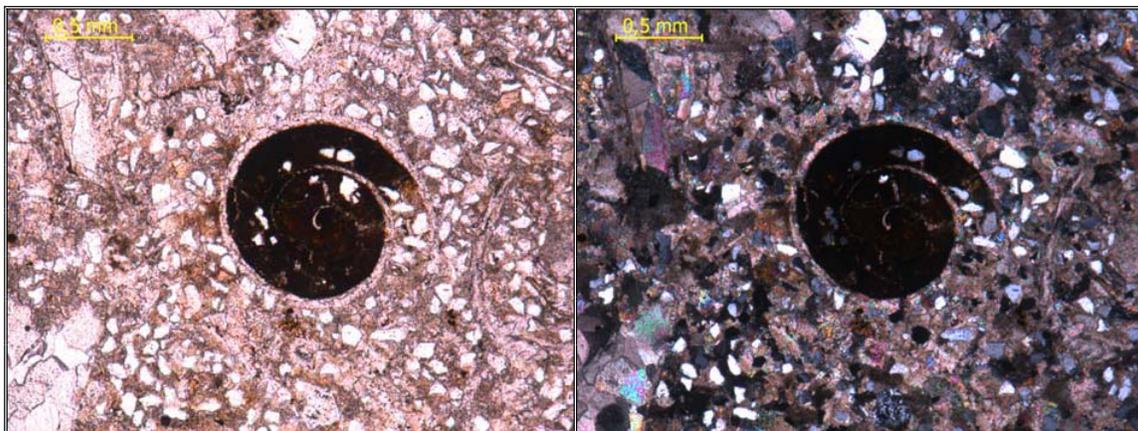
Fotomicrografía 36. Muestra: CP-14B. **Detalles:** 1. Fragmentos de roca: Chert, algunos fracturados. 2. Fragmento de roca: caliza impura fosfatizada.



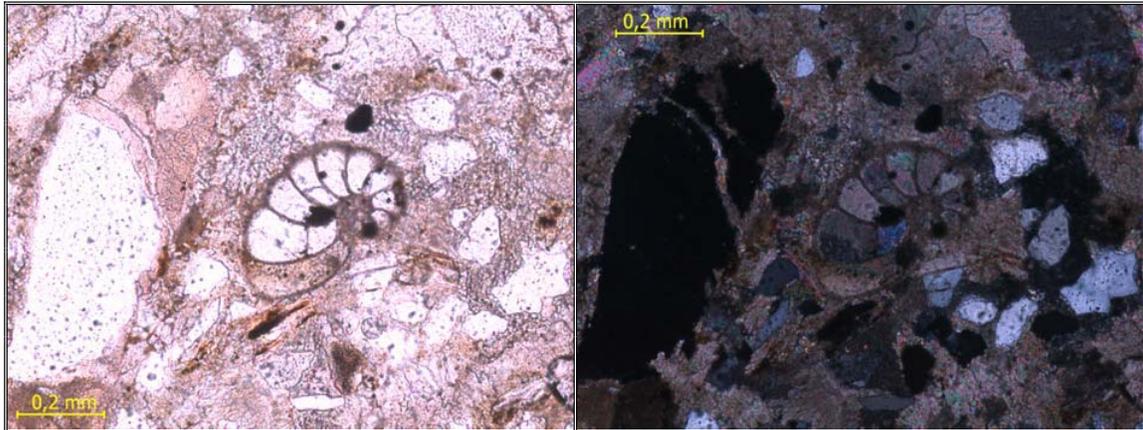
Fotomicrografía 37. Muestra: CP-15. Detalles: 1. Foraminífero béntico uniseriado.



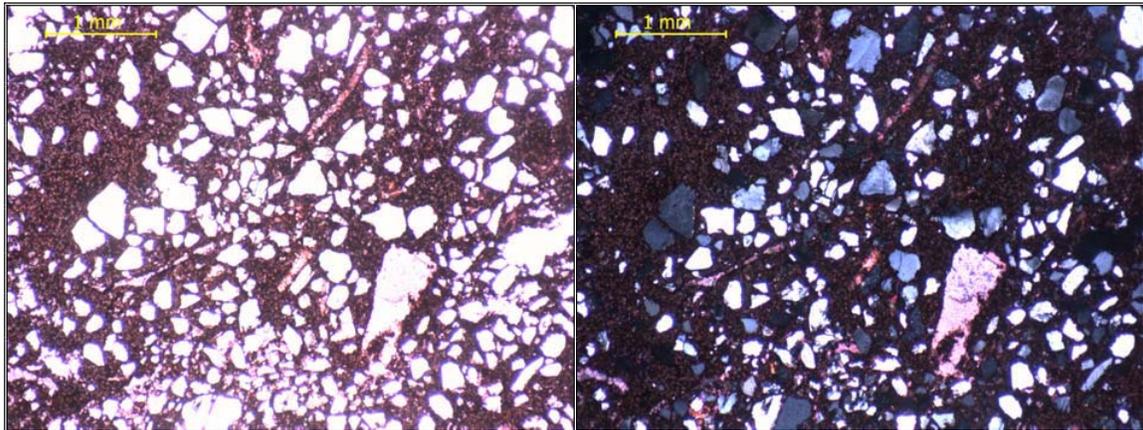
Fotomicrografía 38. Muestra: CP-15. Detalle: Fragmento de molusco con inversión heteroaxial y piritización en los bordes.



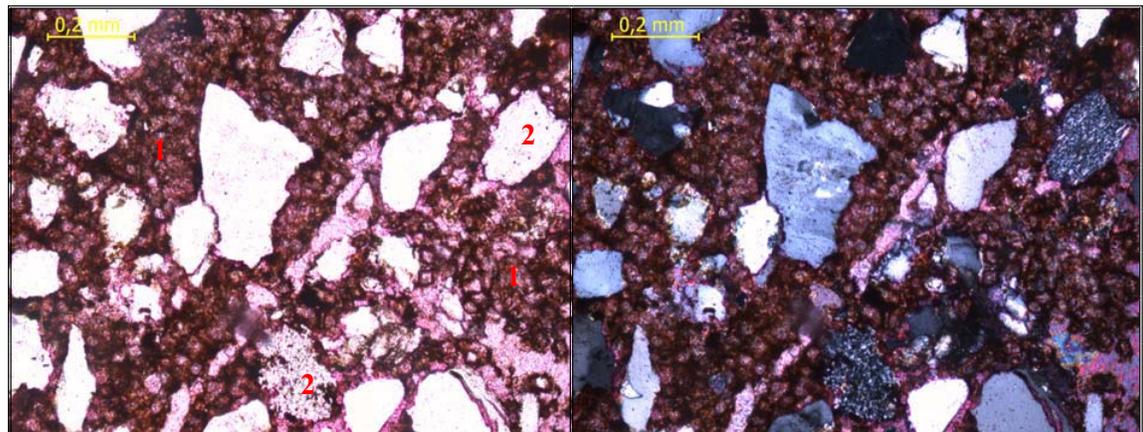
Fotomicrografía 39. Muestra: CP-16. Detalle: Corte transversal de gasterópodo (turrítela) micritizado en su interior.



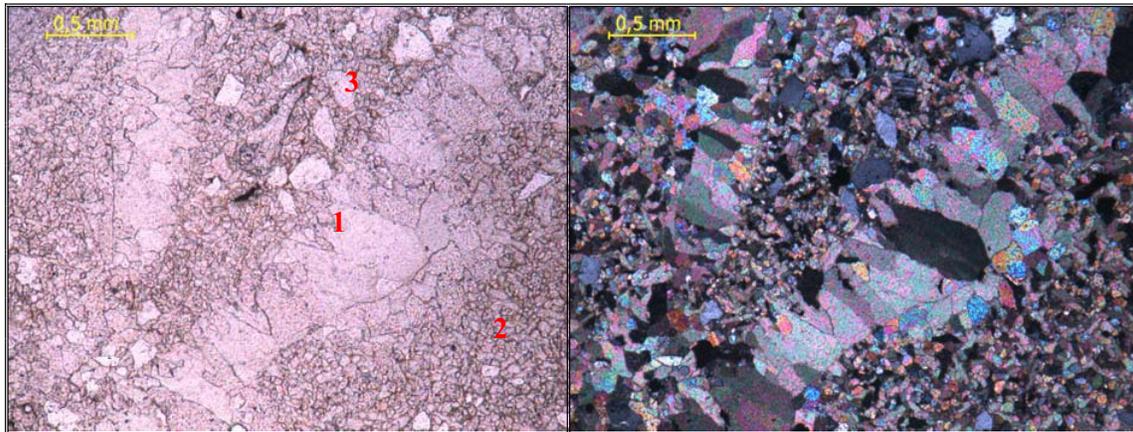
Fotomicrografía 40. Muestra: CP-16. Detalle: Foraminífero béntico uniseriado.



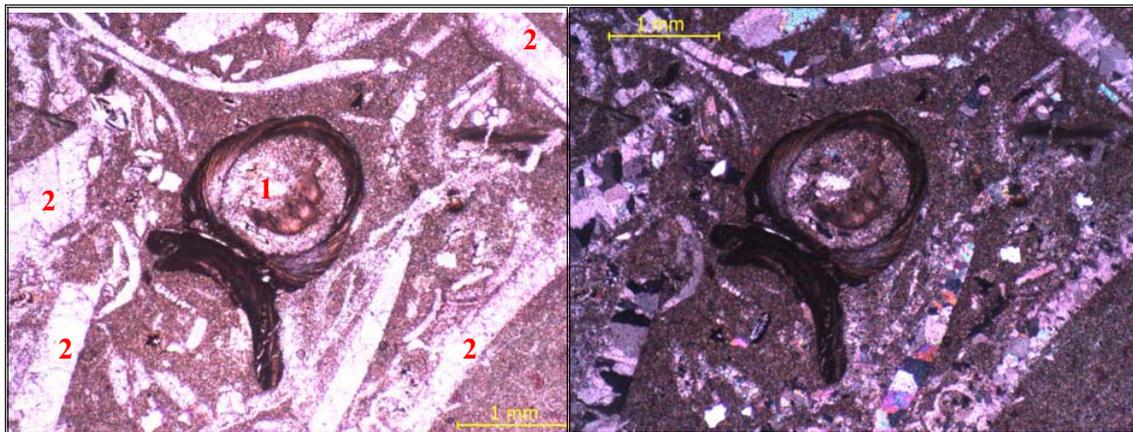
Fotomicrografía 41. Muestra: CP-18. General: alto porcentaje de extraclásticos.



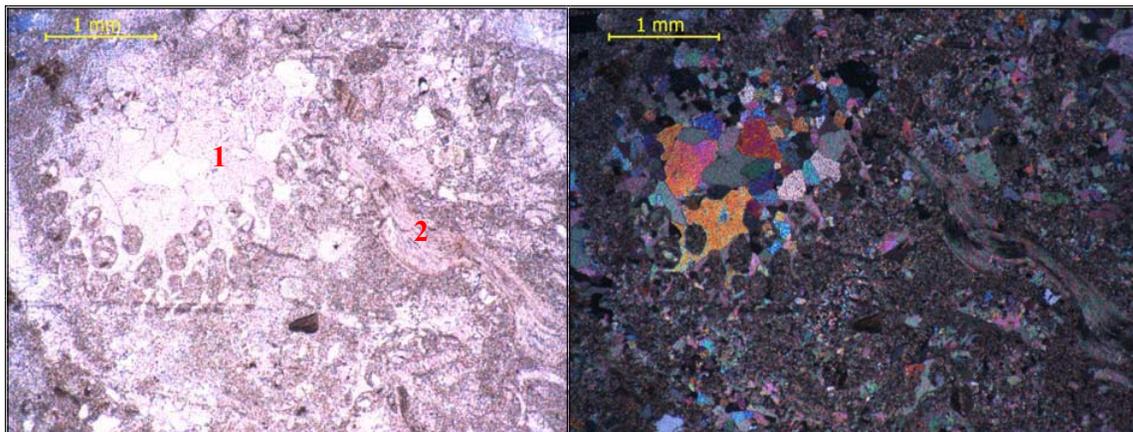
Fotomicrografía 42. Muestra: CP-18. Detalles: 1. Matriz carbonática (micrita) dolomitizada. 2. Fragmentos de roca: chert.



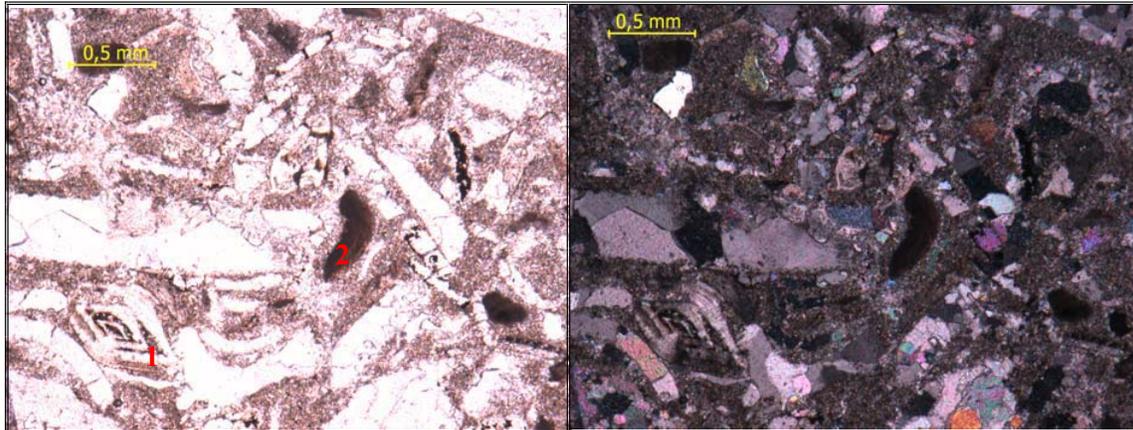
Fotomicrografía 43. Muestra: CP-19. Detalles: 1. Cemento tamaño espato con textura radial o radiaxial. **2.** Cemento tamaño espato con textura mosaico o equigranular. **3.** Fragmento de plagioclasa.



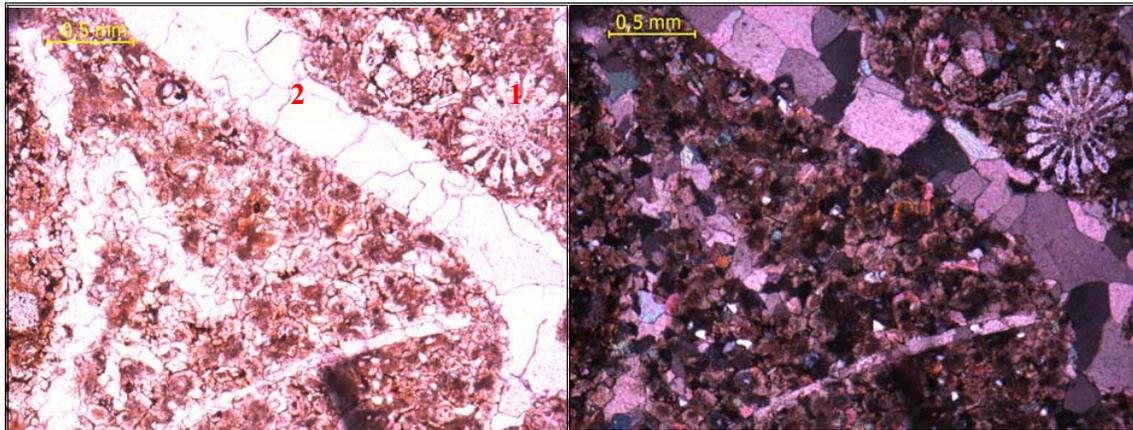
Fotomicrografía 44. Muestra: CP-20. Detalles: 1. Poliquetos (anélidos). **2.** Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.



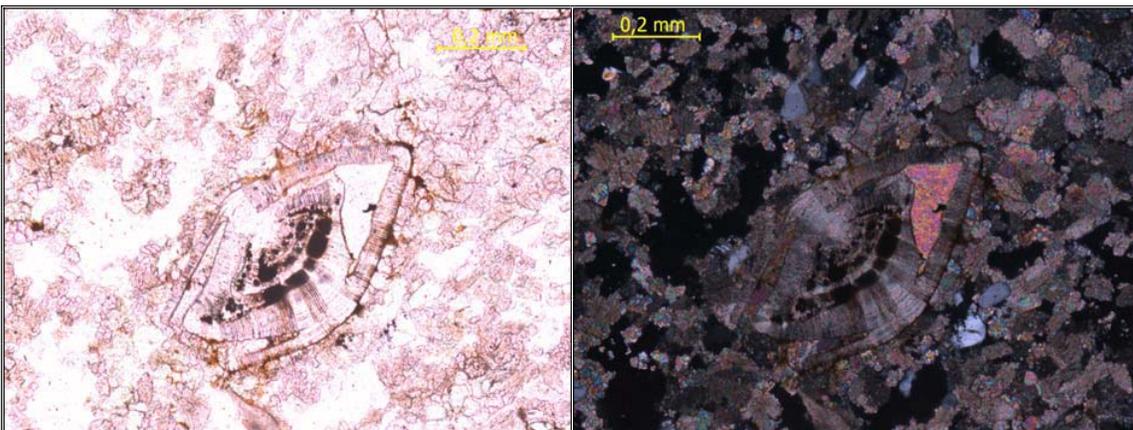
Fotomicrografía 45. Muestra: CP-20. Detalles: 1. Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico. **2.** Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



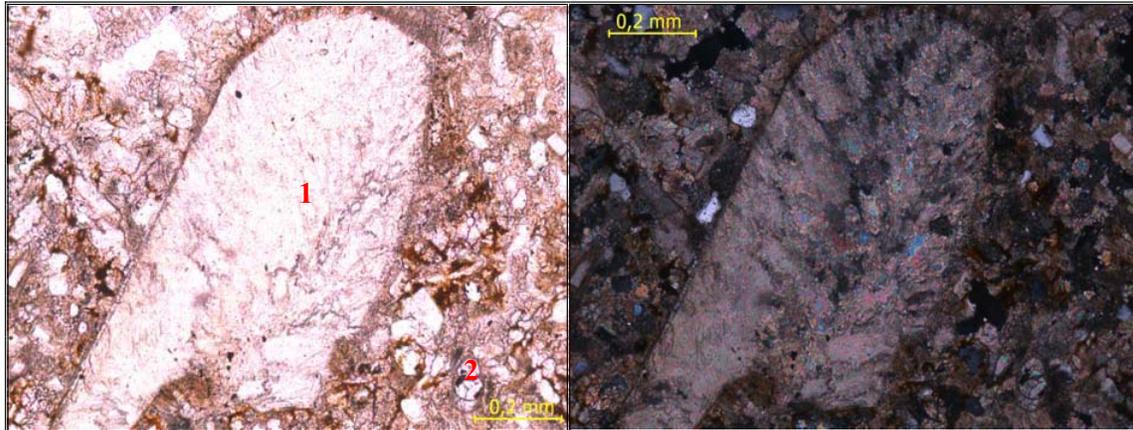
Fotomicrografía 46. Muestra: CP-20. Detalles: 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Fragmento de Poliqueto (anélido).



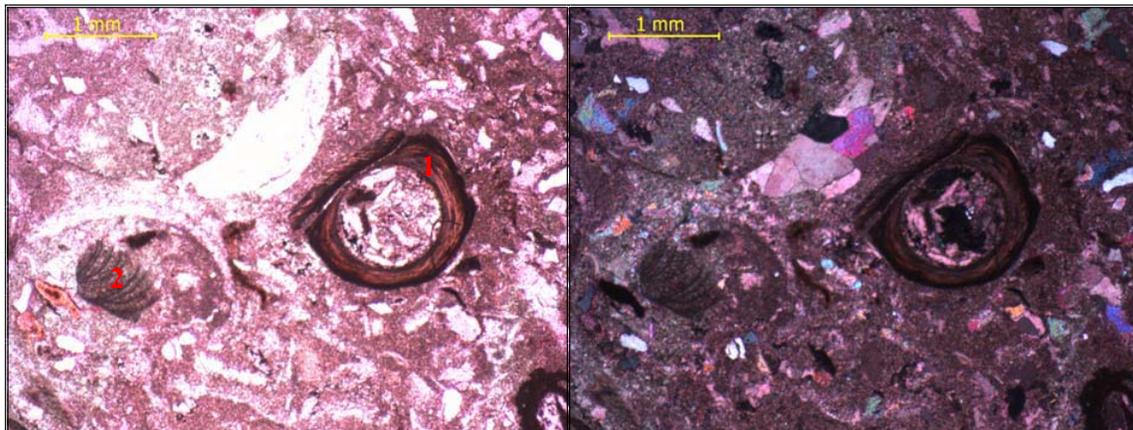
Fotomicrografía 47. Muestra: CP-21. Detalles: 1. Corte transversal de espina de equinoide 2. Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico, rellenando fractura.



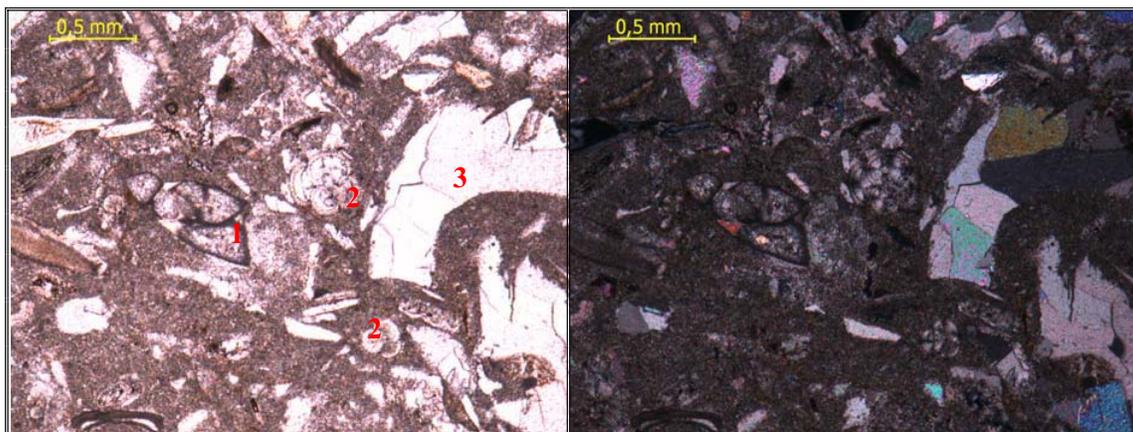
Fotomicrografía 48. Muestra: CP-21. Detalle: Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.*



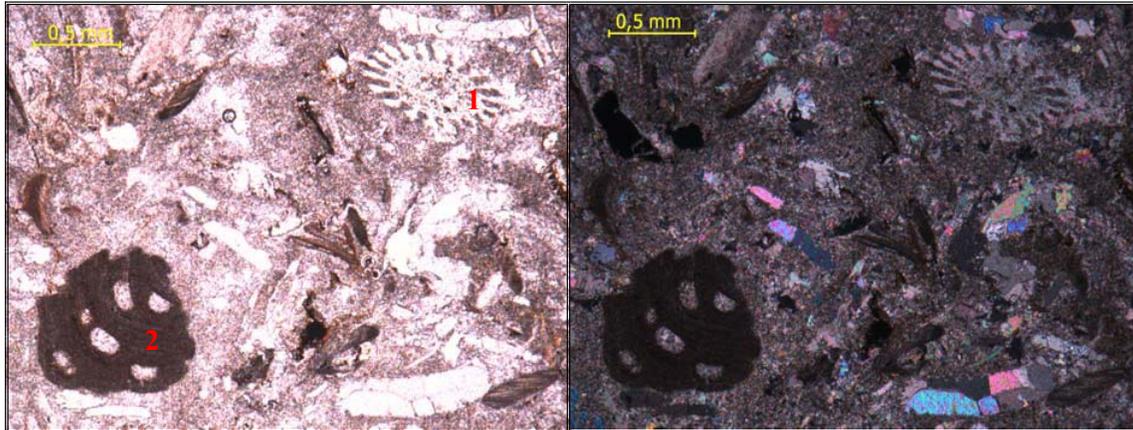
Fotomicrografía 49. Muestra: CP-21. Detalles: 1. Fragmento de molusco con inversión homoaxial. **2.** Foraminífero pláncico: *Globorotalia*.



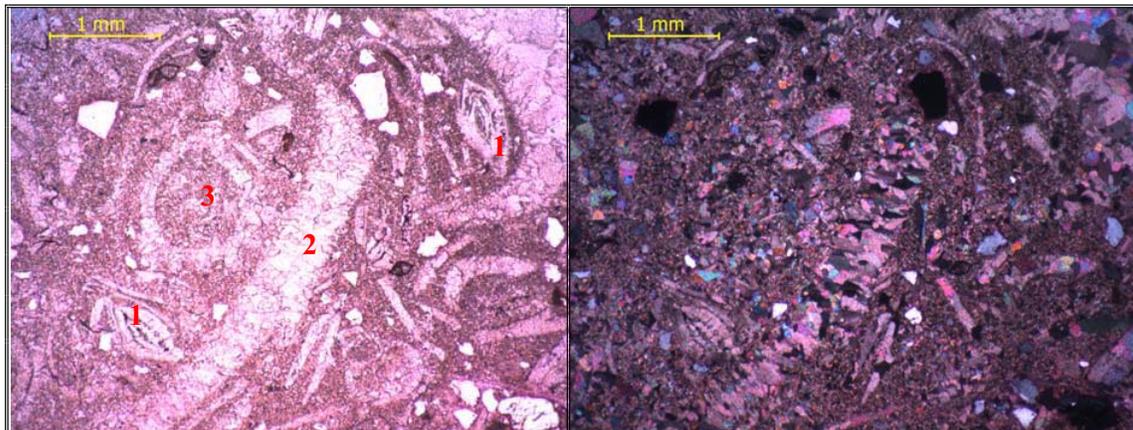
Fotomicrografía 50. Muestra: CP-22. Detalles: 1. Poliqueto (anélido). **2.** Fragmento de alga roja.



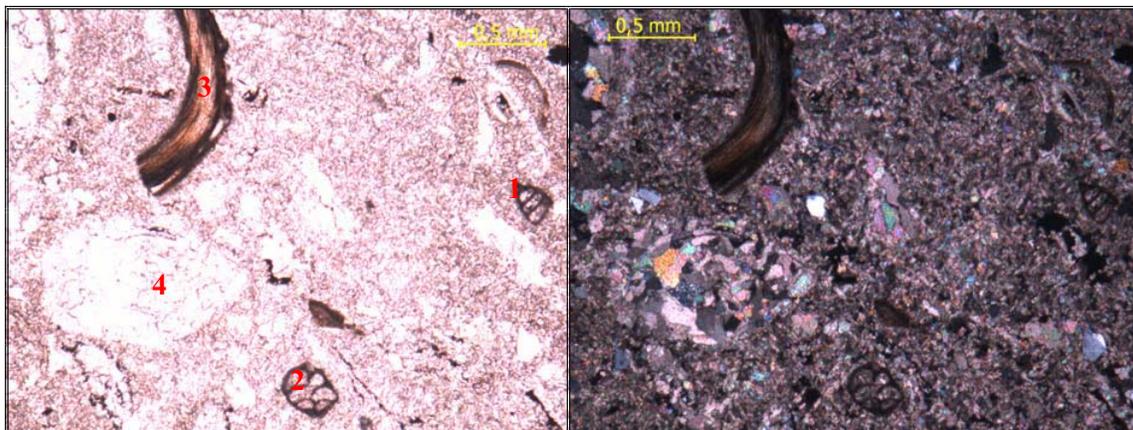
Fotomicrografía 51. Muestra: CP-22. Detalles: 1. Foraminífero béntico seriado. **2.** Foraminífero pláncico: *Globorotalia*. **3.** Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



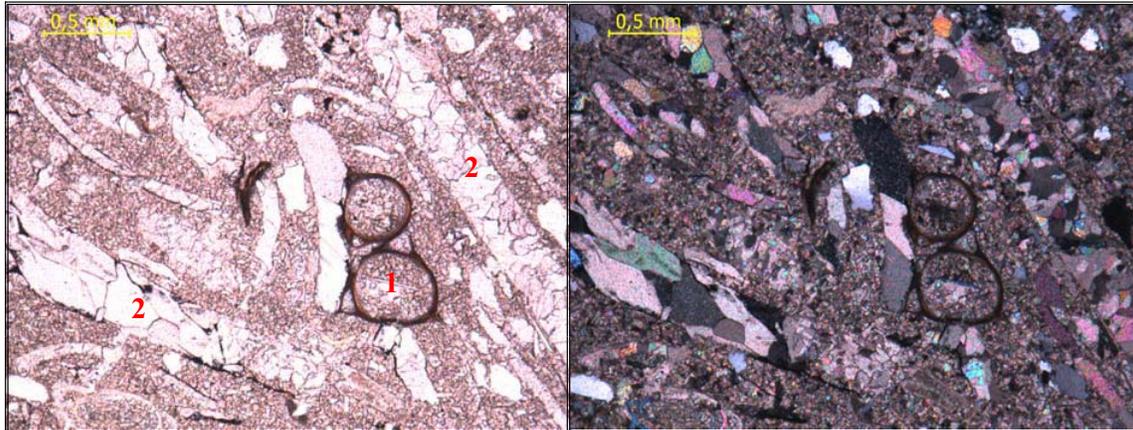
Fotomicrografía 52. Muestra: CP-22. Detalles: 1. Corte transversal de espina de equinoide. **2.** Fragmento de alga roja.



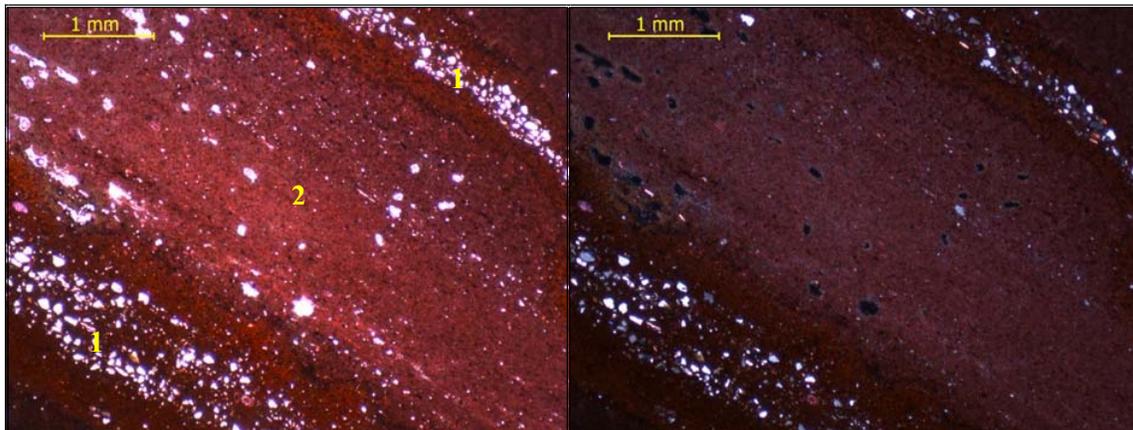
Fotomicrografía 53. Muestra: CP-23. Detalles: 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* **2.** Fragmento de molusco con inversión heroaxial (el cemento que presenta es recristalizado, tamaño espato con textura “diente de perro”). **3.** Corte transversal de molusco con inversión heteroaxial.



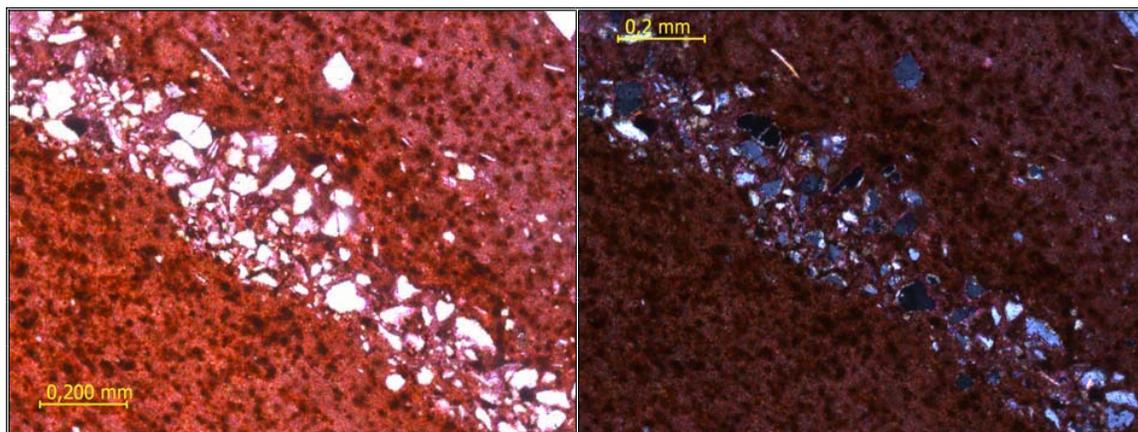
Fotomicrografía 54. Muestra: CP-23. Detalles: 1. Foraminífero béntico uniseriado. **2.** Foraminífero béntico biseriado. **3.** Fragmento de Poliqueto (anélido). **4.** Peloide recristalizado.



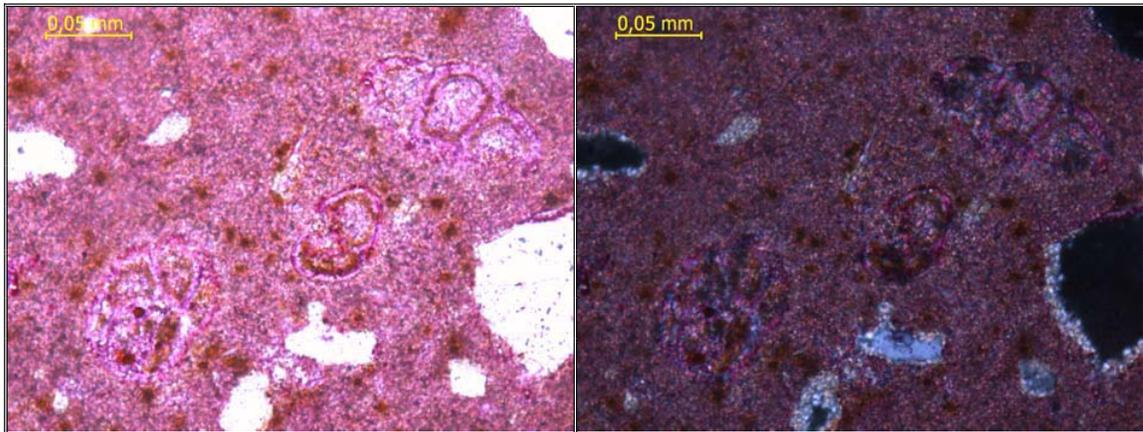
Fotomicrografía 55. Muestra: CP-23. Detalles: 1. Poliquetos (anélidos). 2. Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.



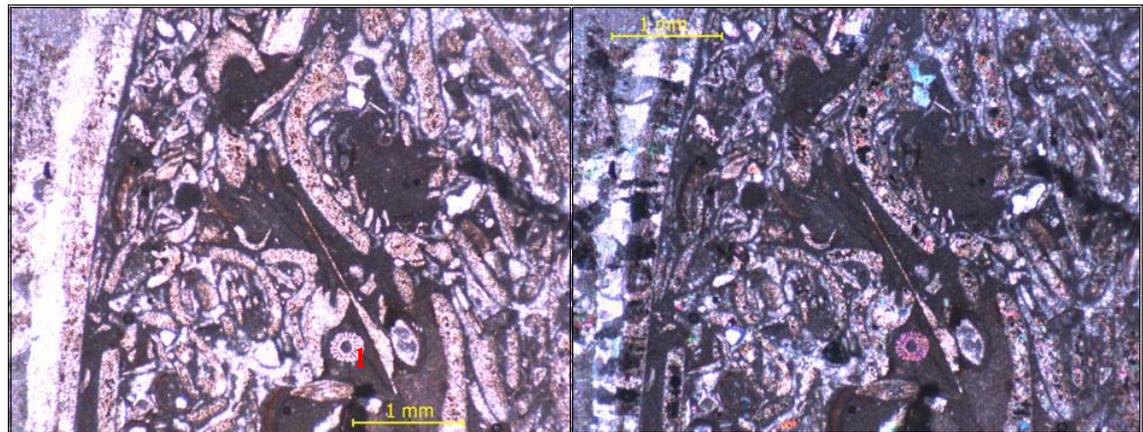
Fotomicrografía 56. Muestra: CP-23A. General: muestra con alto contenido de micrita, presenta bandeamientos orientados de mayor concentración de extraclásticos.



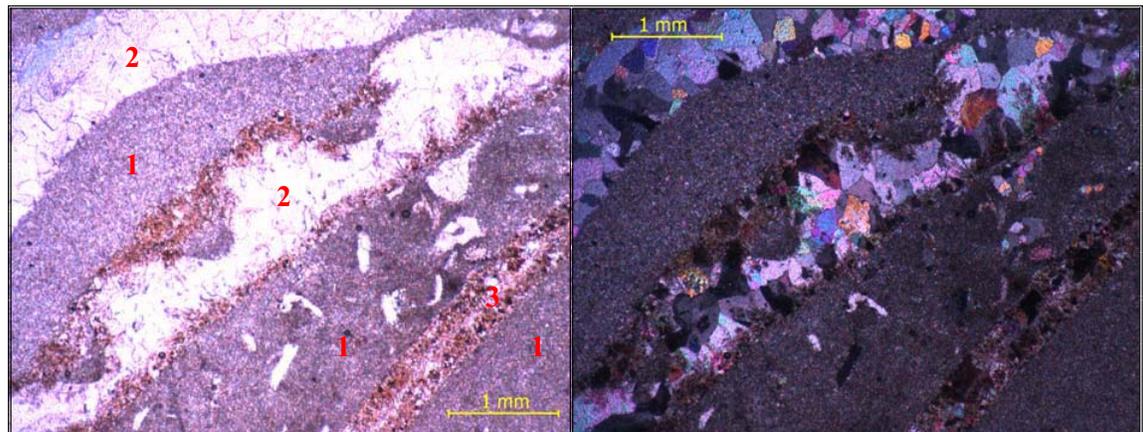
Fotomicrografía 57. Muestra: CP-23A. Detalle: banda de extraclásticos, se observan variación de los tamaños de granos y en la mineralogía (cuarzo, feldespato, plagioclasa y moscovita)



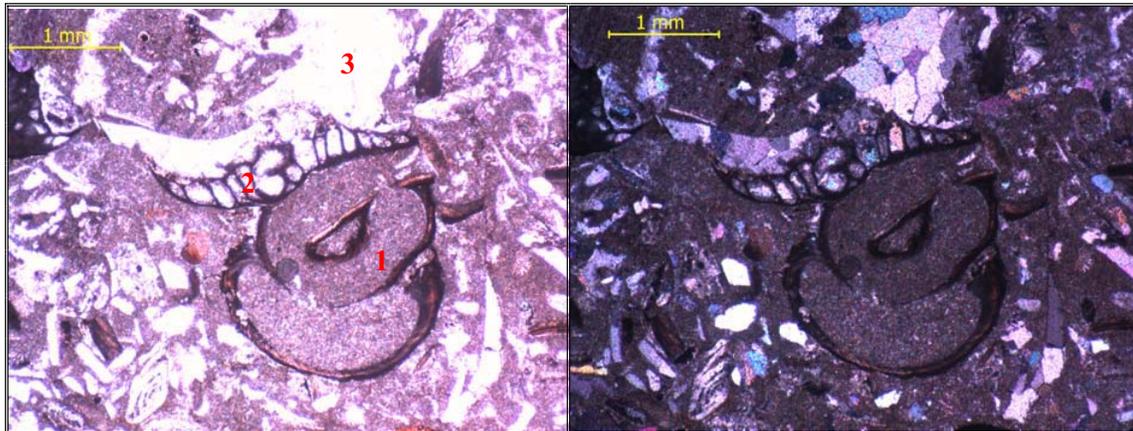
Fotomicrografía 58. Muestra: CP-23A. Detalle: Concentración de foraminíferos pláncnicos *Globorotalia*.



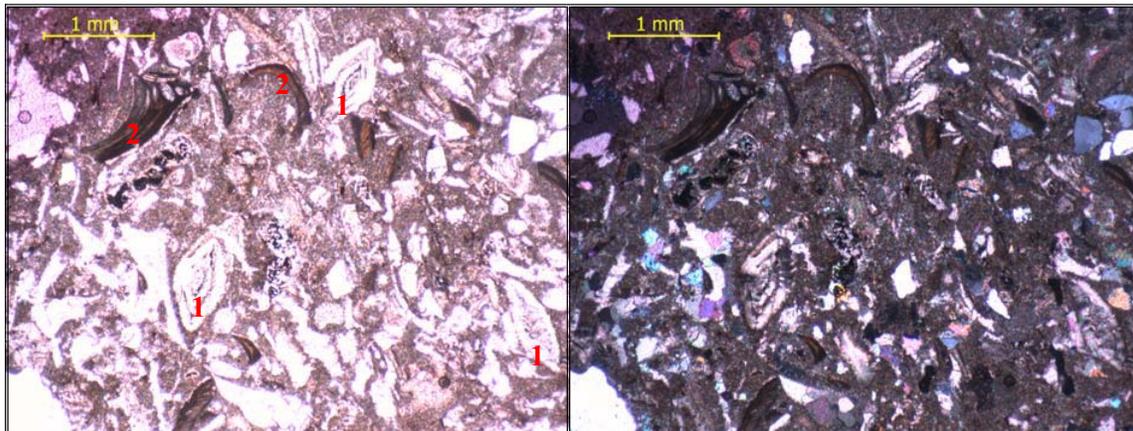
Fotomicrografía 59. Muestra: CP-24. General: Alto porcentaje de aloquímicos, principalmente fragmentos de moluscos. **Detalles: 1.** Corte transversal de espina de equinoide.



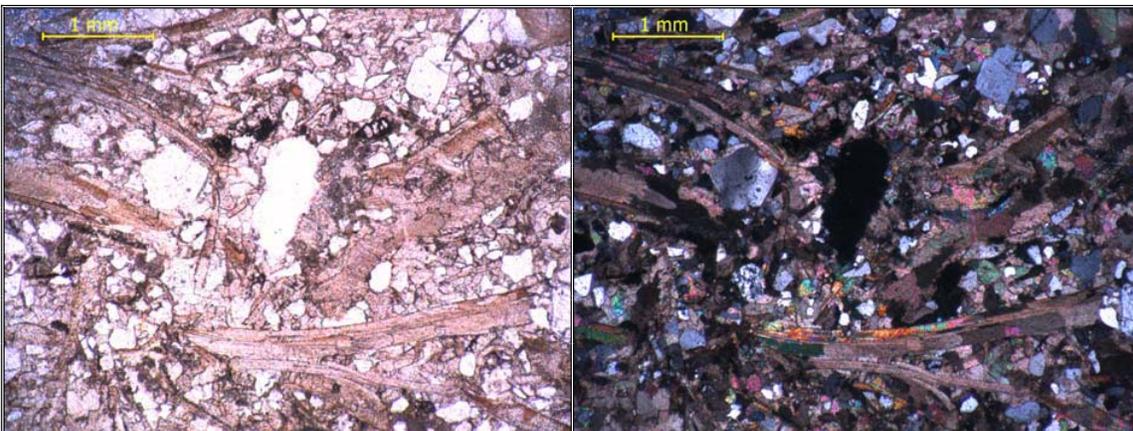
Fotomicrografía 60. Muestra: CP-24. Detalles: 1. Microespato recristalizado a partir de la matriz carbonática (micrita). **2.** Fragmentos de moluscos micritizados en los bordes y con inversión heteroaxial. **3.** Fragmento de molusco micritizado.



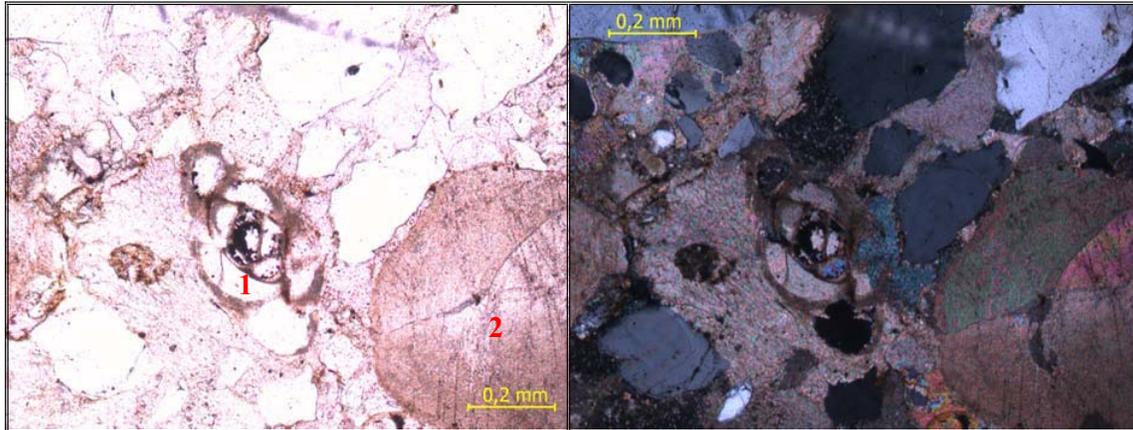
Fotomicrografía 61. Muestra: CP-26. **Detalles:** 1. Poliqueto (anélido). 2. Foraminífero bentónico uniseriado. 3. Cemento tamaño espato con textura equigranular.



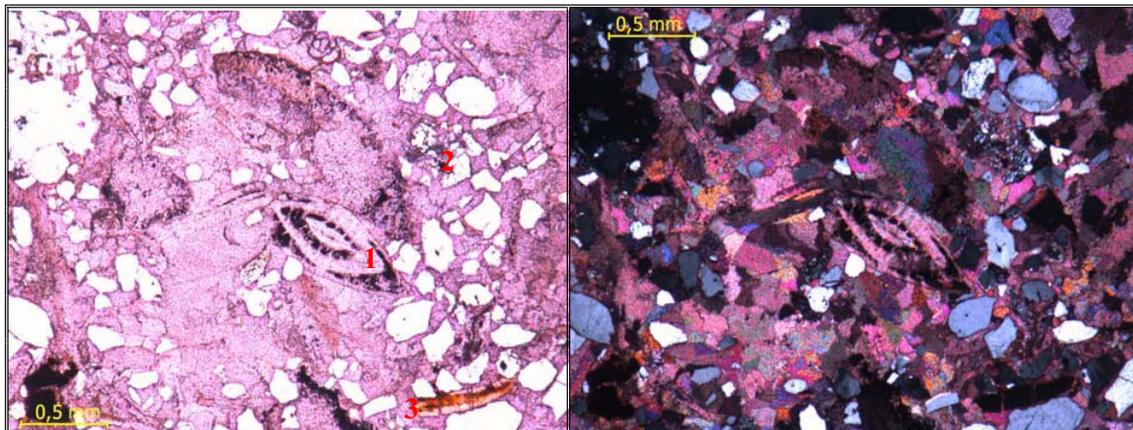
Fotomicrografía 62. Muestra: CP-26. **General:** Alto porcentaje de aloquímicos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Fragmentos de poliquetos (anélido).



Fotomicrografía 63. Muestra: CP-27. **General:** Alto porcentaje de extraclásticos y fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.

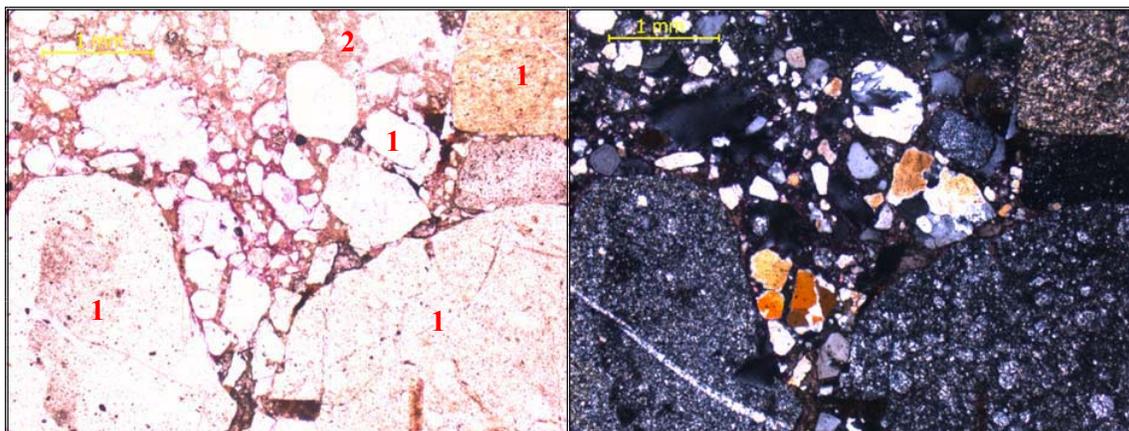


Fotomicrografía 64. Muestra: CP-27. Detalles: 1. Foraminifero béntico tipo *Miliolida Sp.* **2.** Pelets recristalizado.

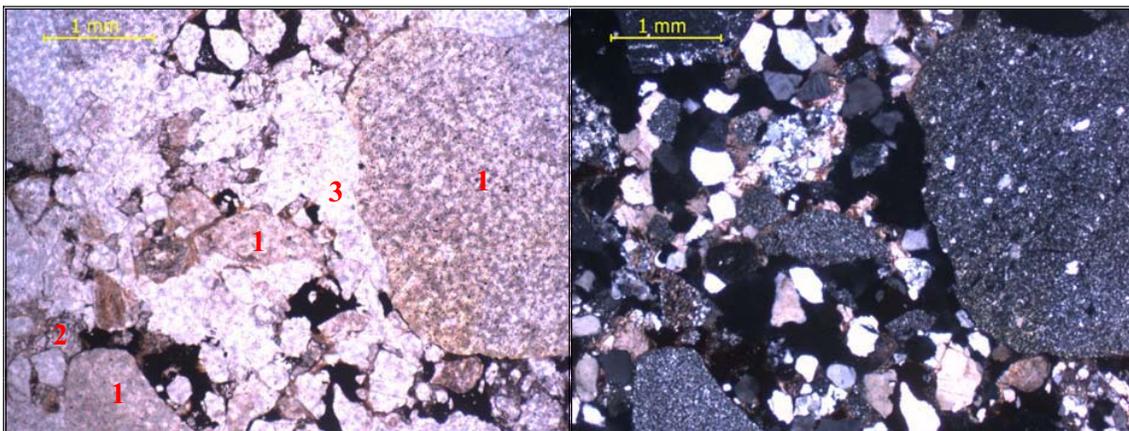


Fotomicrografía 65. Muestra: CP-27. Detalles: 1. Foraminifero béntico tipo *Nummulite Sp.* **2.** Fracturamiento de granos.

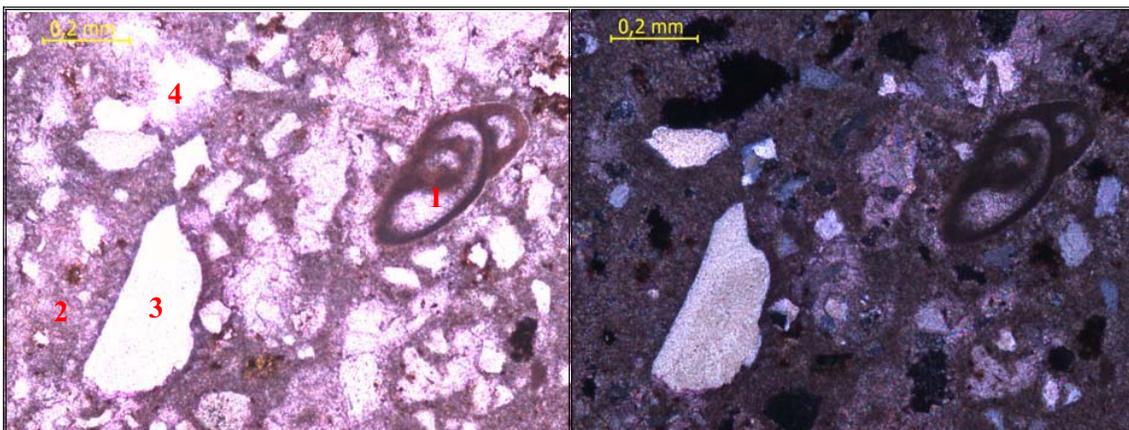
- Quebrada La Torta



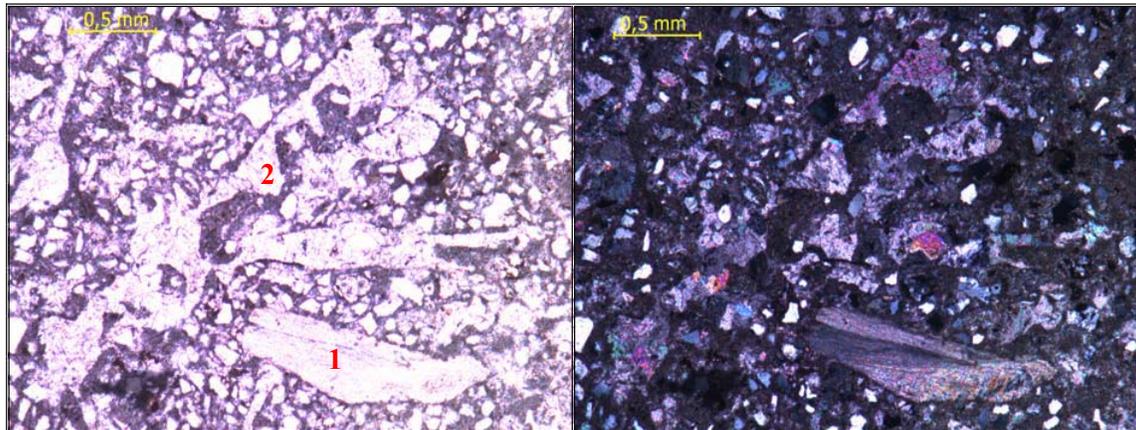
Fotomicrografía 66. Muestra: CPT-1. General: Conglomerado basal de la Formación Capadare. Los clastos de menor tamaño corresponden a cuarzo y feldespatos. **Detalles:** 1. Fragmentos de Chert. 2. Matriz carbonática.



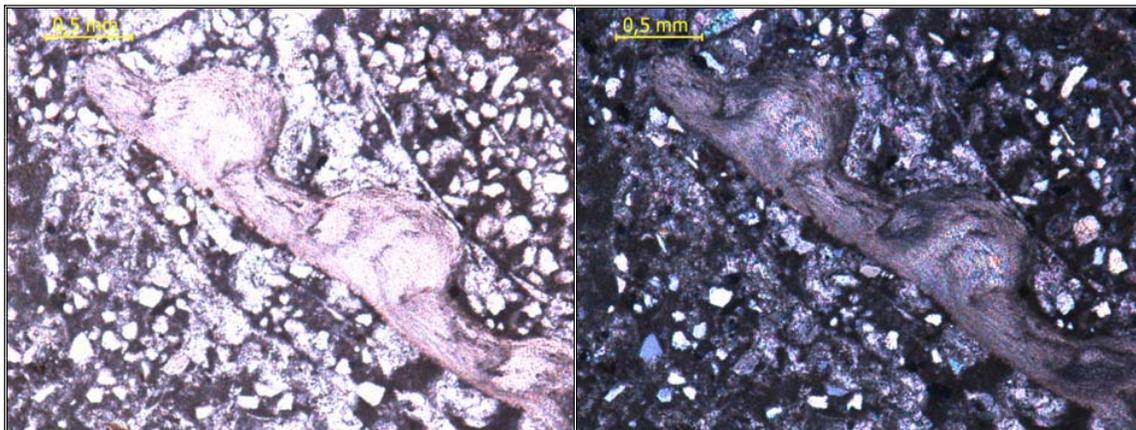
Fotomicrografía 67. Muestra: CPT-2. General: Conglomerado basal de la Formación Capadare. Los clastos de menor tamaño corresponden a cuarzo y feldespatos. **Detalles:** 1. Fragmentos de Chert. 2. Matriz carbonática. 3. Porosidad.



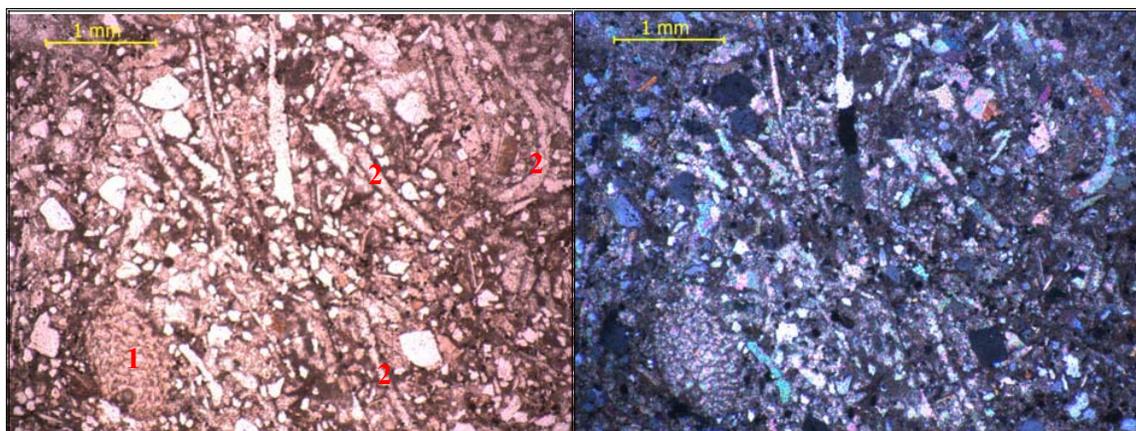
Fotomicrografía 68. Muestra: CPT-3. Detalles: 1. Foraminífero béntico seriado 2. Micrita cristalina 3. Fragmento de feldespato potásico de gran tamaño respecto al resto de los extraclásticos dentro del área de la Fotomicrografía. 4. Porosidad secundaria por disolución de ortoquímicos.



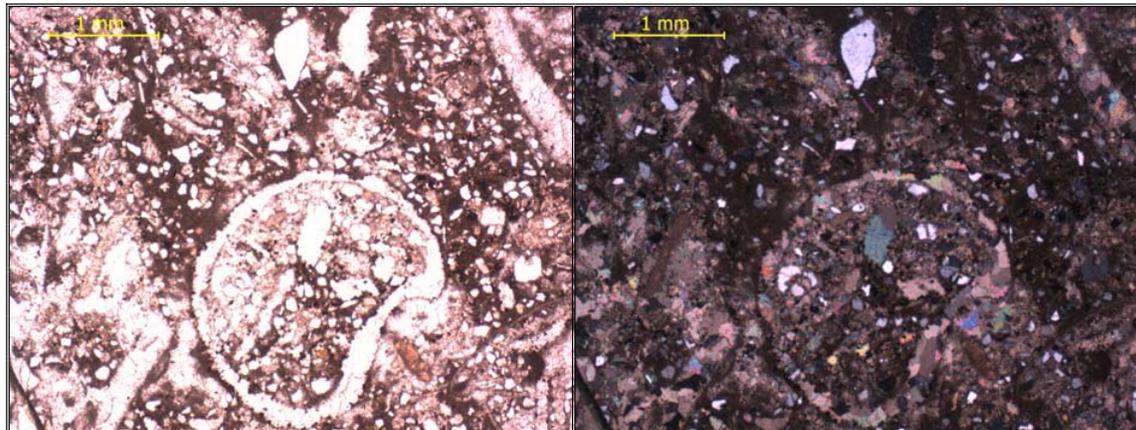
Fotomicrografía 69. Muestra: CPT-3. Detalles: 1. Fragmento de molusco con inversión homoaxial
2. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



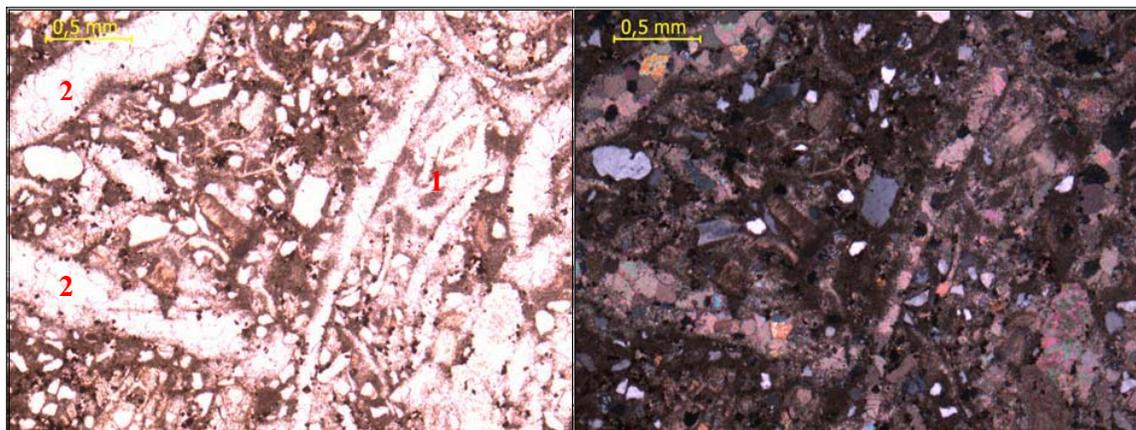
Fotomicrografía 70. Muestra: CPT-3. Detalle: Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



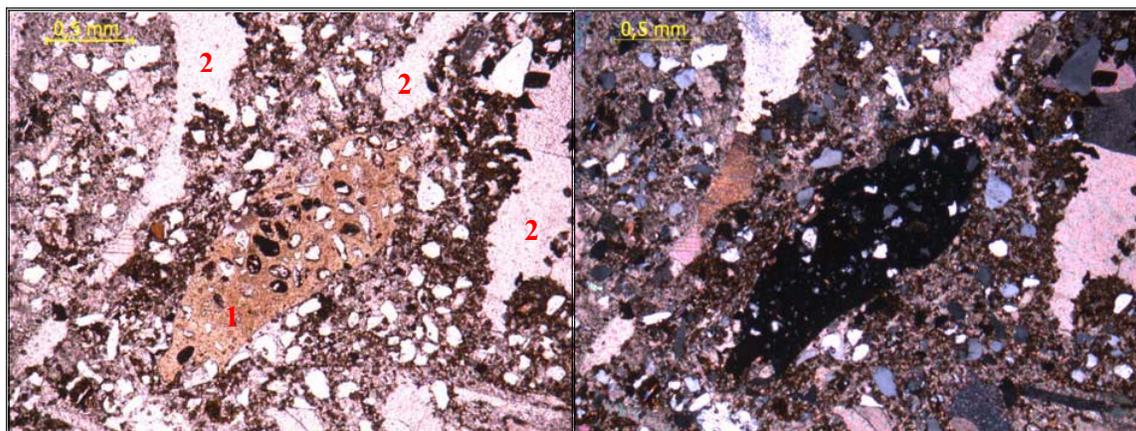
Fotomicrografía 71. Muestra: CPT-4. Detalles: 1. Equinodermo **2.** Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.



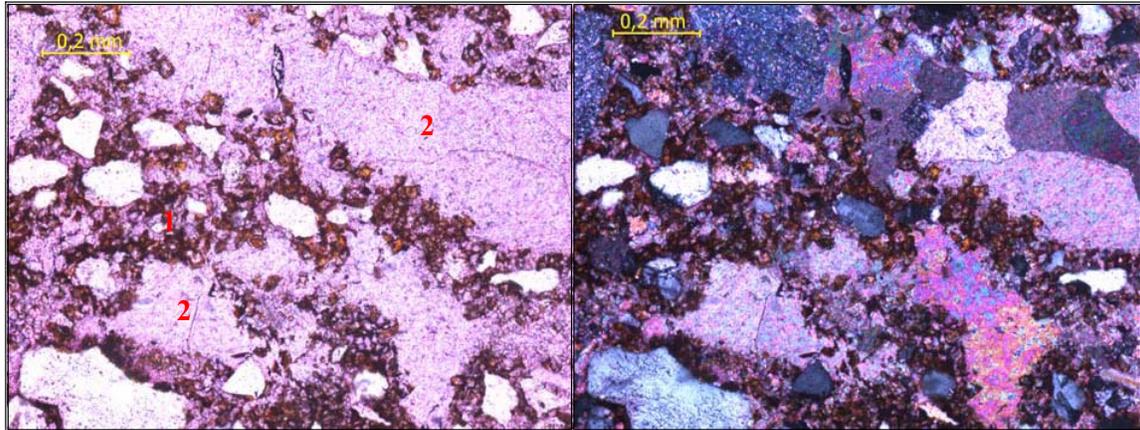
Fotomicrografía 72. Muestra: CPT-4. **Detalle:** Corte transversal de molusco, se encuentra relleno del mismo material del exterior y presenta inversión heteroaxial.



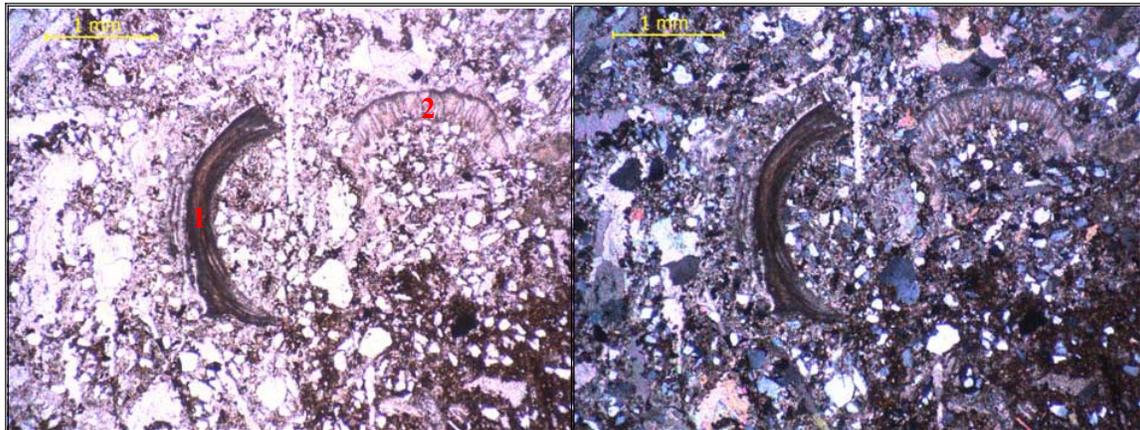
Fotomicrografía 73. Muestra: CPT-4. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.



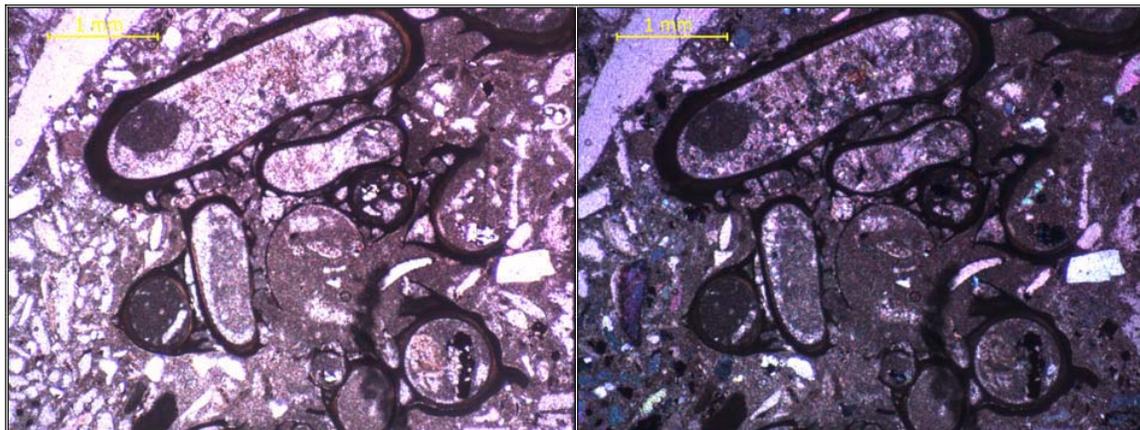
Fotomicrografía 74. Muestra: CPT-5 **Detalles:** 1. Fragmento de caliza con algunos extraclásticos fosfatizada 2. Cemento tamaño espato con textura mosaico o equigranular.



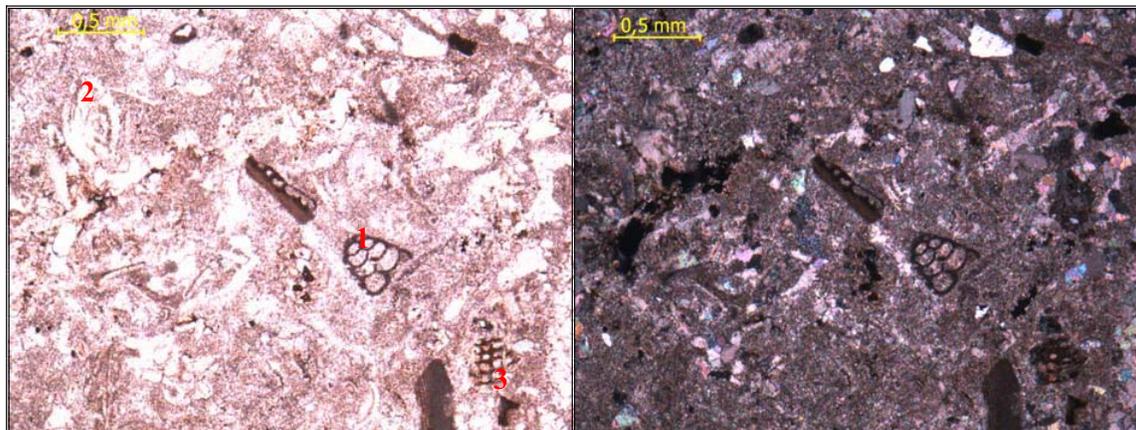
Fotomicrografía 75. Muestra: CPT-5. Detalles: 1. Proceso de dolomitización de la matriz (micrita). **2.** Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



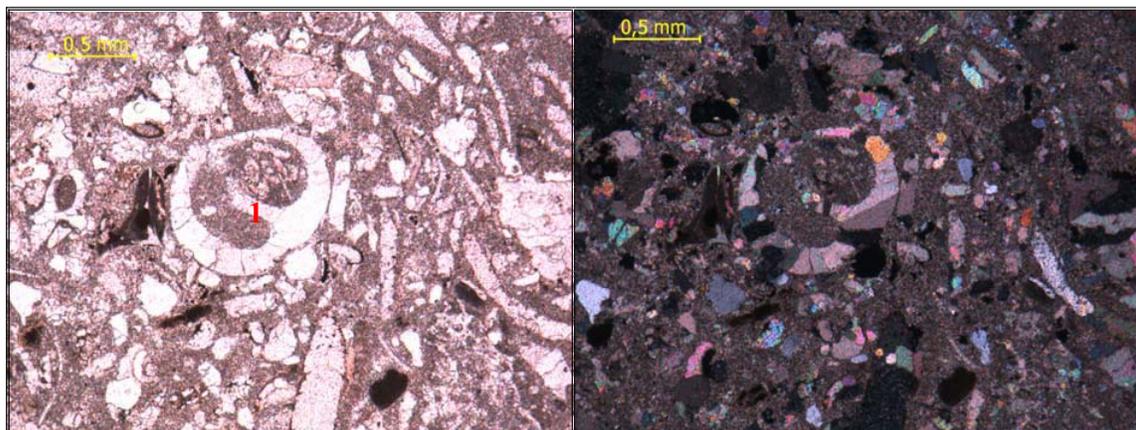
Fotomicrografía 76. Muestra: CPT-5. Detalles: 1. Fragmento de Anélido (poliqueto). **2.** Fragmento de molusco con inversión homoaxial.



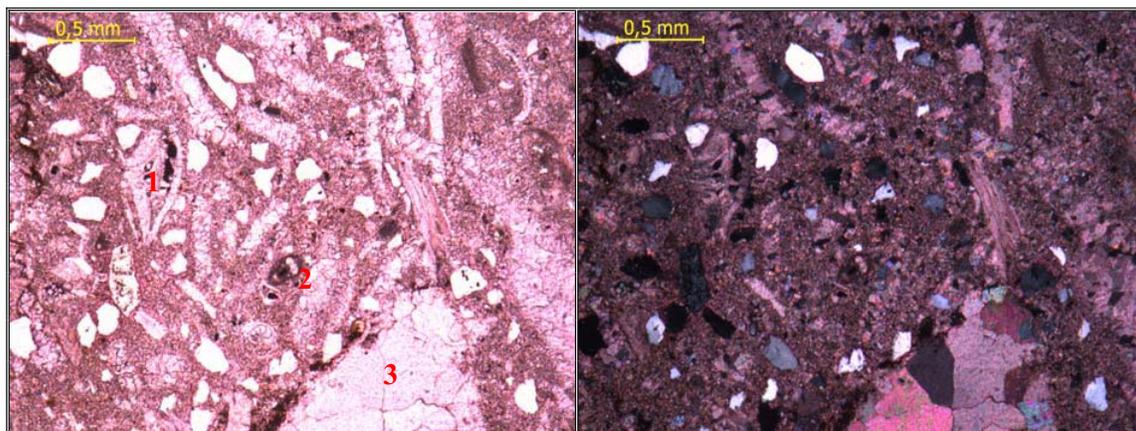
Fotomicrografía 77. Muestra: CPT-6A. Detalle: Acumulación de anélidos (poliquetos).



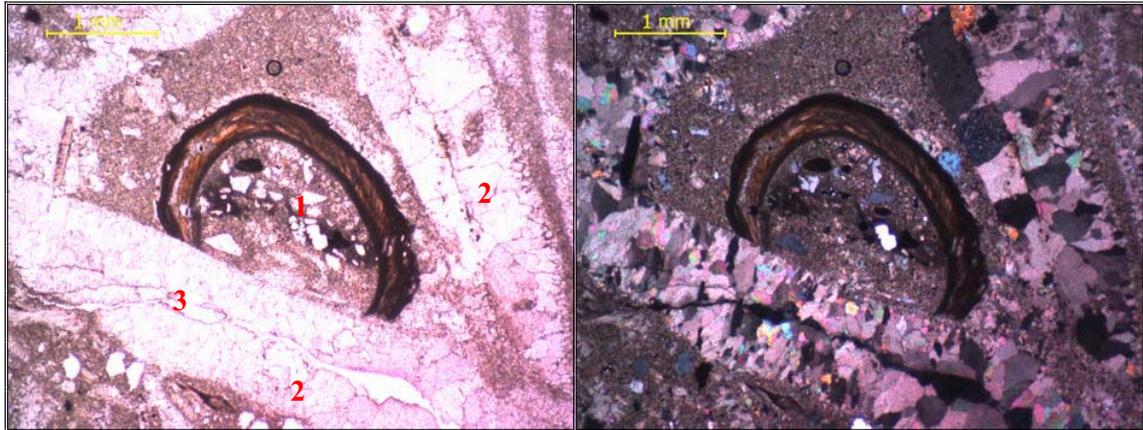
Fotomicrografía 78. Muestra: CPT-6A. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico seriado 2. Foraminífero béntico: Nummulite. 3. Fragmento de foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



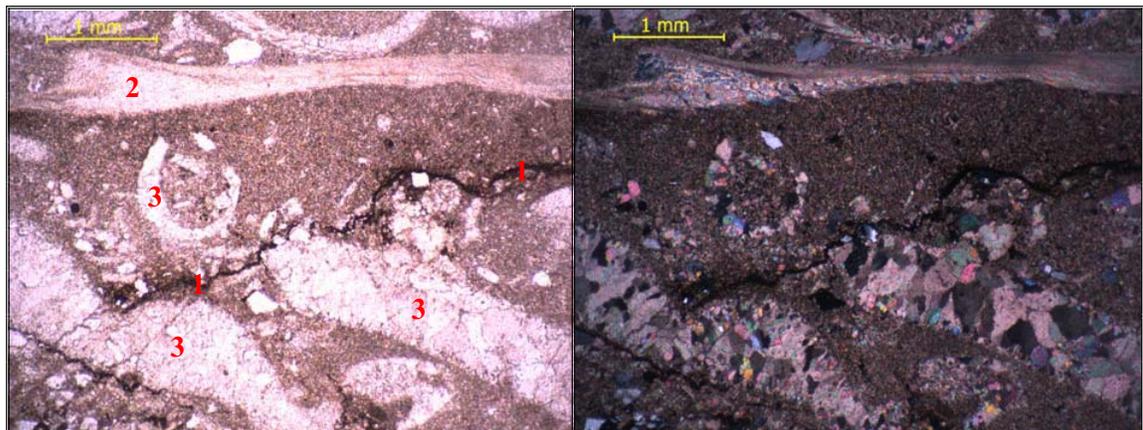
Fotomicrografía 79. Muestra: CPT-6A. **General:** Fragmentos de moluscos, todos con inversión heteroaxial. **Detalle:** 1. Corte transversal de gasterópodo con inversión heteroaxial.



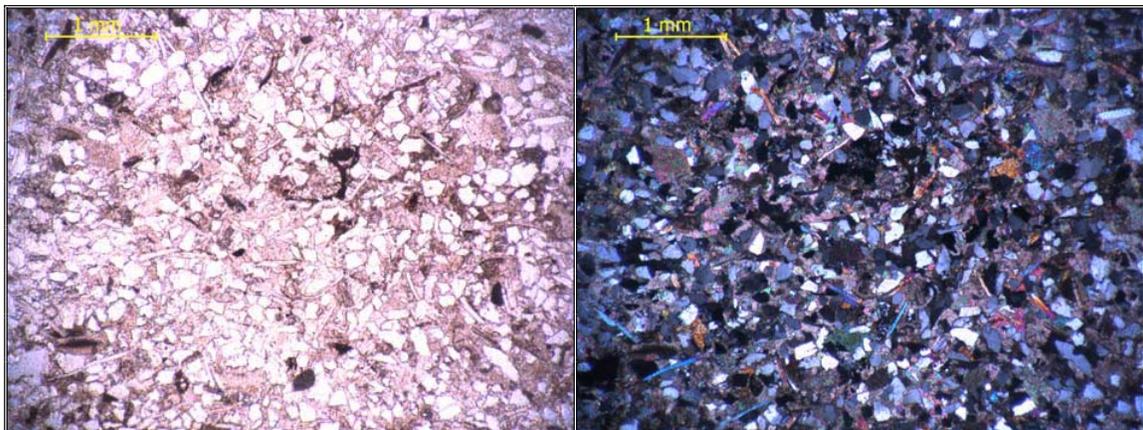
Fotomicrografía 80. Muestra: CPT-6B. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Foraminífero béntico uniseriado. 3. Cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



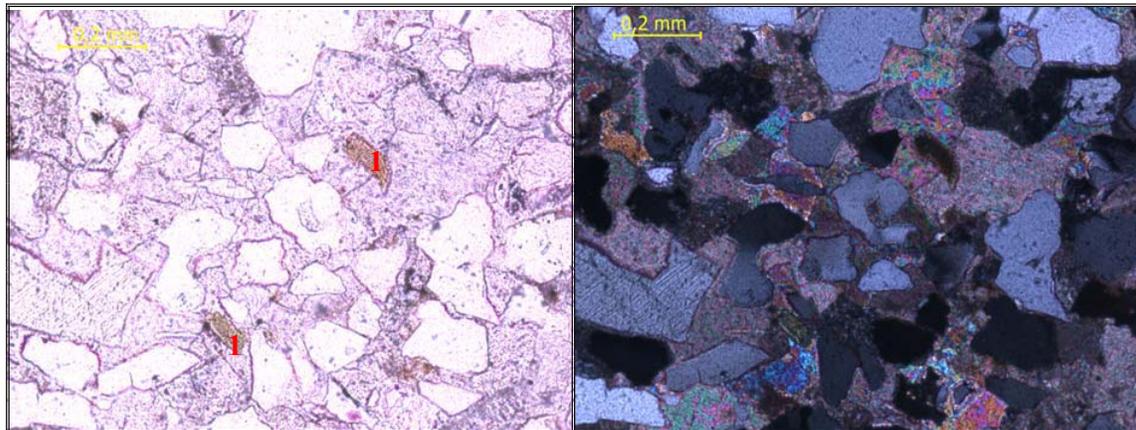
Fotomicrografía 81. Muestra: CPT-6B. Detalles: 1. Anélido (poliqueto), se encuentra relleno con microspato y extraclásticos. **2.** Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial **3.** Porosidad secundaria por fractura.



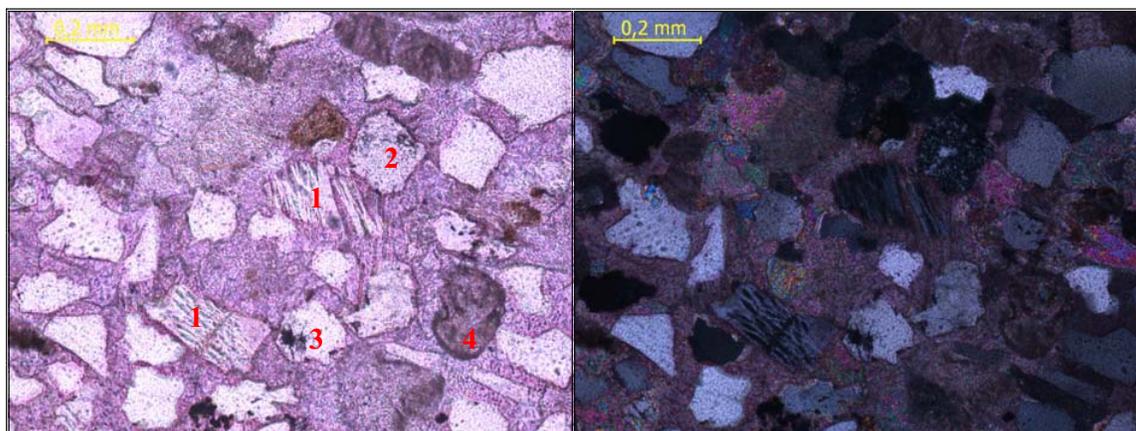
Fotomicrografía 82. Muestra: CPT-6B. Detalles: 1. Micro-estilolita. **2.** Fragmento de molusco con inversión homoaxial. **3.** Fragmentos de molusco con inversión heteroaxial.



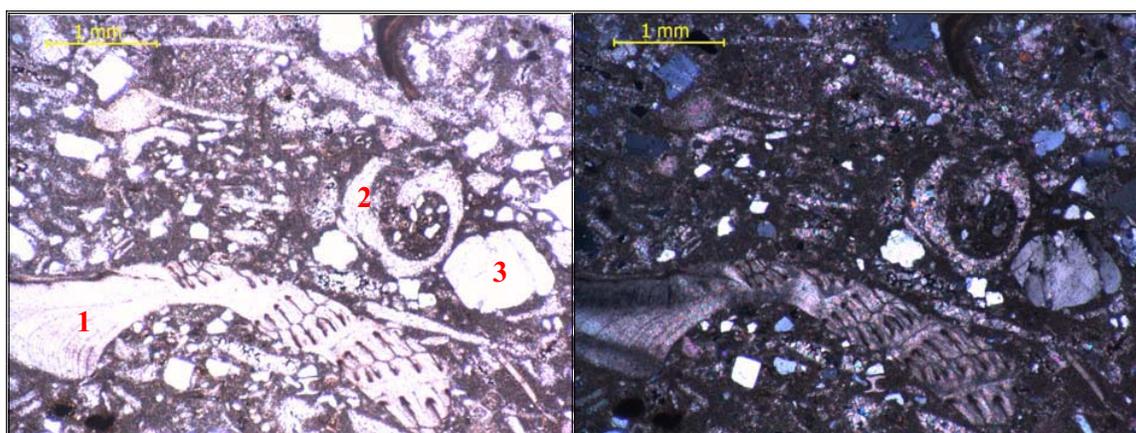
Fotomicrografía 83. Muestra: CPT-7. General: alto porcentaje de extraclásticos y presencia de micas.



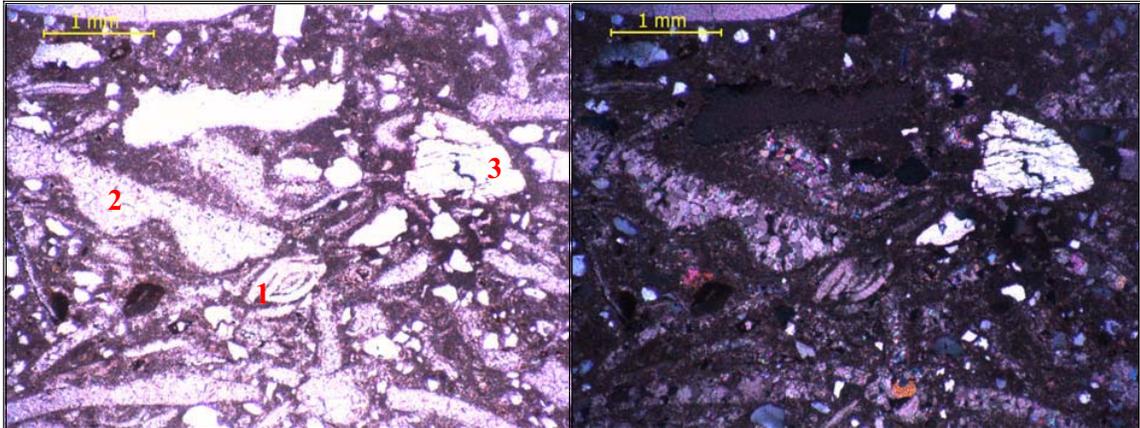
Fotomicrografía 84. Muestra: CPT-7. General: alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles: 1.** Proceso de glauconitización.



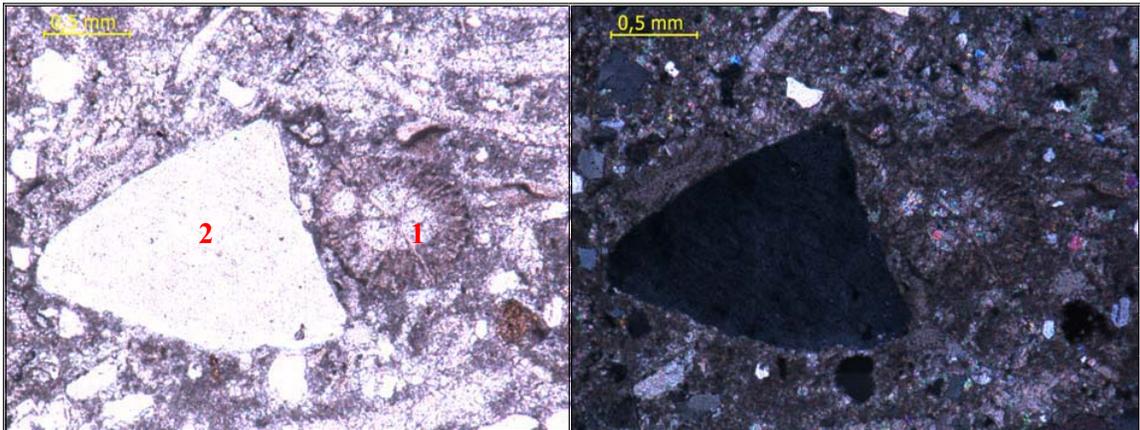
Fotomicrografía 85. Muestra: CPT-7. Detalles: 1. Plagioclasa con porosidad intrapartícula por disolución a lo largo de los planos de maclado. **2.** Fragmento de roca: chert. **3.** Fragmento de feldespato potásico. **4.** Fragmento de alga roja.



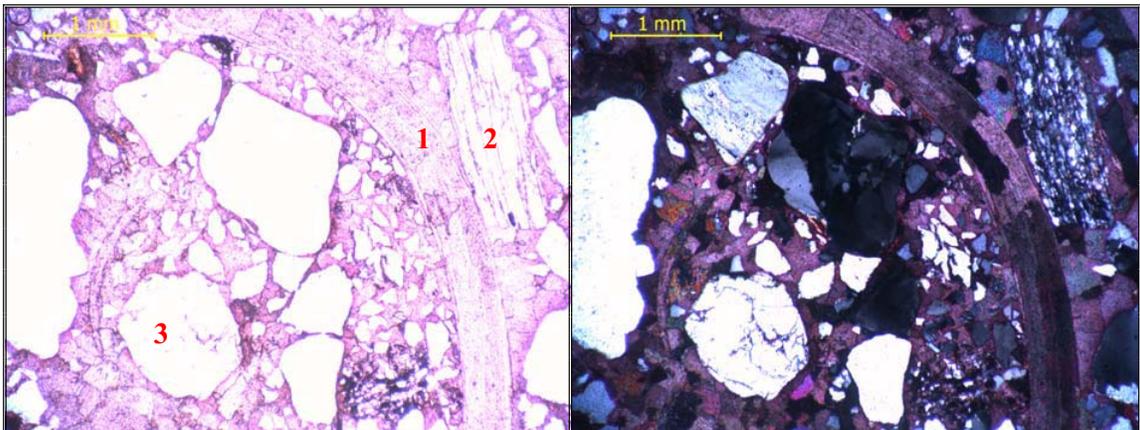
Fotomicrografía 86. Muestra: CPT-8A. Detalles: 1. Fragmento de molusco con inversión homoaxial. **2.** Corte transversal de Gasterópodo. **3.** Fragmento de cuarzo policristalino.



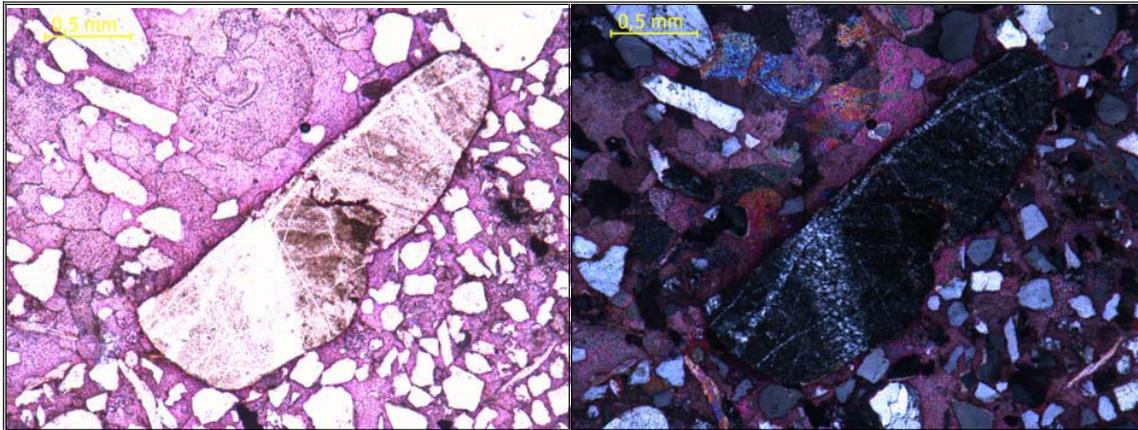
Fotomicrografía 87. Muestra: CPT-8A. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 3. Fragmento de cuarzo monocristalino (presenta porosidad intrapartícula por fractura).



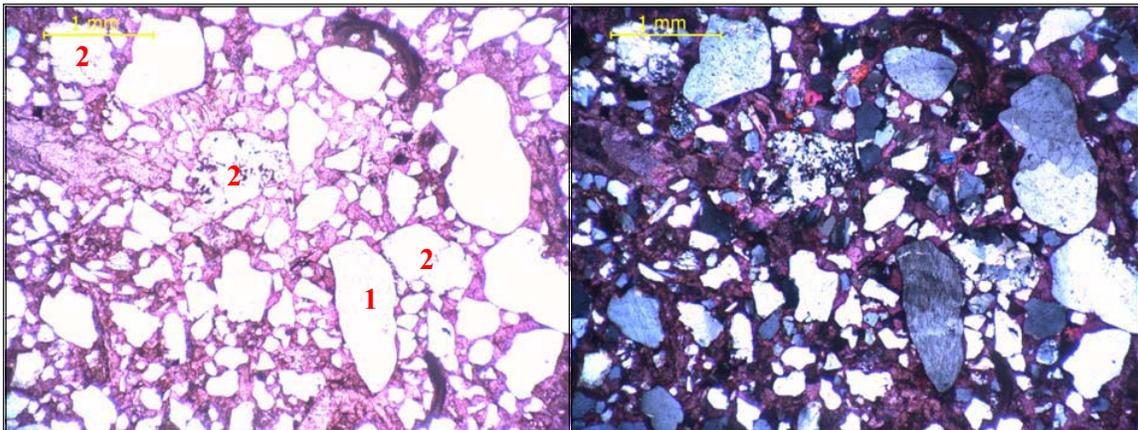
Fotomicrografía 88. Muestra: CPT-8A. **Detalles:** 1. Ooide. 2. Fragmento de cuarzo monocristalino de gran tamaño respecto al resto de los extraclásticos en la Fotomicrografía.



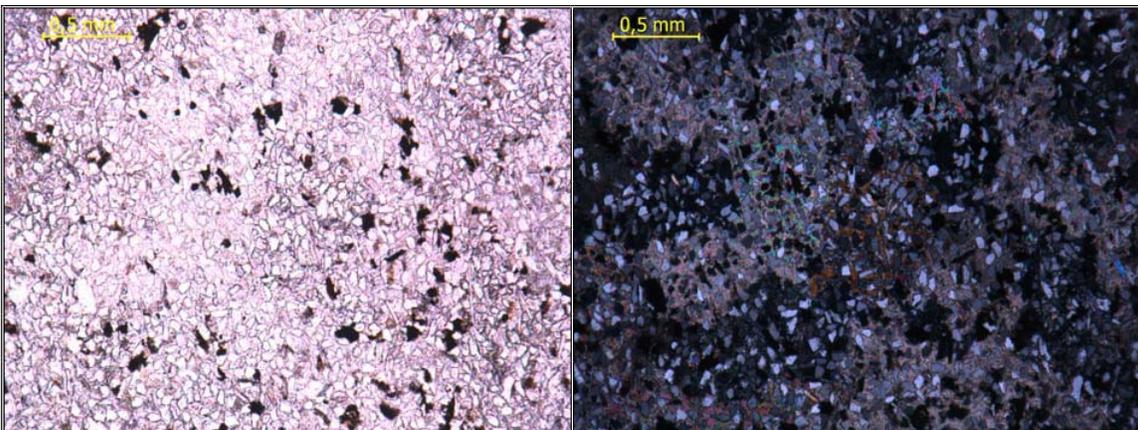
Fotomicrografía 89. Muestra: CPT-8B. **Detalles:** 1. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 2. Plagioclasa alterando a minerales de arcilla y con disolución a lo largo de los planos de maclado. 3. Cuarzo policristalino fracturado.



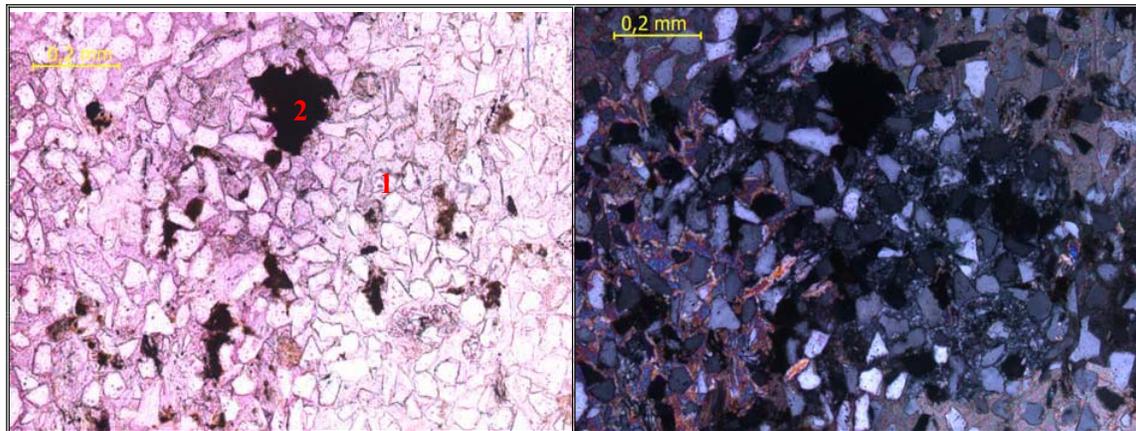
Fotomicrografía 90. Muestra: CPT-8B. General: alto porcentaje de extraclásticos. **Detalle:** Fragmento de roca metamórfica con una banda de sílice microcristalina y vetillas de este mismo sílice. Presenta gran tamaño respecto al resto de los extraclásticos dentro del área de la fotomicrografía.



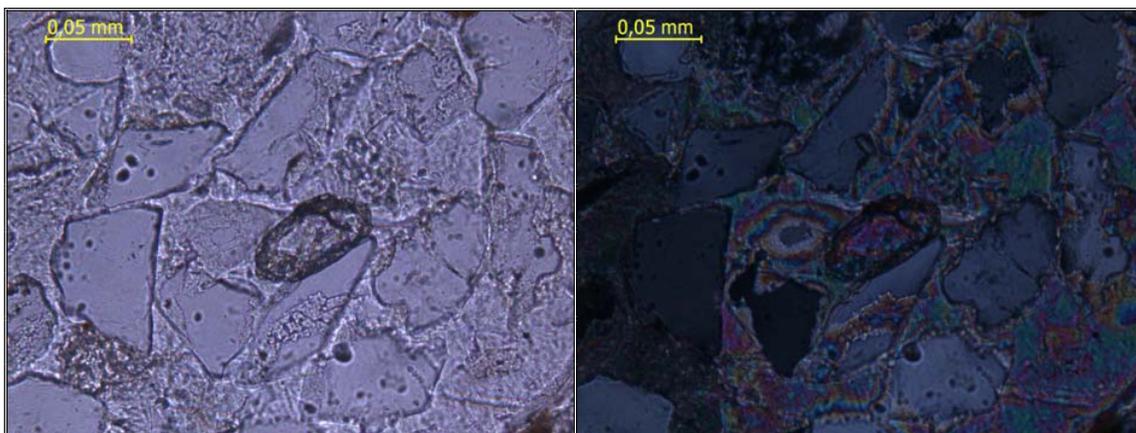
Fotomicrografía 91. Muestra: CPT-8B. General: alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Fragmento de feldespato potásico. 2. Fragmento de cuarzo policristalino.



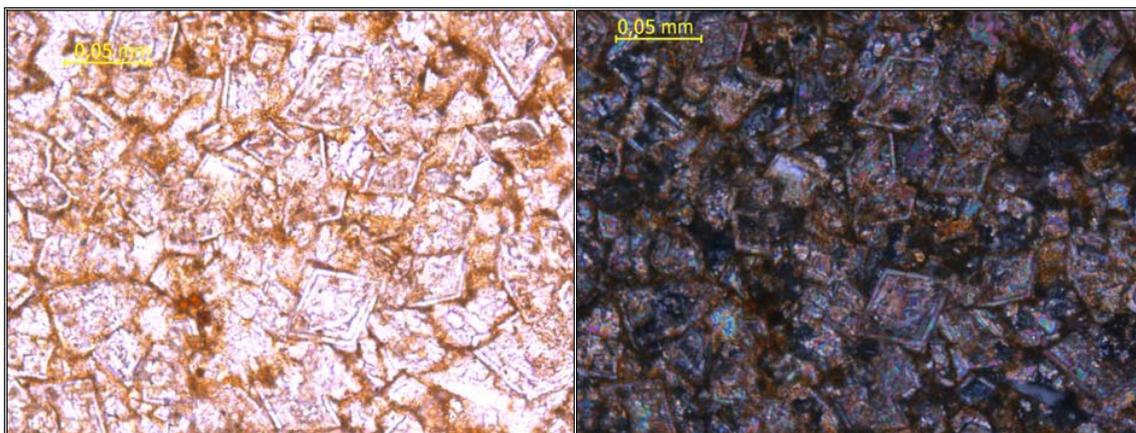
Fotomicrografía 92. Muestra: CPT-9. General: alto porcentaje de extraclásticos dentro de la muestras. Presenta pequeños “parches” de óxido. Los extraclásticos son muy pequeños.



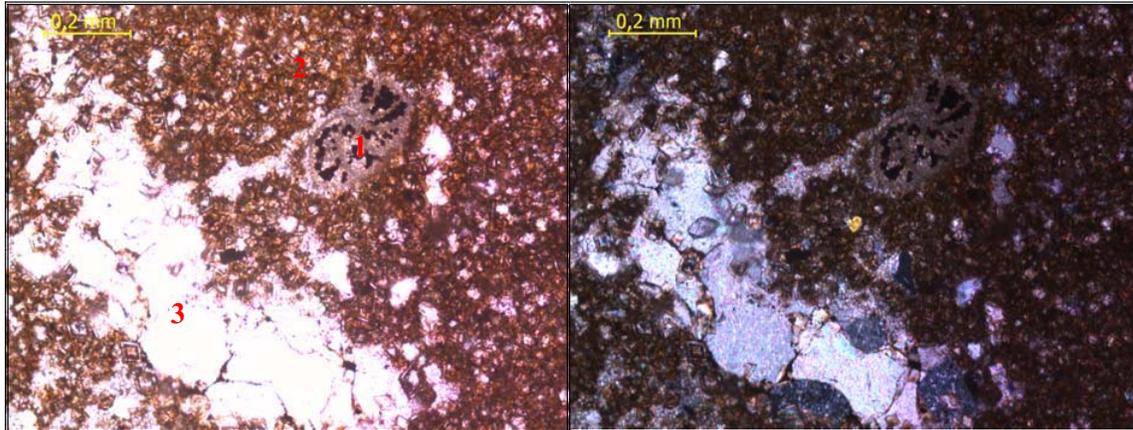
Fotomicrografía 93. Muestra: CPT-9. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Cemento de caolinita. 2. Cemento de óxido de hierro.



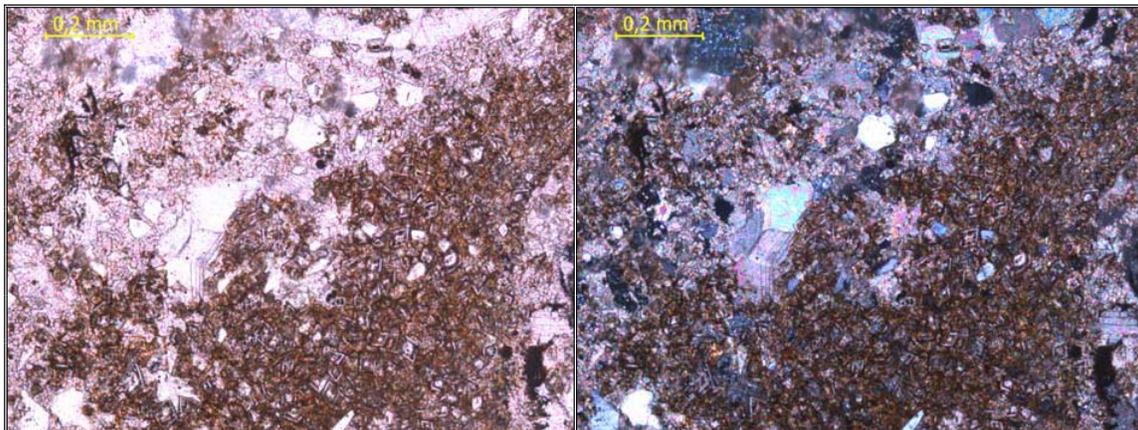
Fotomicrografía 94. Muestra: CPT-9. **Detalle:** Circón, se encuentra como mineral accesorio en la muestra.



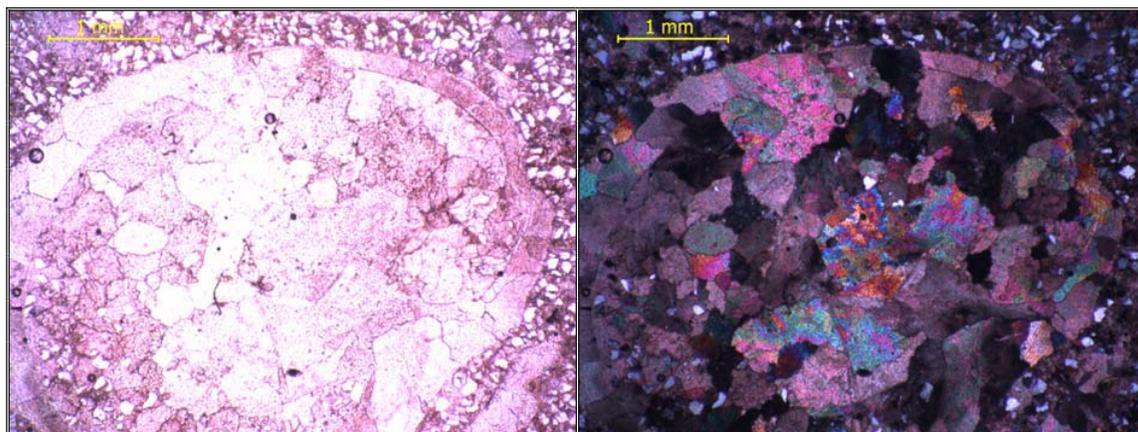
Fotomicrografía 95. Muestra: CPT-19. **Detalle:** Cemento de dolomitas bien desarrolladas con vestigios de micrita.



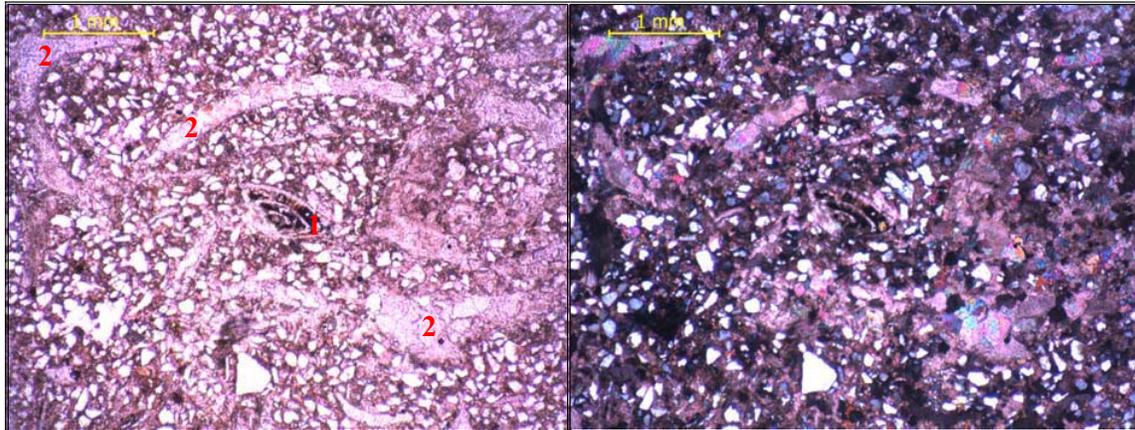
Fotomicrografía 96. Muestra: CPT-10. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico seriado. 2. Dolomitas recristalizadas a partir de la matriz carbonática (micrita). 3. Cemento tamaño espato con textura mosaico o equigranular.



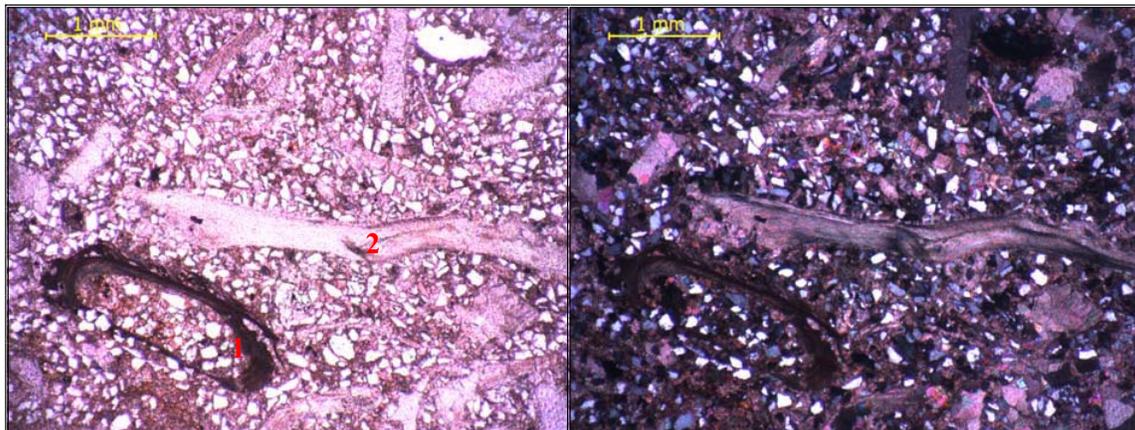
Fotomicrografía 97. Muestra: CPT-10. **General:** Proceso de dolomitización de la matriz carbonática (micrita). Además se observa como las dolomitas están reemplazando el cemento carbonático tamaño espato.



Fotomicrografía 98. Muestra: CPT-11. **Detalle:** Oncoide recristalizado a cemento tamaño espato con textura equigranular o mosaico.



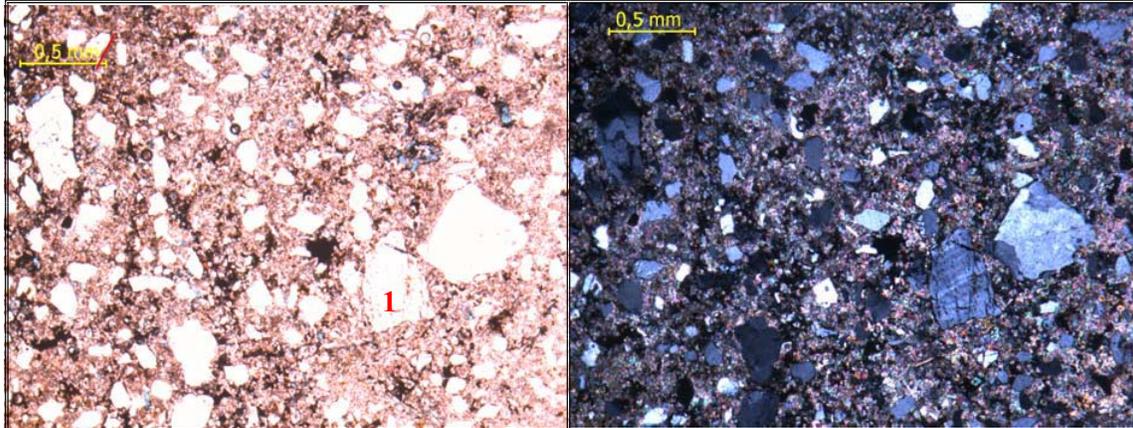
Fotomicrografía 99. Muestra: CPT-11. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico: *Nummulite Sp.* 2. Fragmentos de moluscos con inversión heteroaxial.



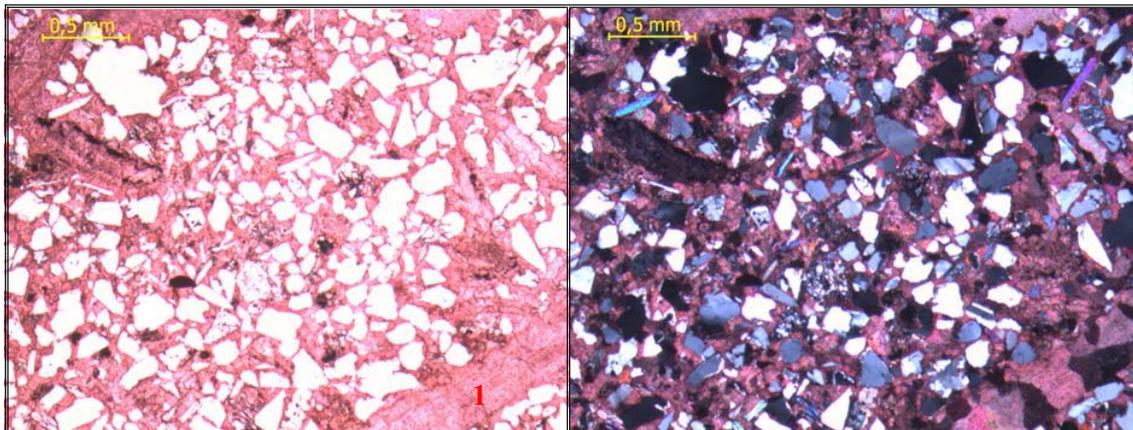
Fotomicrografía 100. Muestra: CPT-11. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Anélido (poliqueto). 2. Fragmento de molusco con inversión homoaxial.

8.4. Apéndice IV. Observaciones petrográficas. Riecito, estado falcón: se presentan las fotomicrografías demostrativas para cada facies litológica definida. Todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nicoles paralelos y la derecha en nicoles cruzados.

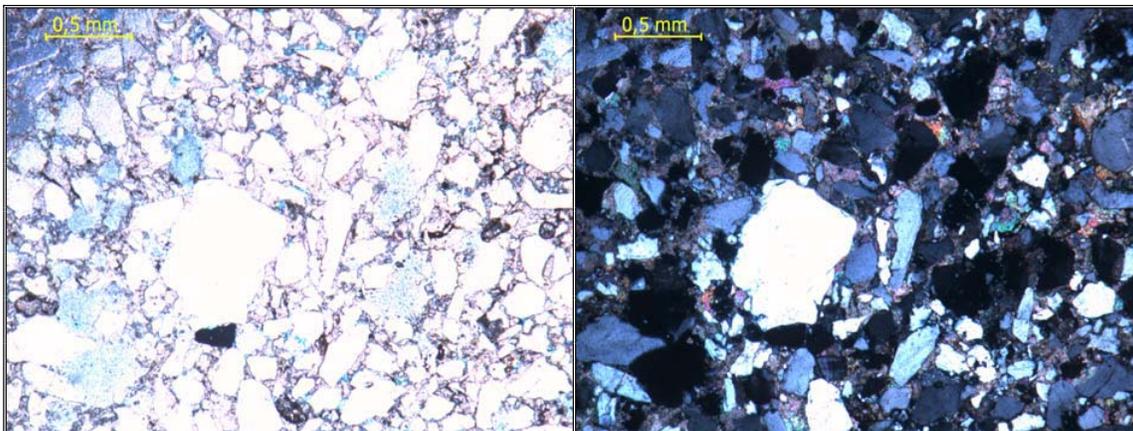
Facies I: de rocas híbridas con niveles carbonáticos



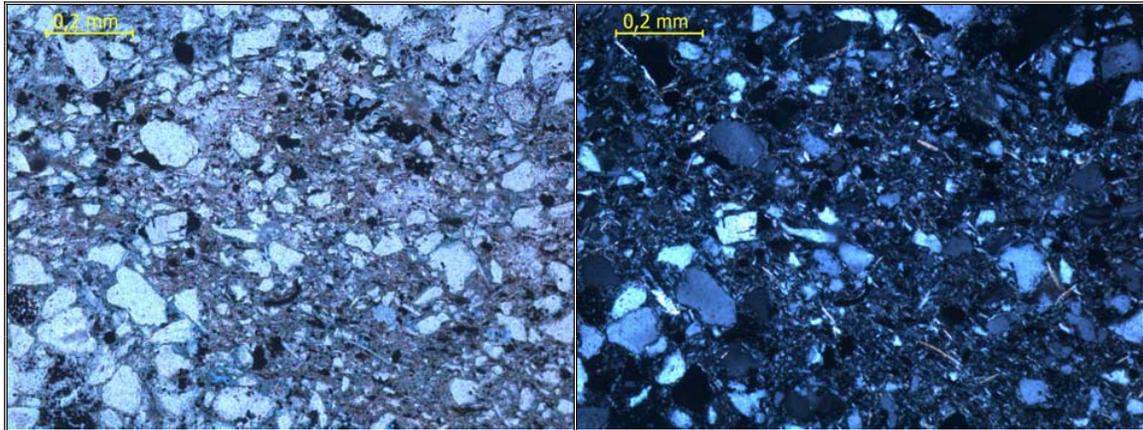
Fotomicrografía 1. Muestra: PG03-M-12. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalle:** 1. Microclino cuyo tamaño destaca del resto de los extraclásticos.



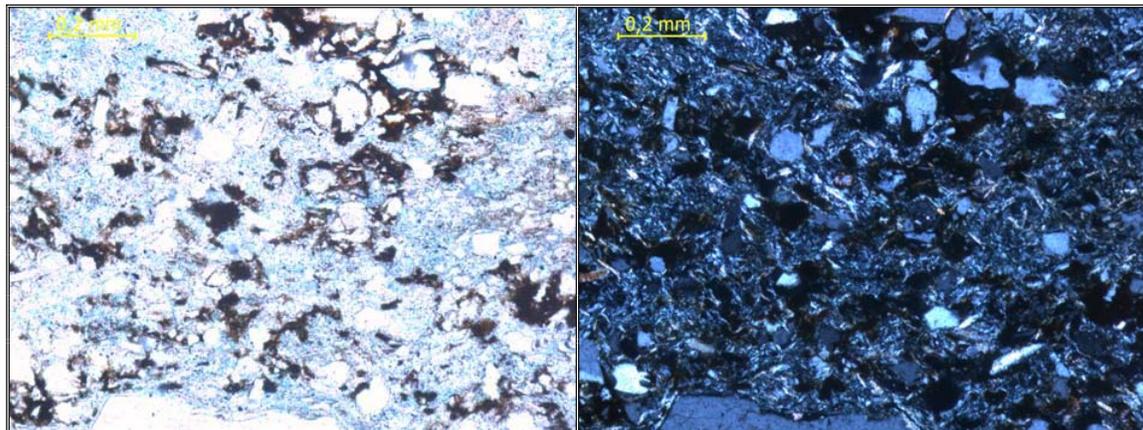
Fotomicrografía 2. Muestra: PG05-M-13. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalle:** 1. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



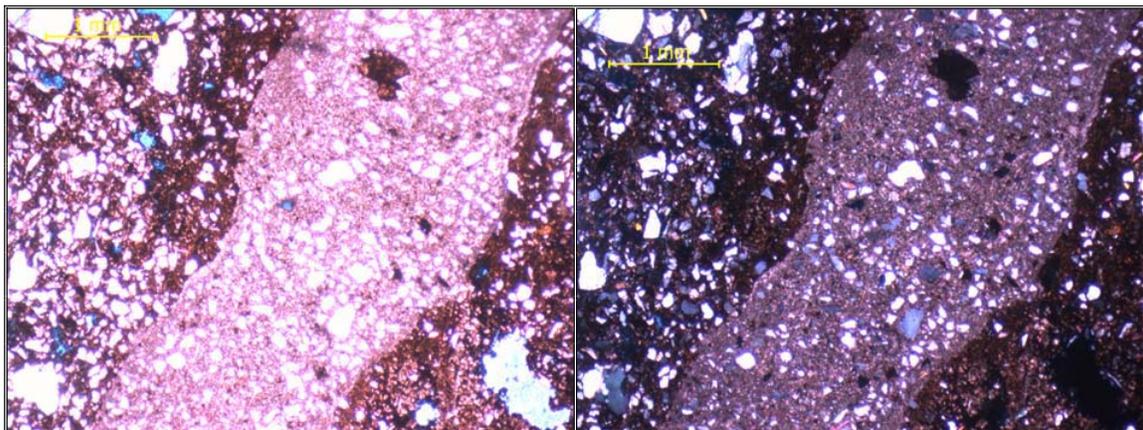
Fotomicrografía 3. Muestra: PG09-M-5. **General:** alto porcentaje de extraclásticos, cuarzos y feldespatos K.



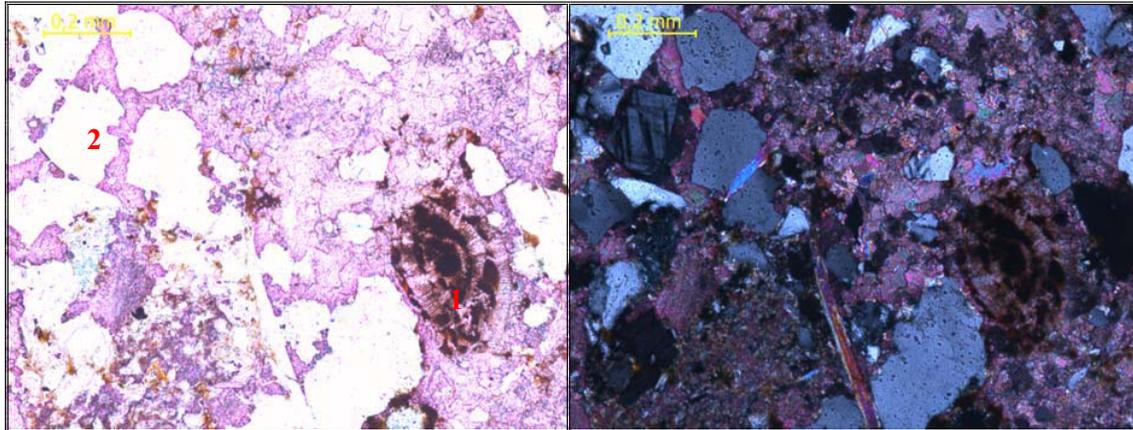
Fotomicrografía 4. Muestra: PG08-M-25. **General:** alto porcentaje de extraclásticos con abundantes minerales de arcilla tipo Illita.



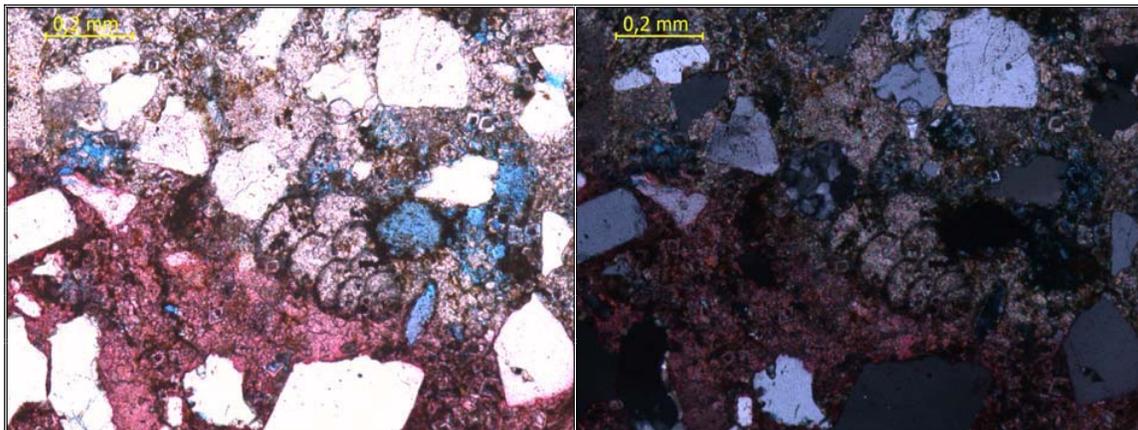
Fotomicrografía 5. Muestra: PG11-M-12. **General:** alto porcentaje de extraclásticos con abundantes minerales de arcilla tipo Illita, presenta fosfatización.



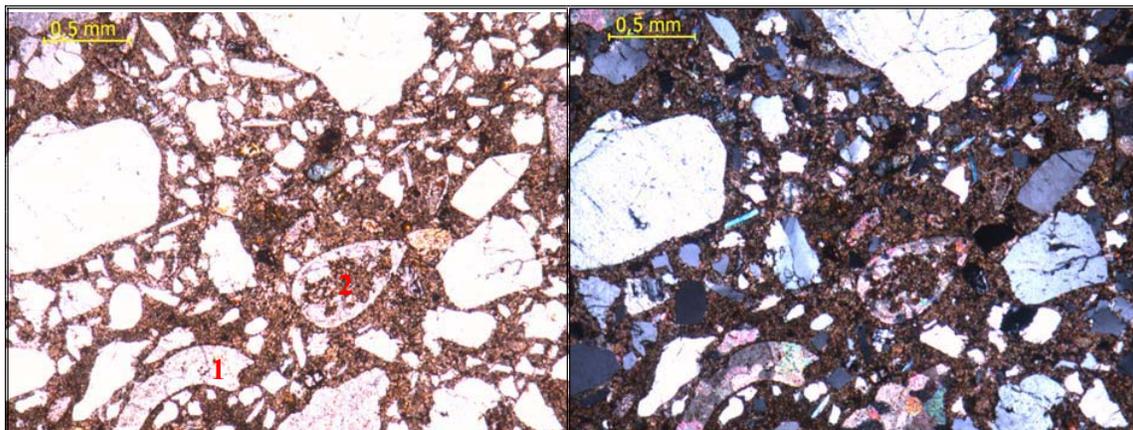
Fotomicrografía 6. Muestra: PG11-M-8. Bioturbación, se observa el que el material exterior a ella es diferente siendo mas rico en óxido.



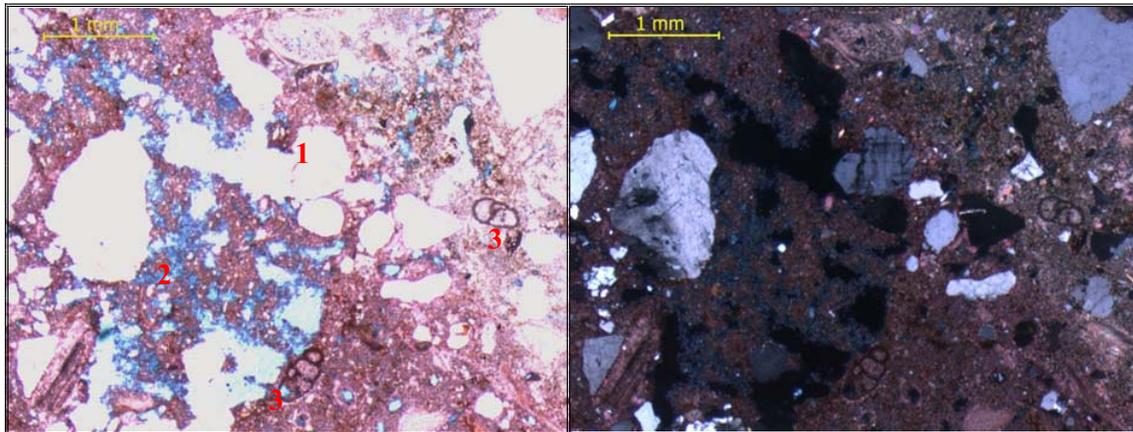
Fotomicrografía 7. Muestra: PG12-M-21. **General:** presenta extraclásticos y aloquímicos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico tipo *Nummulite Sp.* 2. Microclino con su textura característica.



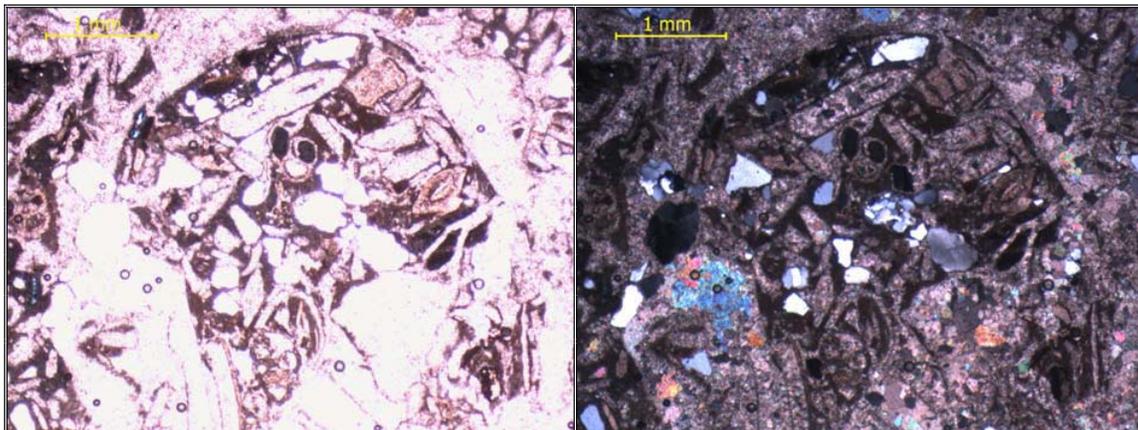
Fotomicrografía 8. Muestra: PG07-M-5. **General:** presencia de extraclásticos y destaca un foraminífero béntico seriado.



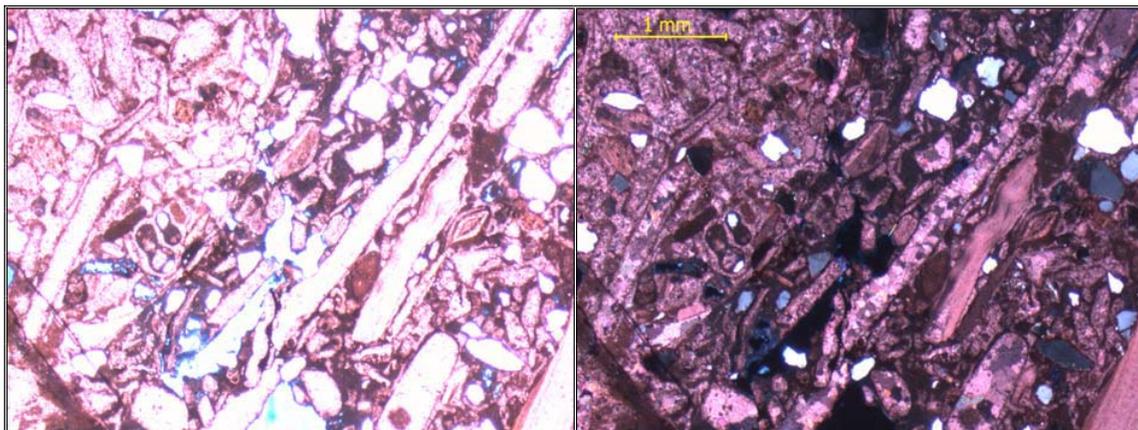
Fotomicrografía 9. Muestra: PG06-M-9. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 2. Corte transversal de bivalvo.



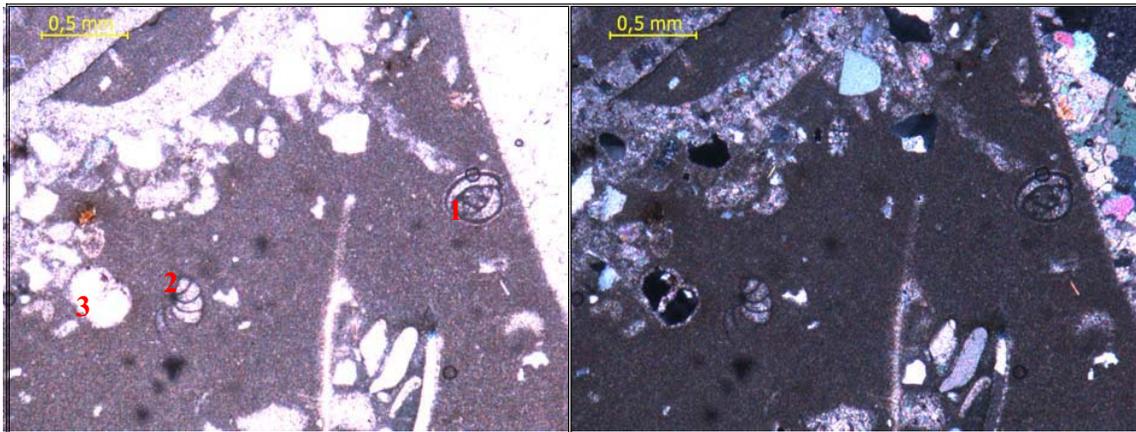
Fotomicrografía 10. Muestra: PG04-M-16. Detalles: 1. Microclino con su textura “tartán” característica. **2.** Porosidad por disolución de matriz. **3.** Foraminíferos bénticos uniseriados.



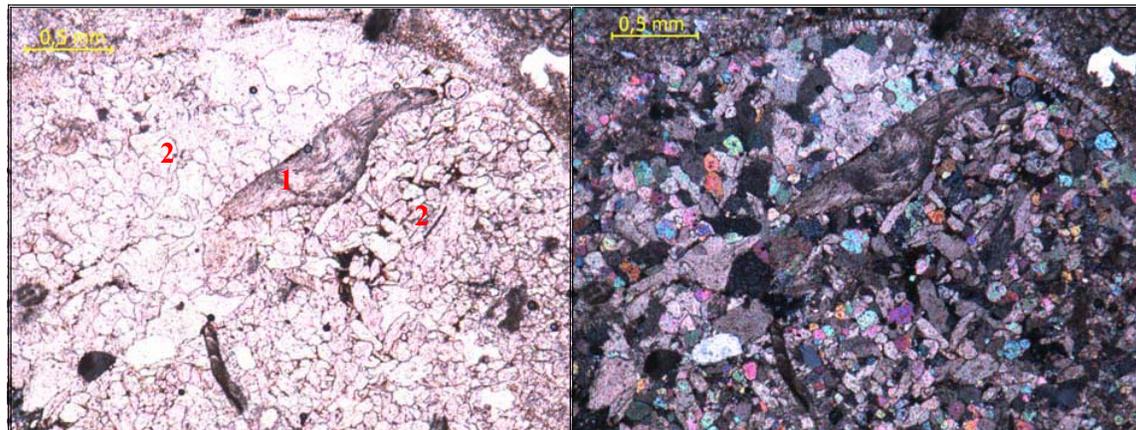
Fotomicrografía 11. Muestra: PG04-M-20. General: concentración de aloquímicos.



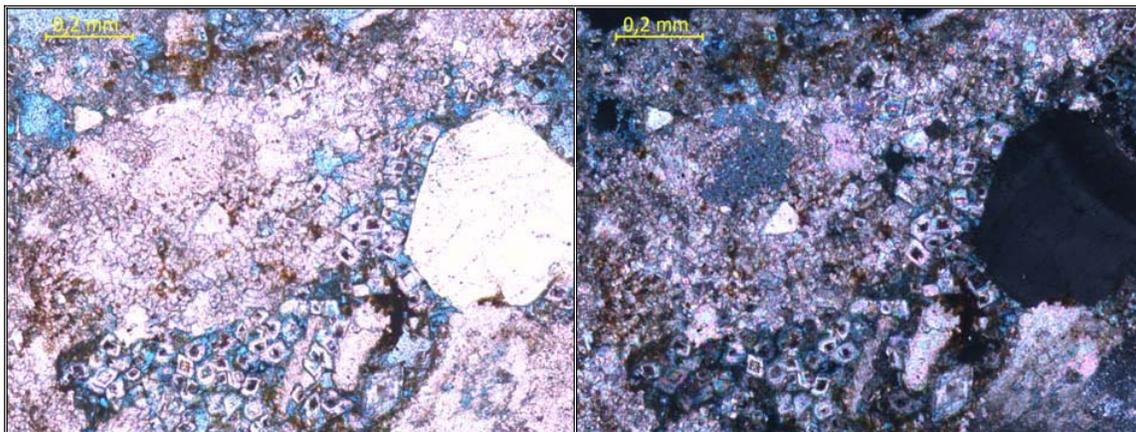
Fotomicrografía 12. Muestra: PG07-M-13. General: concentración de aloquímicos., muestra similar a la anterior.



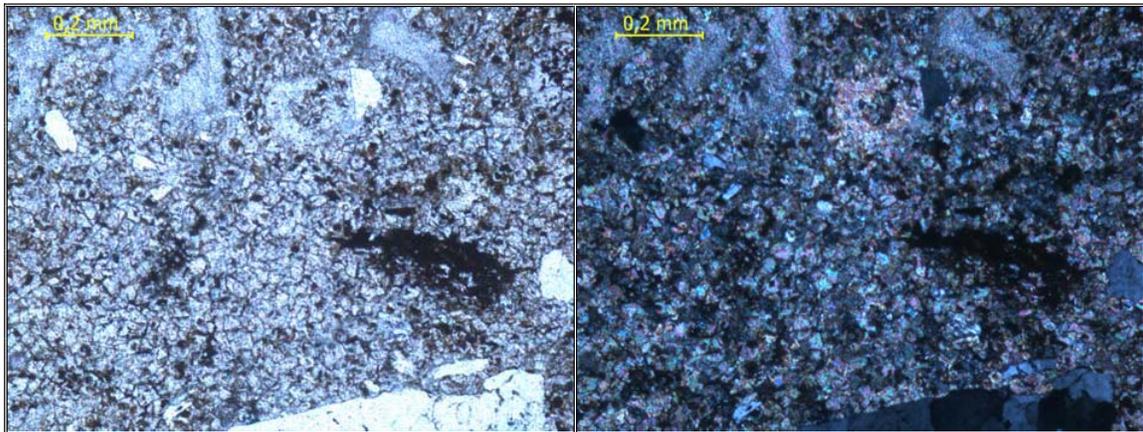
Fotomicrografía 13. Muestra: PG03-M-24. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico tipo *Miliólido Sp* 2. Foraminífero béntico uniseriado. 3. Foraminífero plántico.



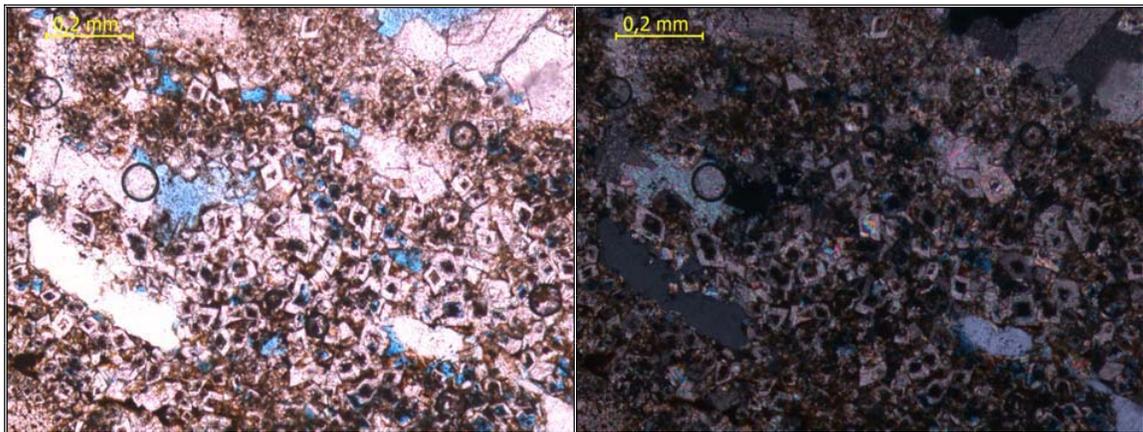
Fotomicrografía 14. Muestra: PG13-M-5. **Detalle:** 1. Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2. Cemento tipo éspato con textura mosaico.



Fotomicrografía 15. Muestra: PG06-M-13. **General:** dolomitas y se observa la porosidad por disolución.

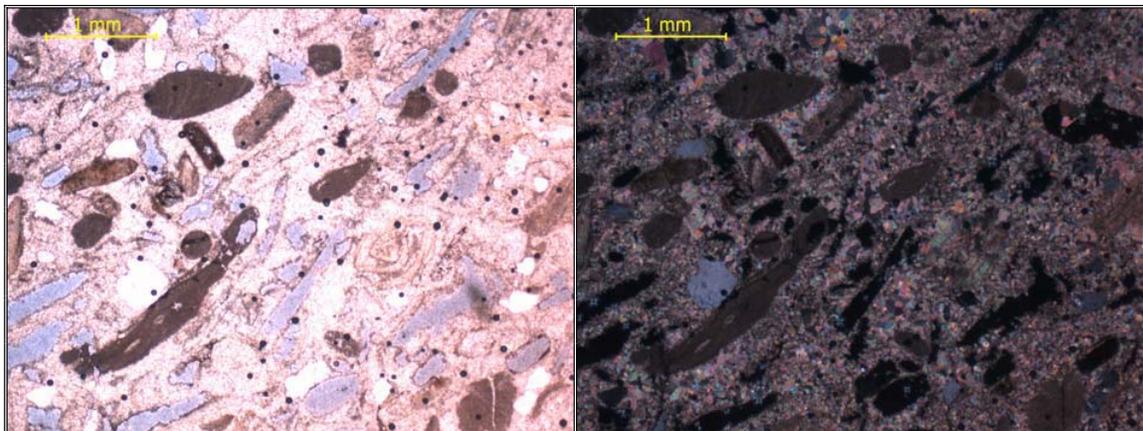


Fotomicrografía 16. Muestra: PG09-M-17. General: cemento de dolomita.

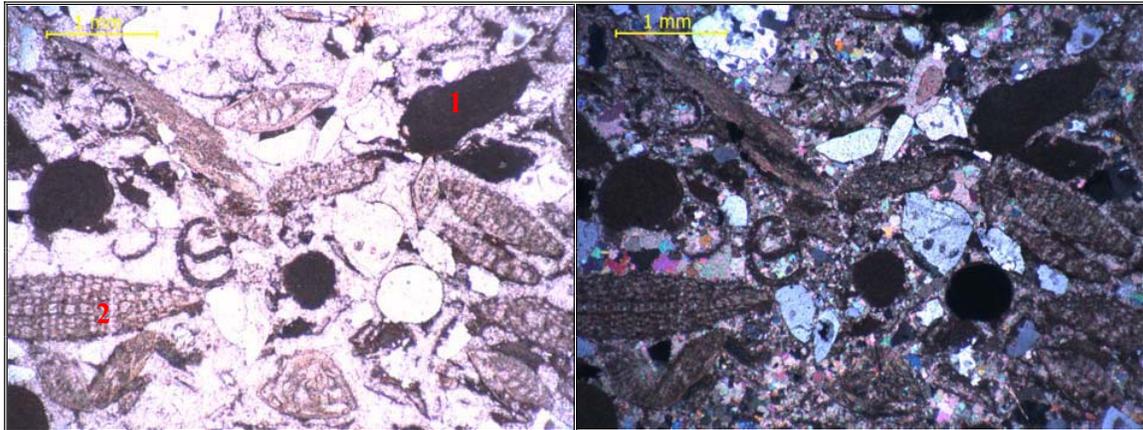


Fotomicrografía 17. Muestra: PG08-M-12. General: cemento de dolomita, se observa que el mismo es producto de la recristalización de micrita y asociado a la presencia de óxido.

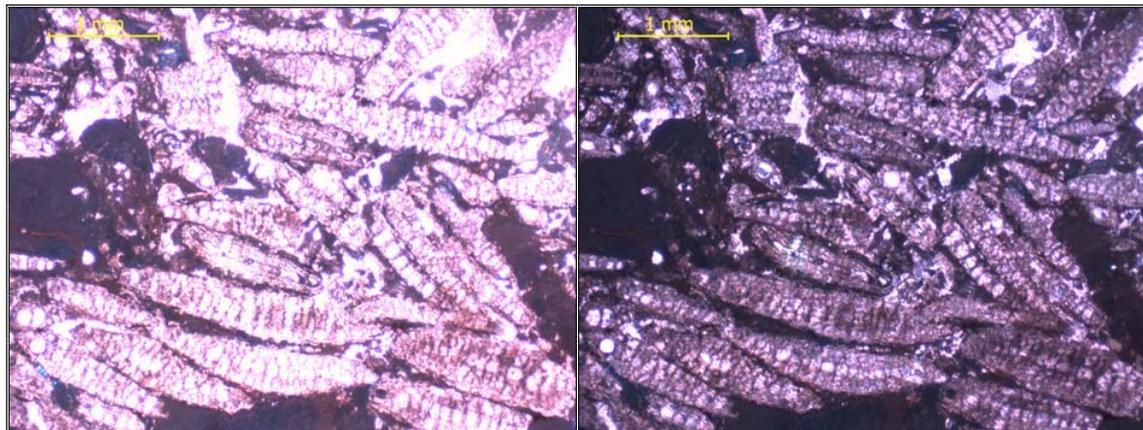
Facies II: de carbonato tipo packstone



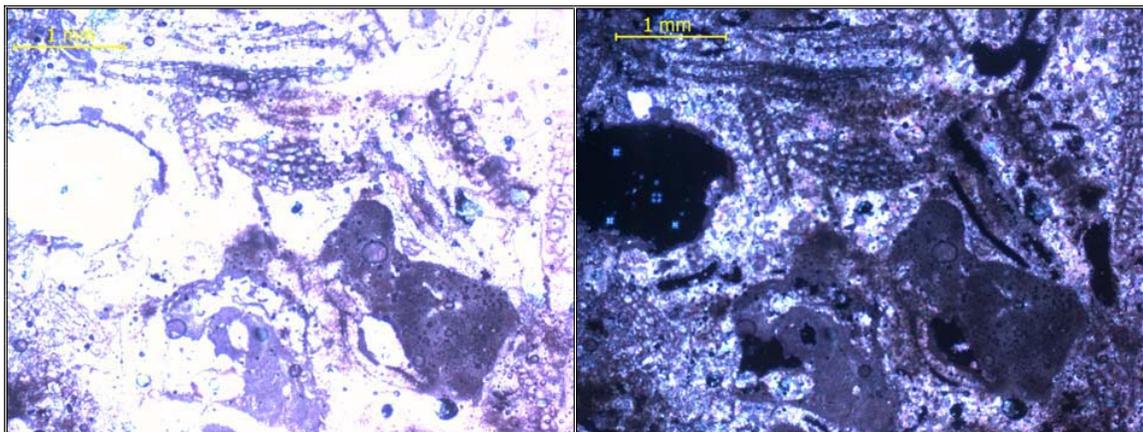
Fotomicrografía 18. Muestra: PG20-M-19. General: algas rojas y porosidad móldica.



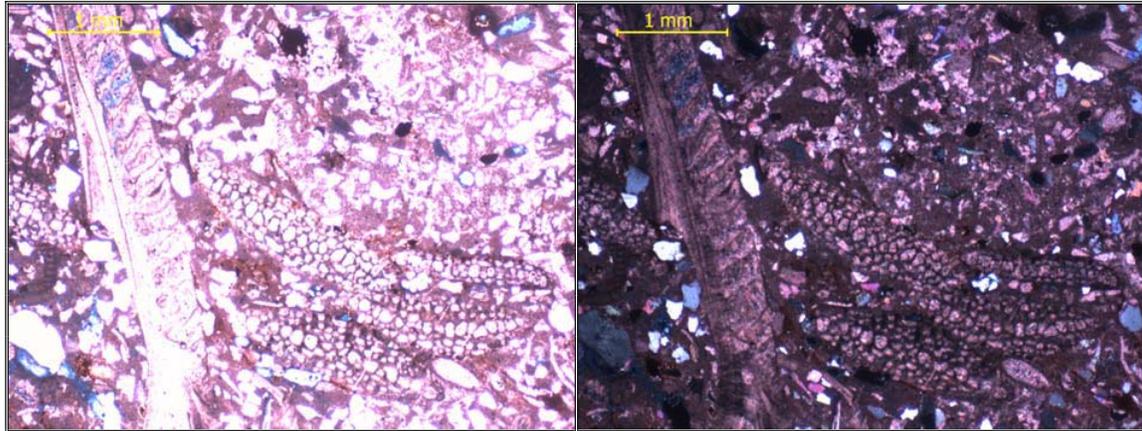
Fotomicrografía 19. Muestra: PG12-M-4. **General:** concentración de aloquímicos. **Detalles:** 1. Algas rojas. 2. Foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



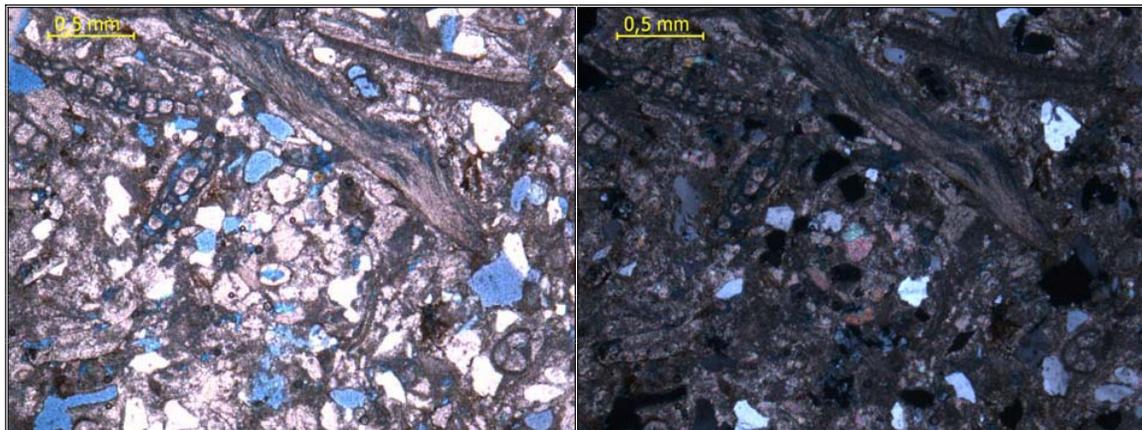
Fotomicrografía 20. Muestra: PG12-M-8. **General:** acumulación de foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



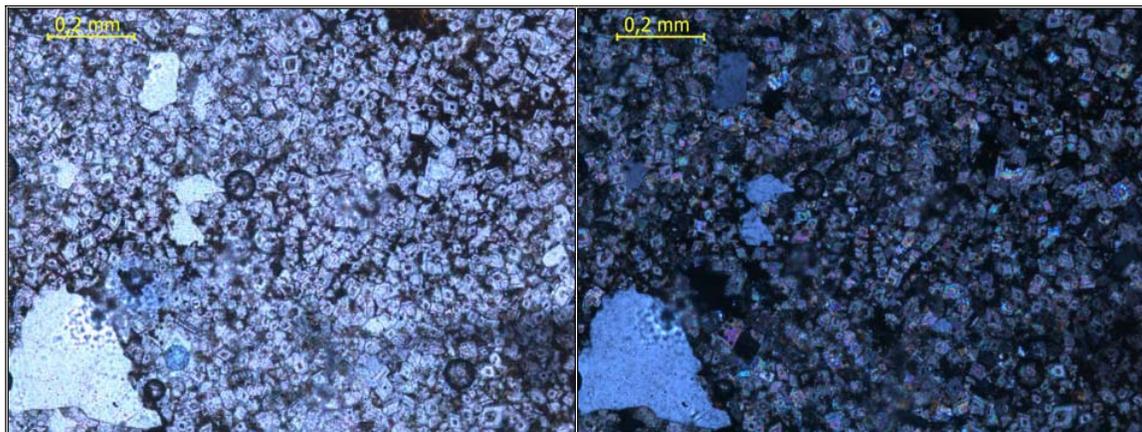
Fotomicrografía 21. Muestra: PG13-M-3. **General:** algas rojas y *Miogypsina Sp.*



Fotomicrografía 22. Muestra: PG14-M-14. **General:** Foraminíferos bénticos *Miogypsina Sp*

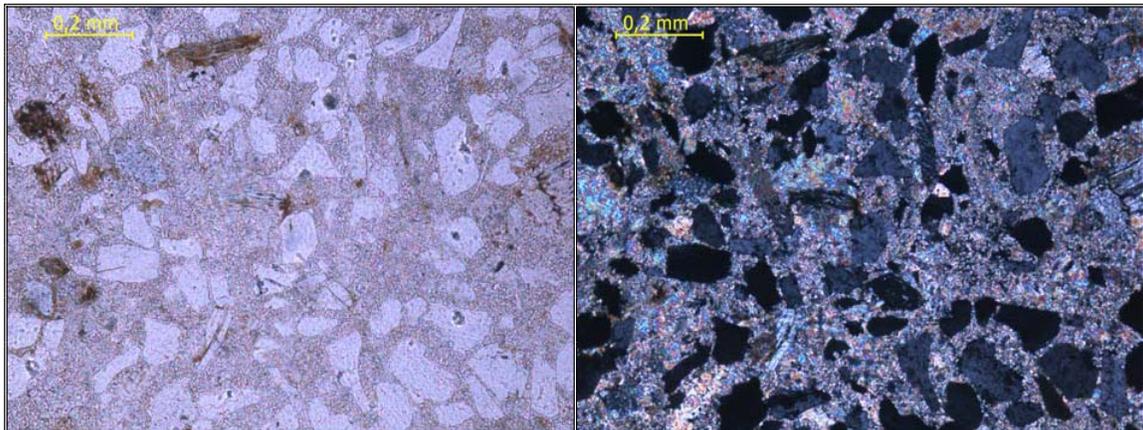


Fotomicrografía 23. Muestra: PG21-M-29. **General:** *Miogypsina Sp* y fragmentos de moluscos.

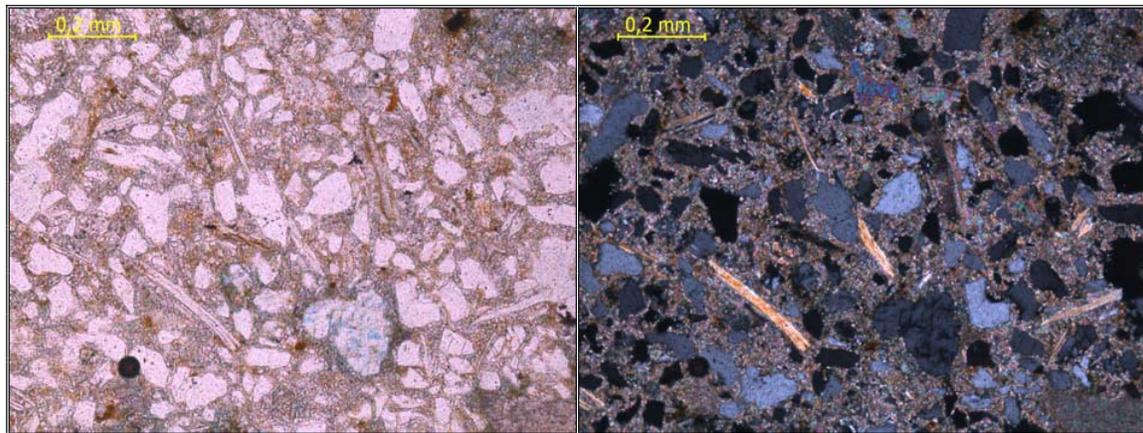


Fotomicrografía 24. Muestra: PG23-M-14. **General:** Cemento de dolomitas.

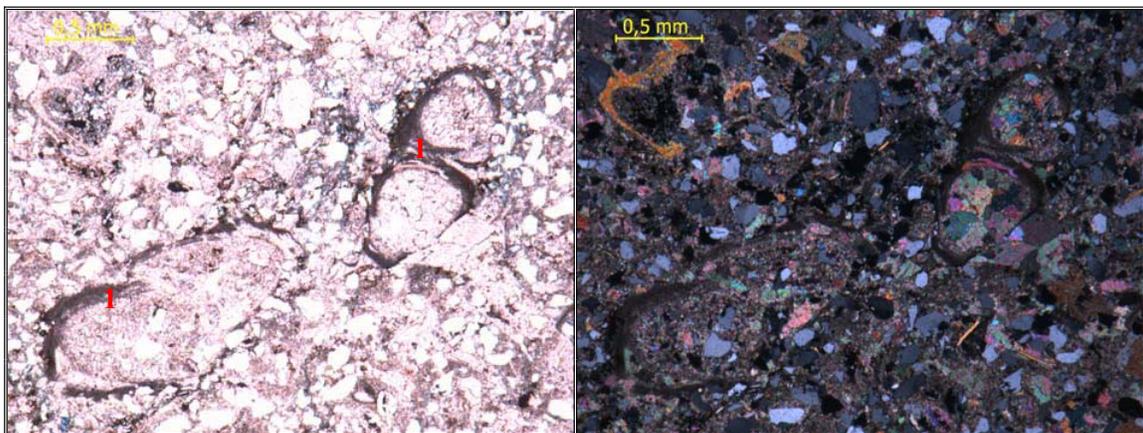
Facies III: de rocas híbridas con niveles de carbonatos limpios fosfatizados



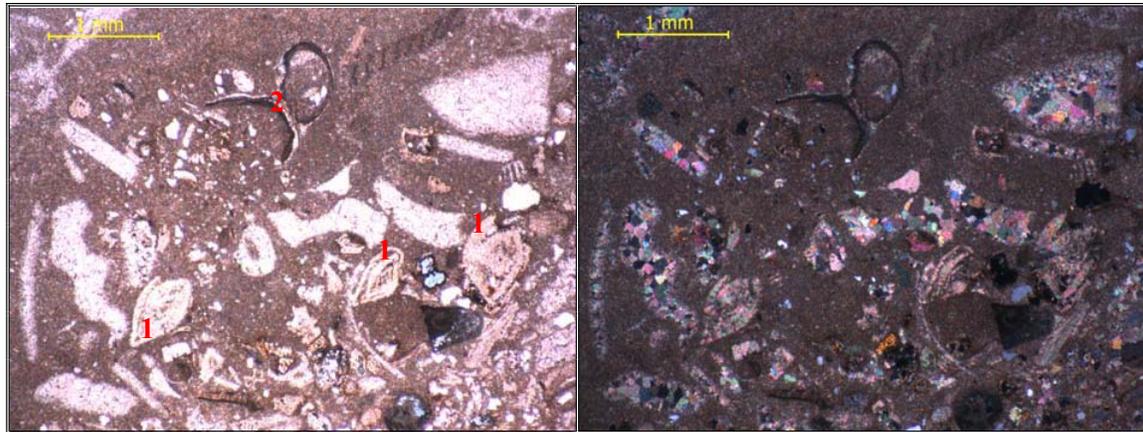
Fotomicrografía 25. Muestra: PG17-M-15. **General:** alto porcentaje de extraclásticos y cemento tipo espato.



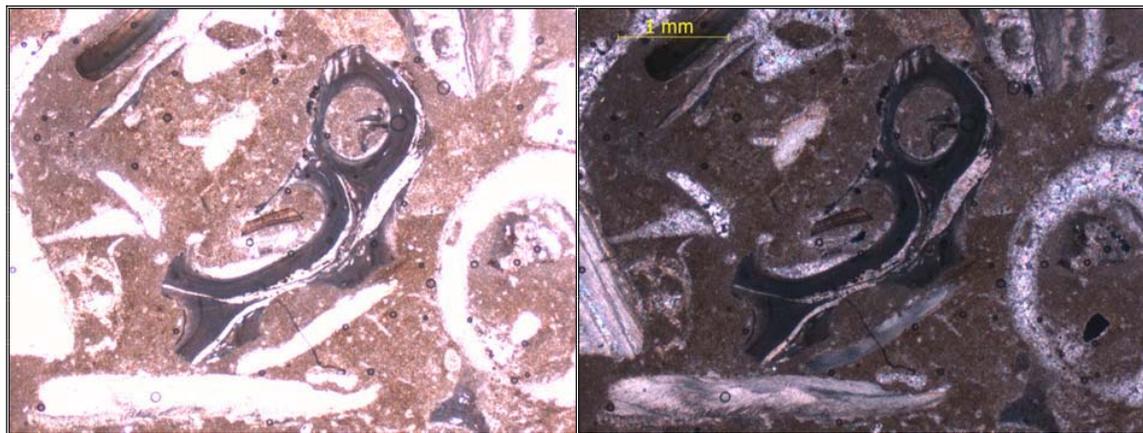
Fotomicrografía 26. Muestra: PG18-M-13. **General:** alto porcentaje de extraclásticos, cemento tipo espato y micas.



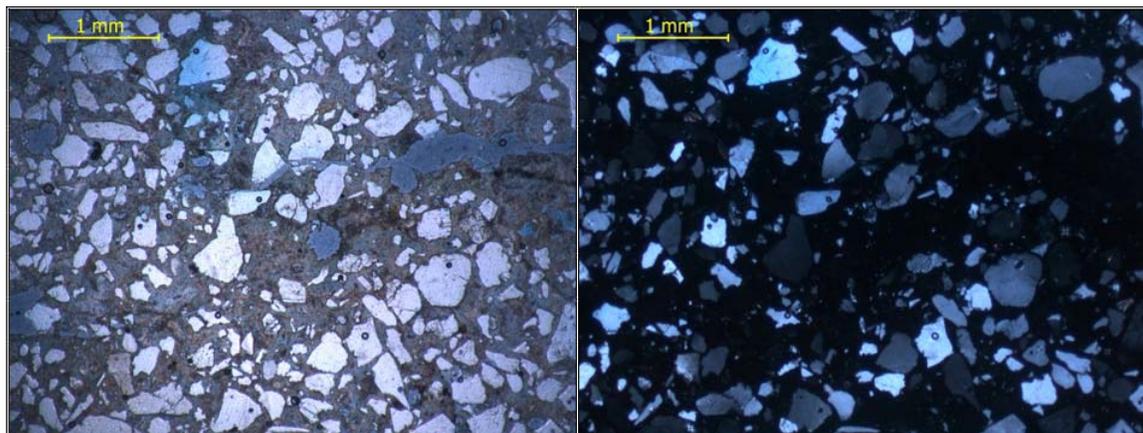
Fotomicrografía 27. Muestra: PG19-M-1 **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Fragmentos de Poliquetos (anélidos).



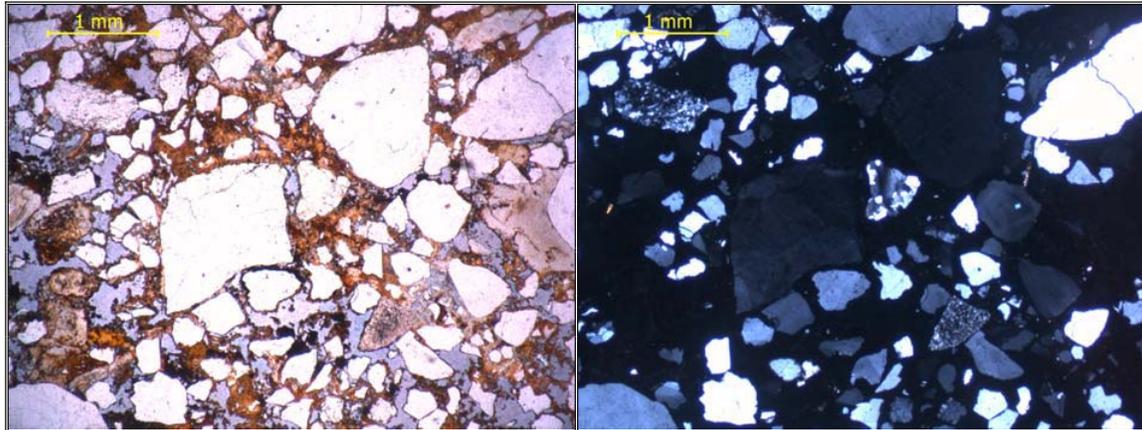
Fotomicrografía 28. Muestra: PG19-M-8. **General:** aloquímicos en micrita. **Detalles:** 1. Foraminíferos bénticos tipo *Nummulite Sp.* 2. Fragmento de Poliqueto (Anélido).



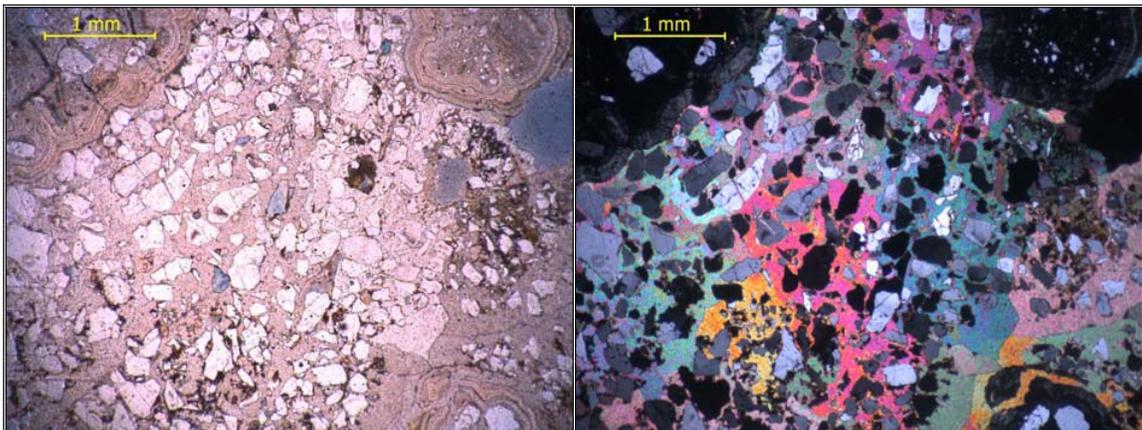
Fotomicrografía 29. Muestra: PG21-M-16. **General:** fragmento de Poliqueto (Anélido) y fragmentos de moluscos.



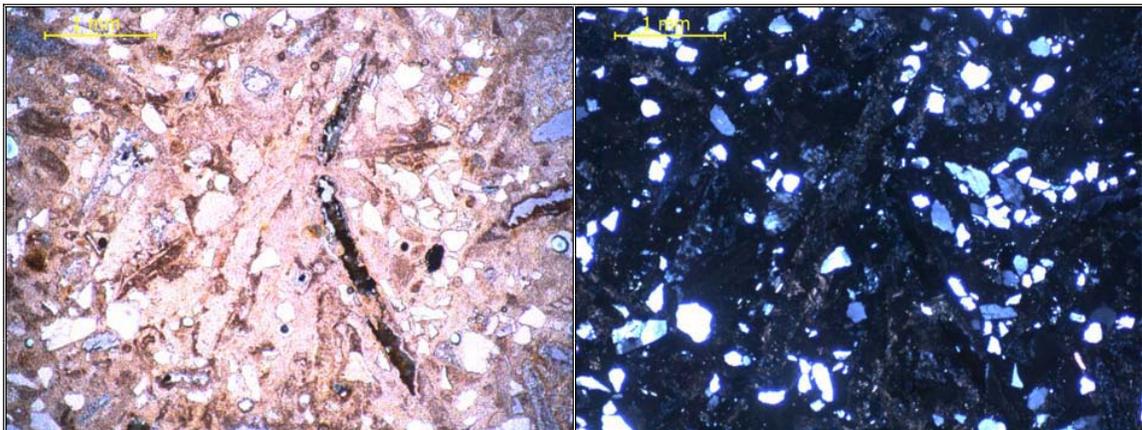
Fotomicrografía 30. Muestra: PG23-M-6. **General:** alto porcentaje de extraclásticos en matriz fosfatizada.



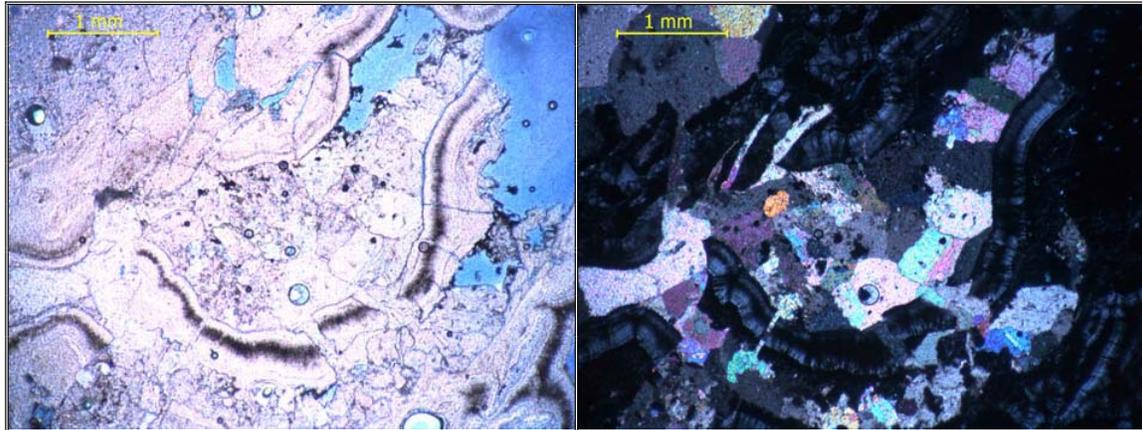
Fotomicrografía 31. Muestra: PG25-M-9. General: alto porcentaje de extraclásticos en matriz fosfatizada y porosidad marcada.



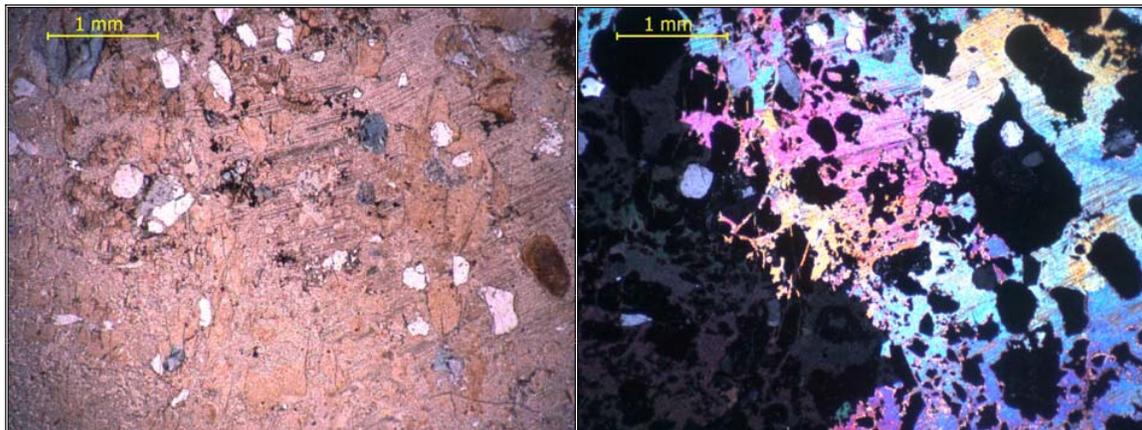
Fotomicrografía 32. Muestra: PG20-M-7. General: alto porcentaje de extraclásticos algunos fosfatizados, con cemento tipo espato, fosfatización concéntrica asociada a la porosidad.



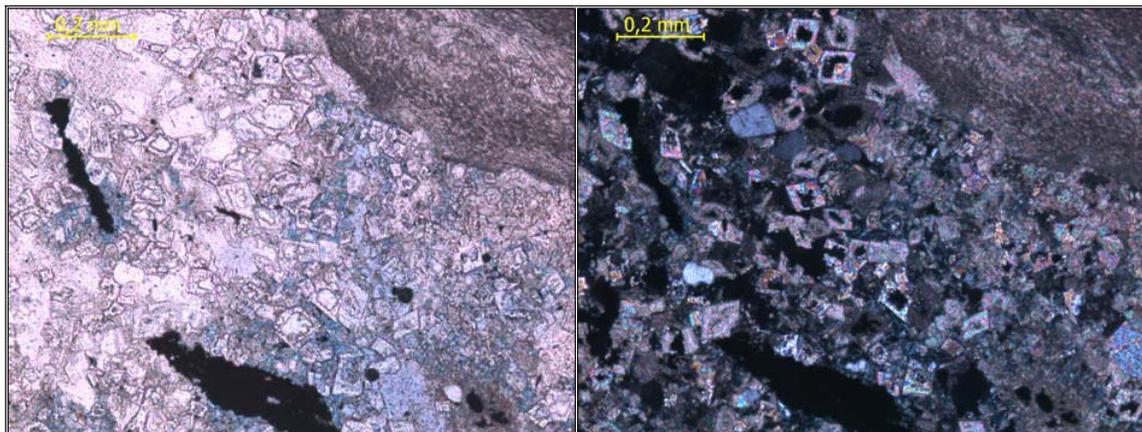
Fotomicrografía 33. Muestra: PG24-M-7. General: porcentaje moderado de extraclásticos en matriz fosfatizada.



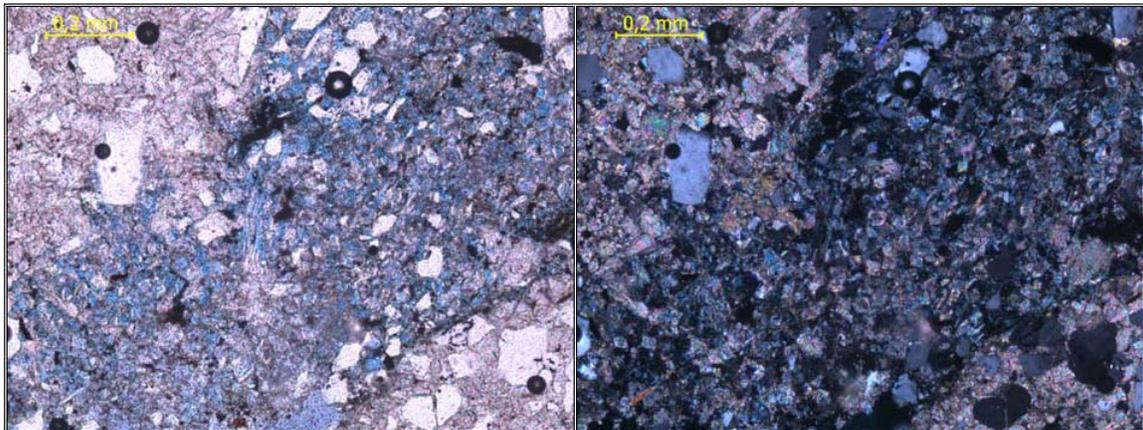
Fotomicrografía 34. Muestra: PG22-M-19. **General:** cemento tipo espato y fosfatización en forma concéntrica.



Fotomicrografía 35. Muestra: PG19-M-22. **General:** extracrísticos fosfatizados en cemento tipo espato con textura syntaxial

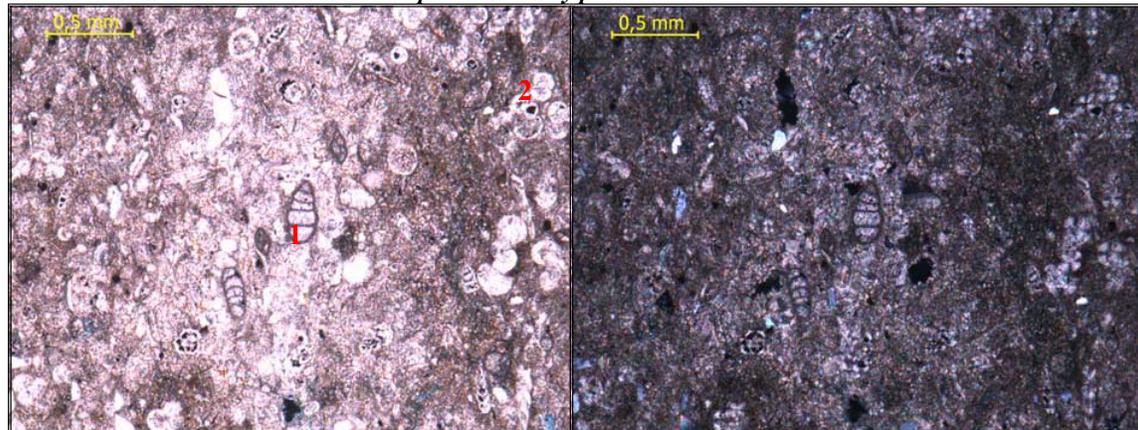


Fotomicrografía 36. Muestra: PG18-M-18. **General:** cemento de dolomita.

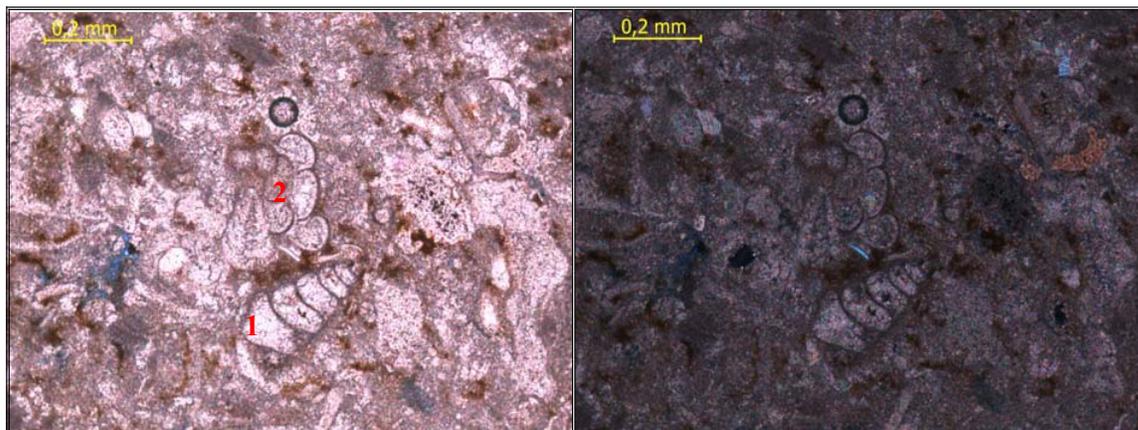


Fotomicrografía 37. Muestra: PG21-M-14. **General:** cemento de dolomita asociado a la porosidad y cemento tipo espato en la esquina superior izquierda.

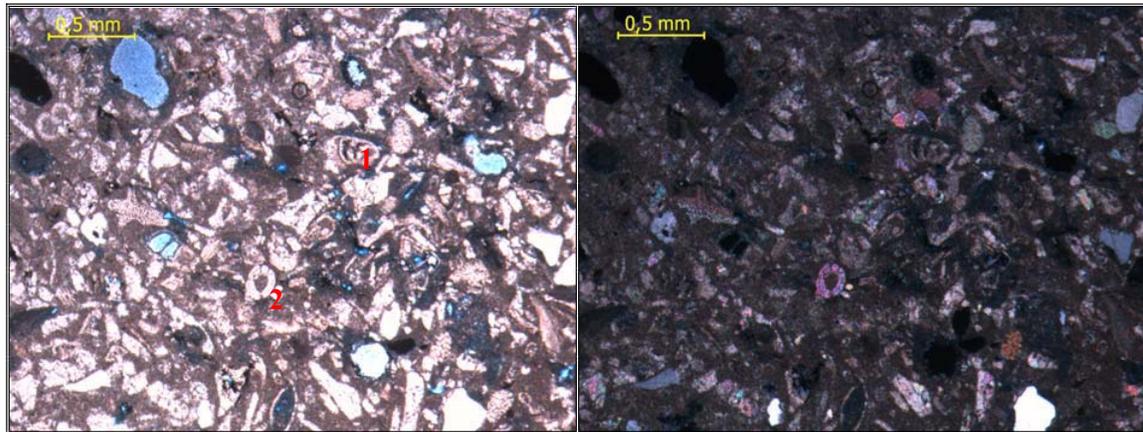
Facies de intercalación de carbonatos tipo wackstone y packstone:



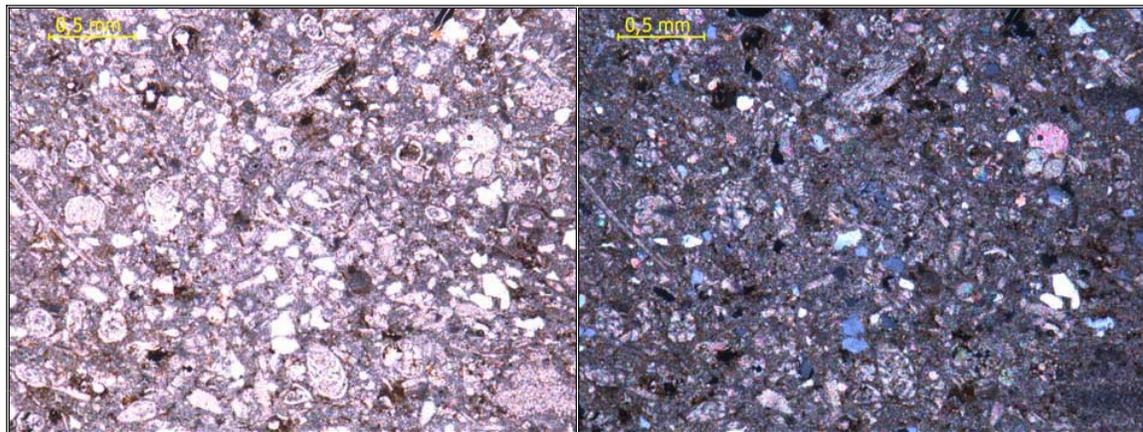
Fotomicrografía 38. Muestra: PG15-M-2. **General:** aloquímicos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico uniseriado. 2. Foraminíferos pláncticos tipo *Globorotalia Sp.*



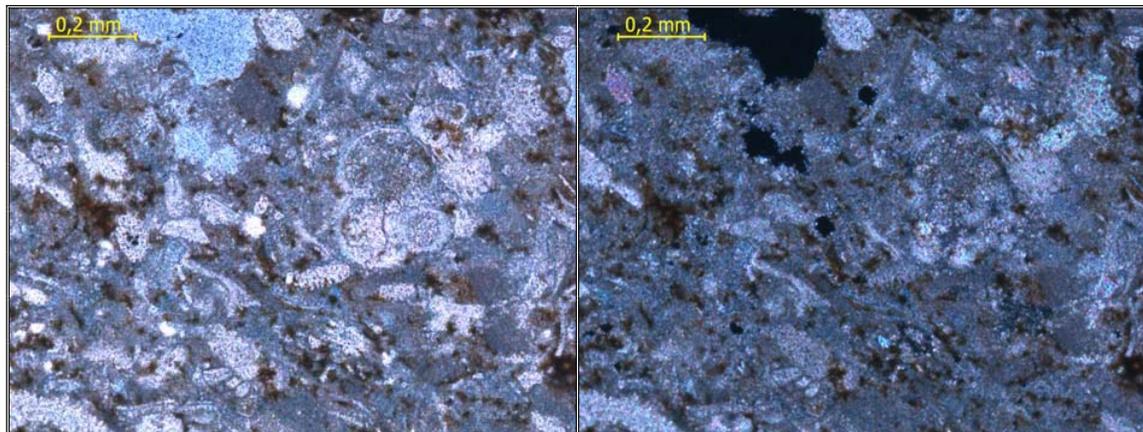
Fotomicrografía 39. Muestra: PG22-M-1. **Detalle:** 1. Foraminífero béntico uniseriado. 2) Foraminíferos pláncticos.



Fotomicrografía 40. Muestra: PG18-M-5. **Detalle:** 1. Foraminíferos plánticos. 2. Corte transversal de espina de equinoide.



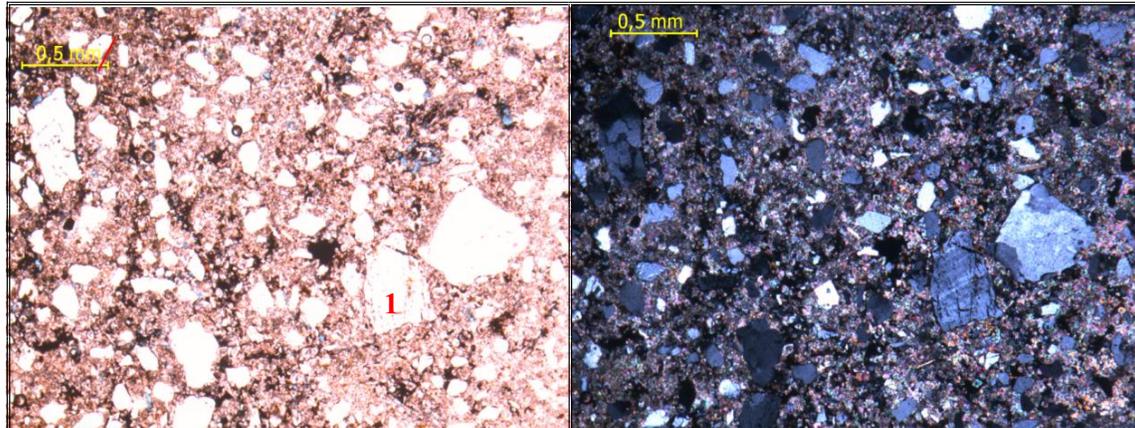
Fotomicrografía 41. Muestra: PG17-M-7. **General:** concentración de foraminíferos plánticos y extraclásticos.



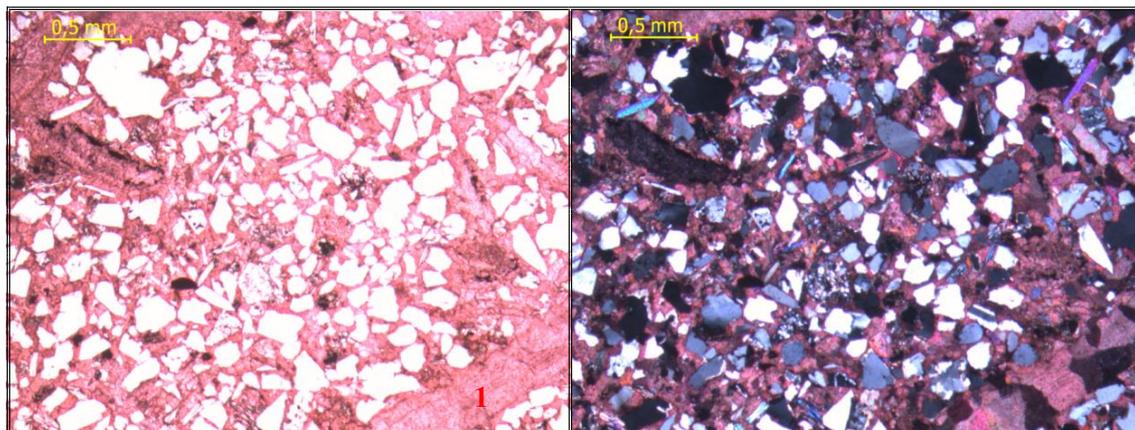
Fotomicrografía 42. Muestra: PG21-M-2. **Detalles:** 1. Foraminíferos plánticos tipo *Globorotalia Sp.*

8.4. Apéndice IV. Observaciones petrográficas. Riecito, estado falcón: se presentan las fotomicrografías demostrativas para cada facies litológica definida. Todas las fotomicrografías se encuentran a la izquierda en nicoles paralelos y la derecha en nicoles cruzados.

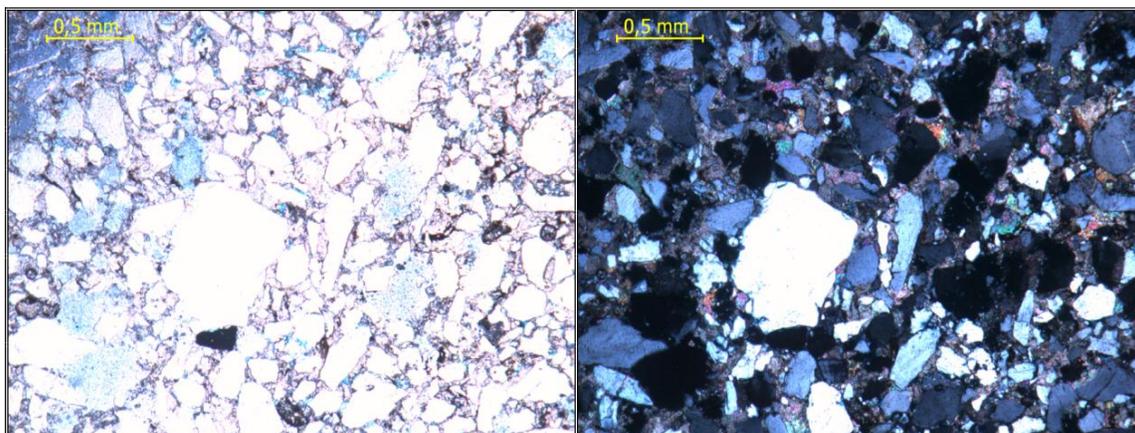
Facies I: de rocas híbridas con niveles carbonáticos



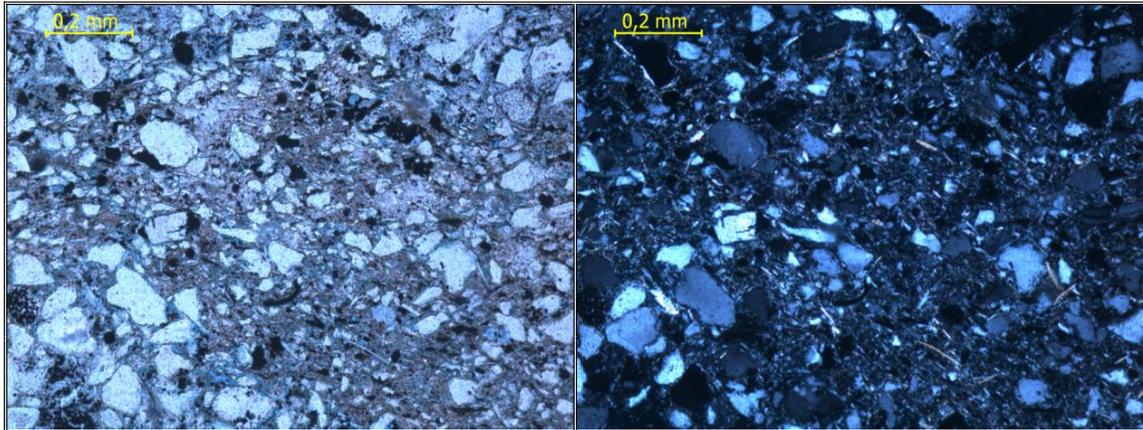
Fotomicrografía 1. Muestra: PG03-M-12. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalle:** 1. Microclino cuyo tamaño destaca del resto de los extraclásticos.



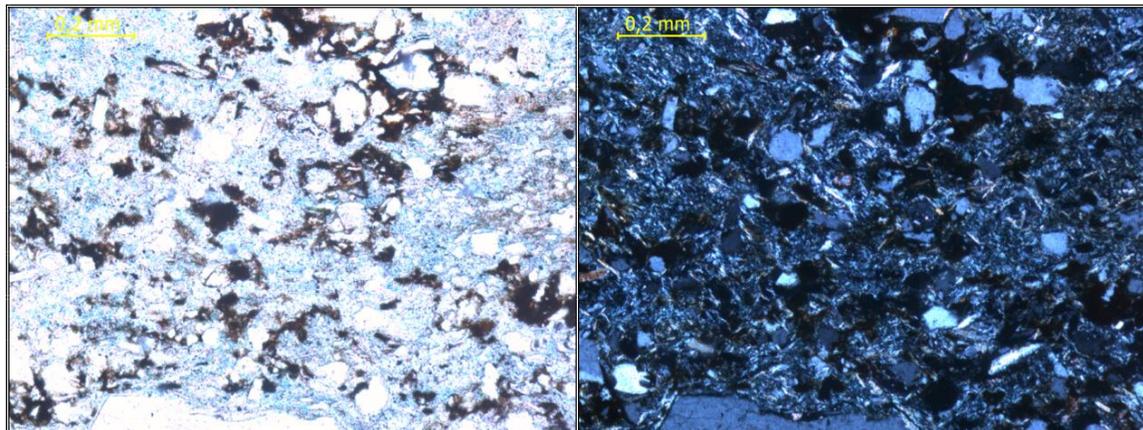
Fotomicrografía 2. Muestra: PG05-M-13. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalle:** 1. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial.



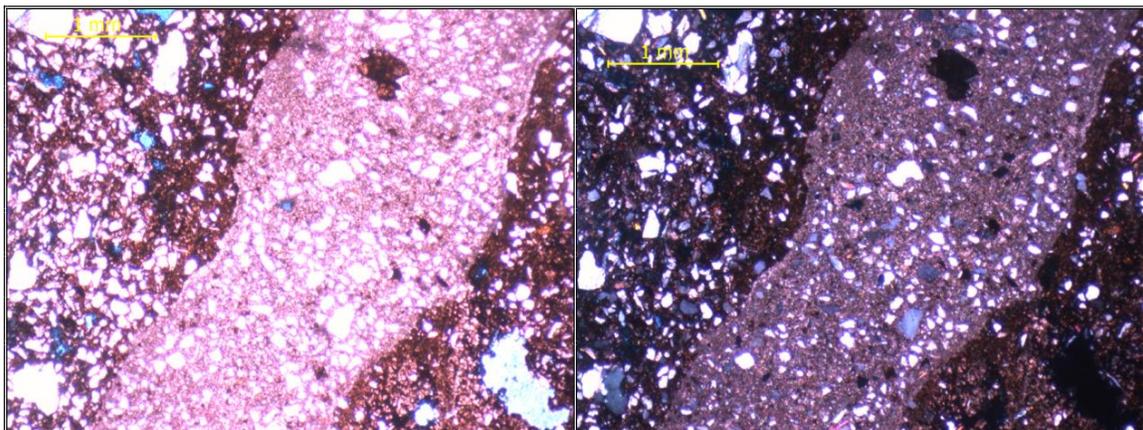
Fotomicrografía 3. Muestra: PG09-M-5. **General:** alto porcentaje de extraclásticos, cuarzos y feldespatos K.



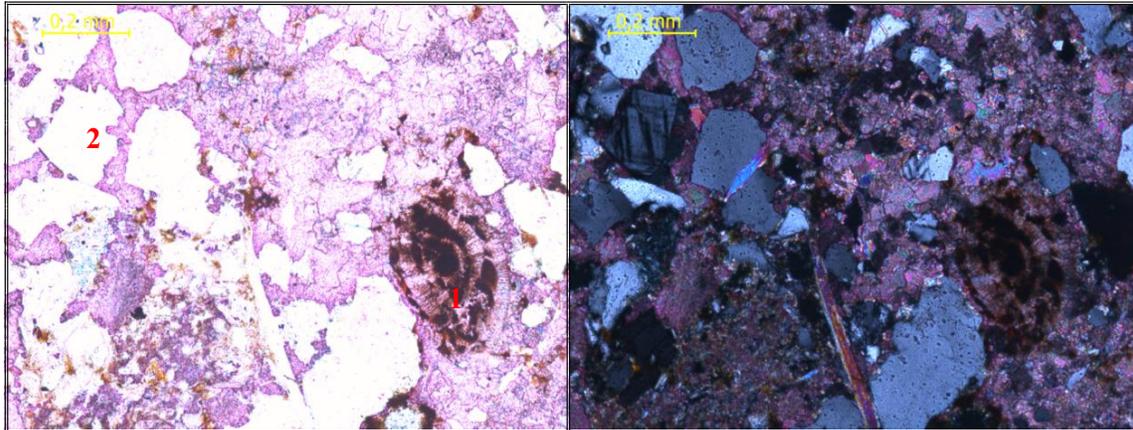
Fotomicrografía 4. Muestra: PG08-M-25. **General:** alto porcentaje de extraclásticos con abundantes minerales de arcilla tipo Illita.



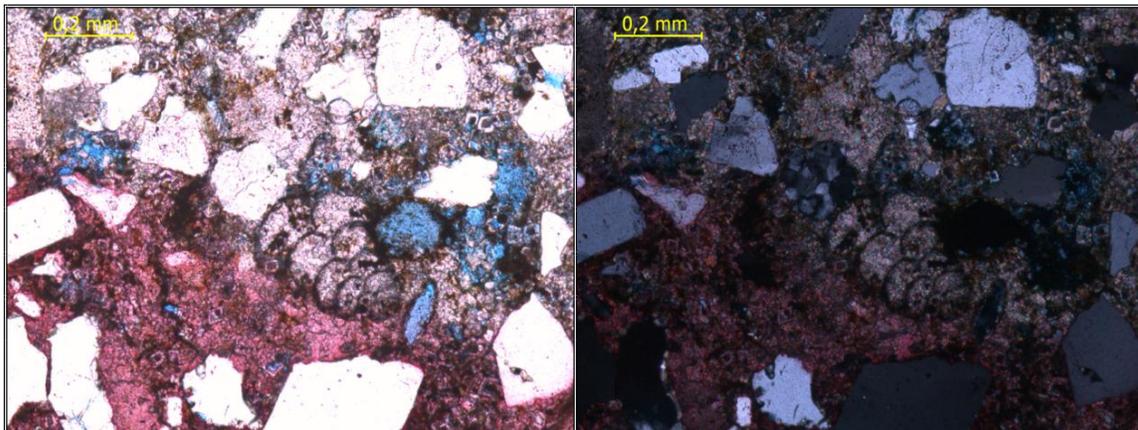
Fotomicrografía 5. Muestra: PG11-M-12. **General:** alto porcentaje de extraclásticos con abundantes minerales de arcilla tipo Illita, presenta fosfatización.



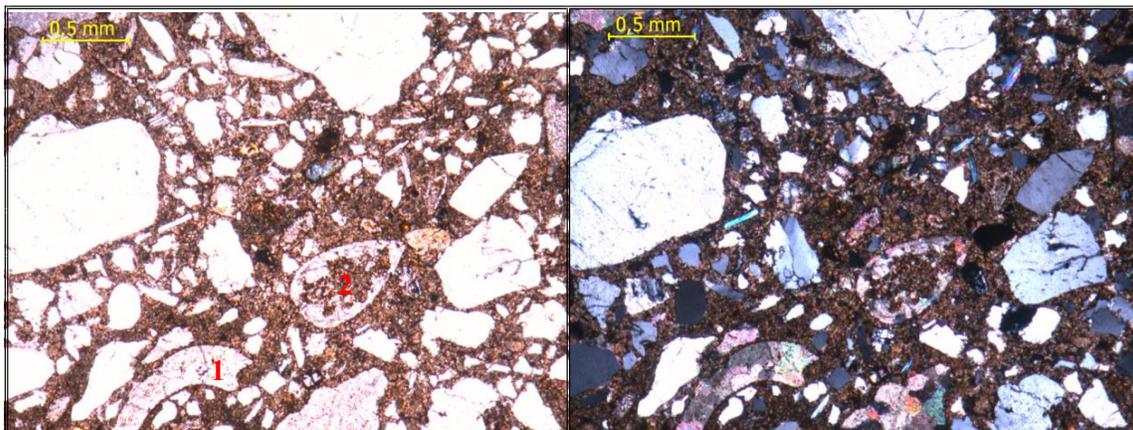
Fotomicrografía 6. Muestra: PG11-M-8. Bioturbación, se observa el que el material exterior a ella es diferente siendo mas rico en óxido.



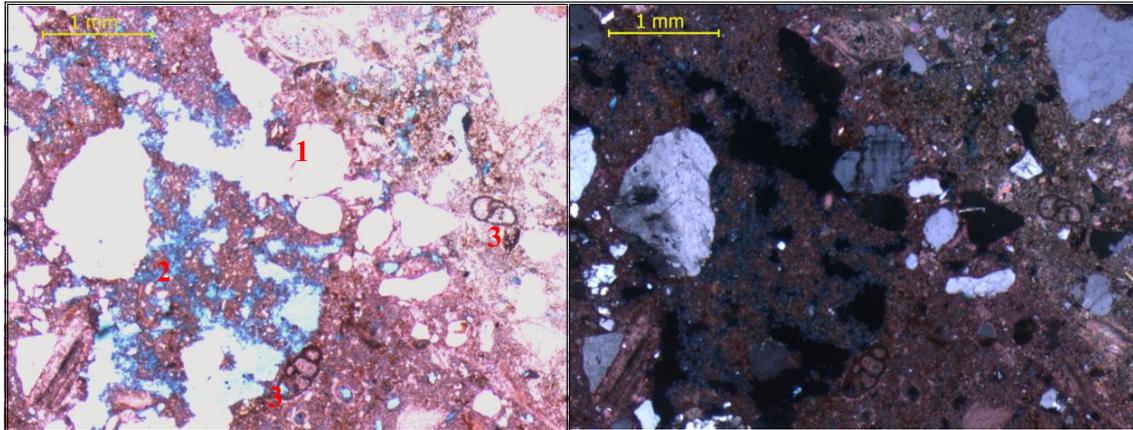
Fotomicrografía 7. Muestra: PG12-M-21. **General:** presenta extraclásticos y aloquímicos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico tipo *Nummulite Sp.* 2. Micoclino con su textura característica.



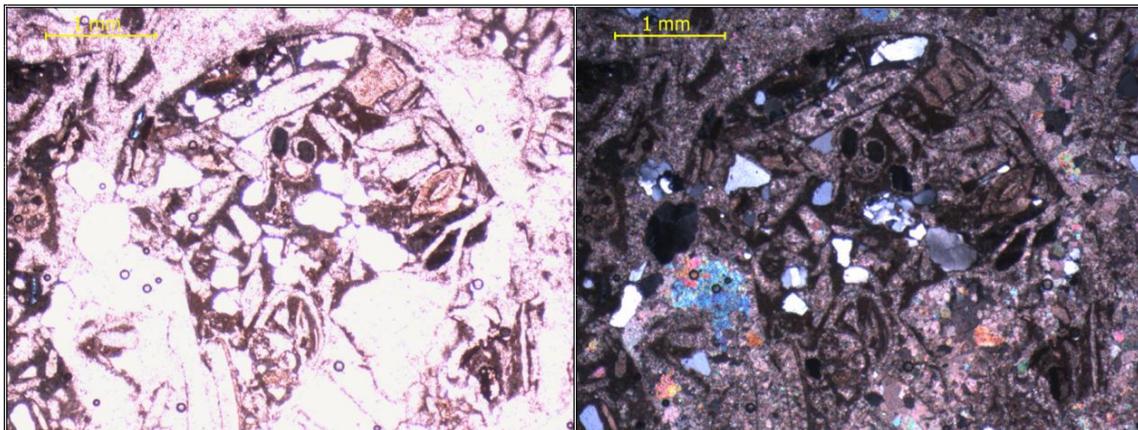
Fotomicrografía 8. Muestra: PG07-M-5. **General:** presencia de extraclásticos y destaca un foraminífero béntico seriado.



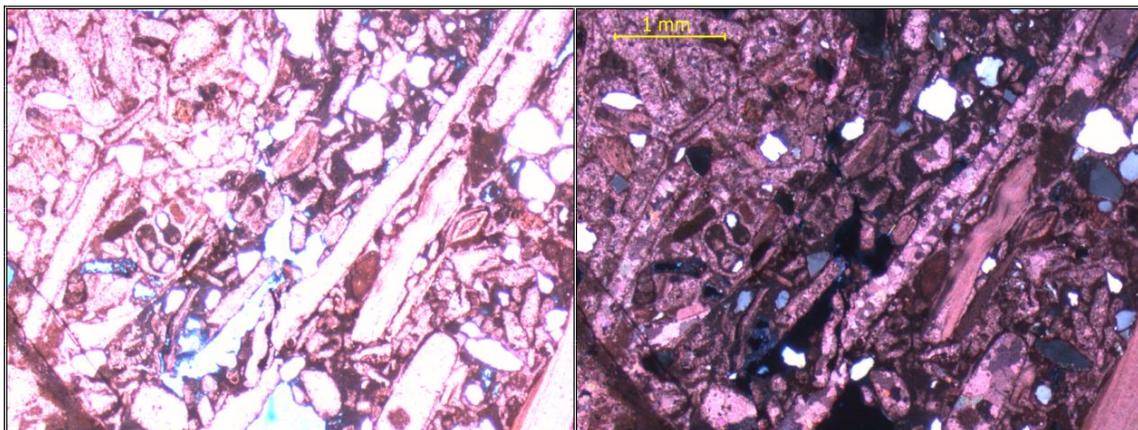
Fotomicrografía 9. Muestra: PG06-M-9. **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles:** 1. Fragmento de molusco con inversión heteroaxial. 2. Corte transversal de bivalvo.



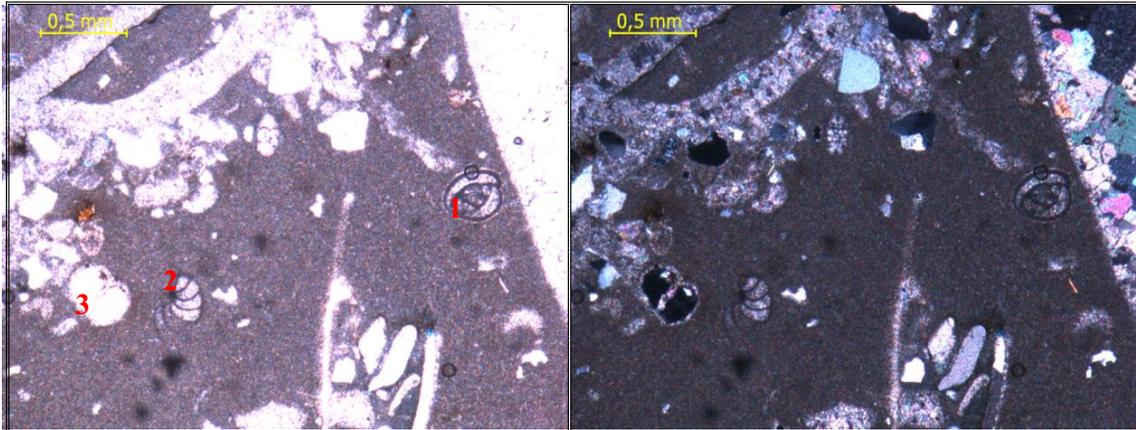
Fotomicrografía 10. Muestra: PG04-M-16. **Detalles:** 1. Microclino con su textura “tartán” característica. 2. Porosidad por disolución de matriz. 3. Foraminíferos bénticos uniseriados.



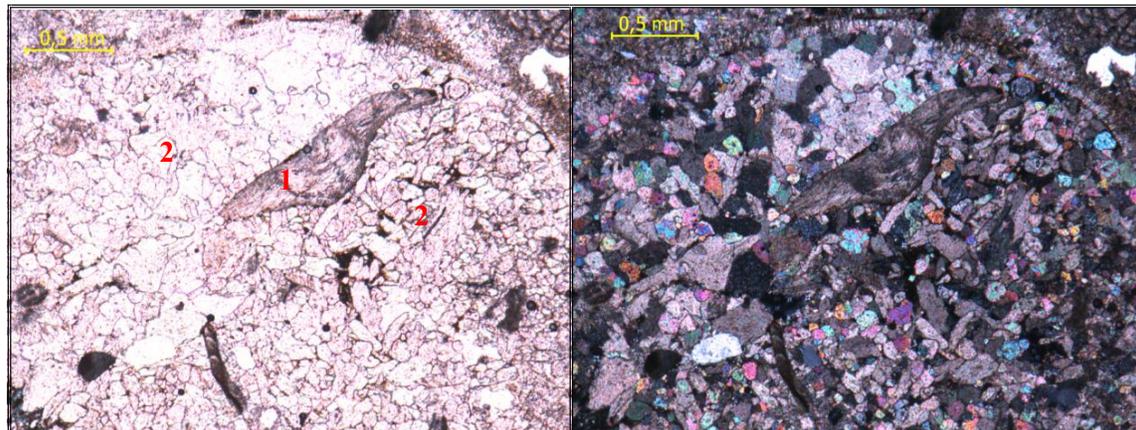
Fotomicrografía 11. Muestra: PG04-M-20. **General:** concentración de aloquímicos.



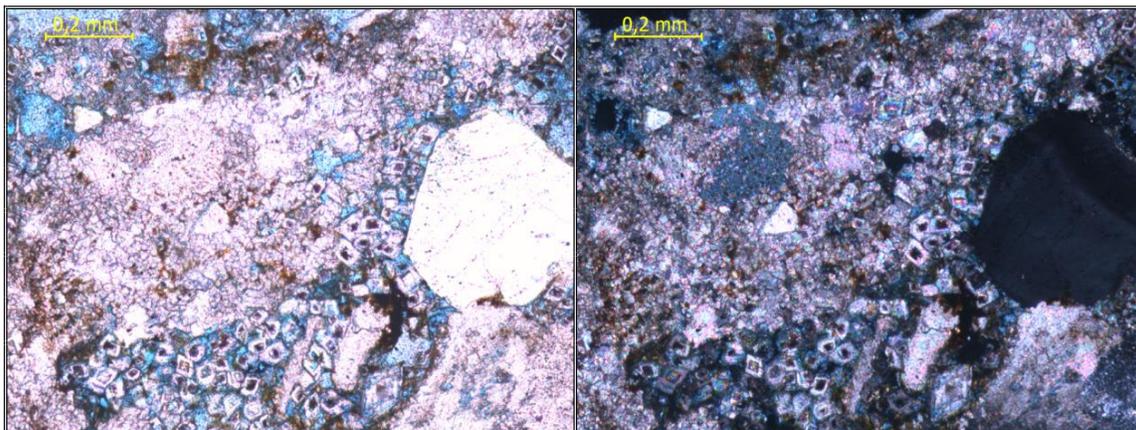
Fotomicrografía 12. Muestra: PG07-M-13. **General:** concentración de aloquímicos., muestra similar a la anterior.



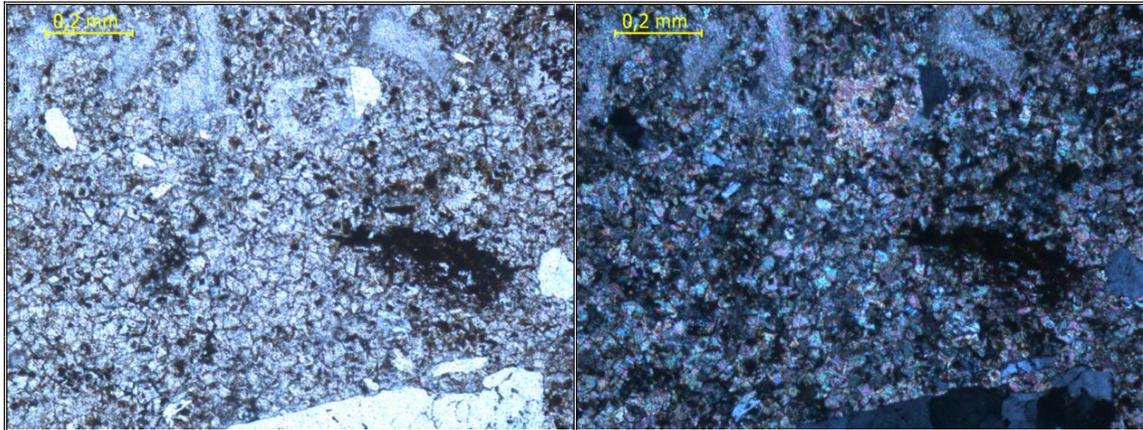
Fotomicrografía 13. Muestra: PG03-M-24. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico tipo *Miliólido Sp* 2. Foraminífero béntico uniseriado. 3. Foraminífero plántico.



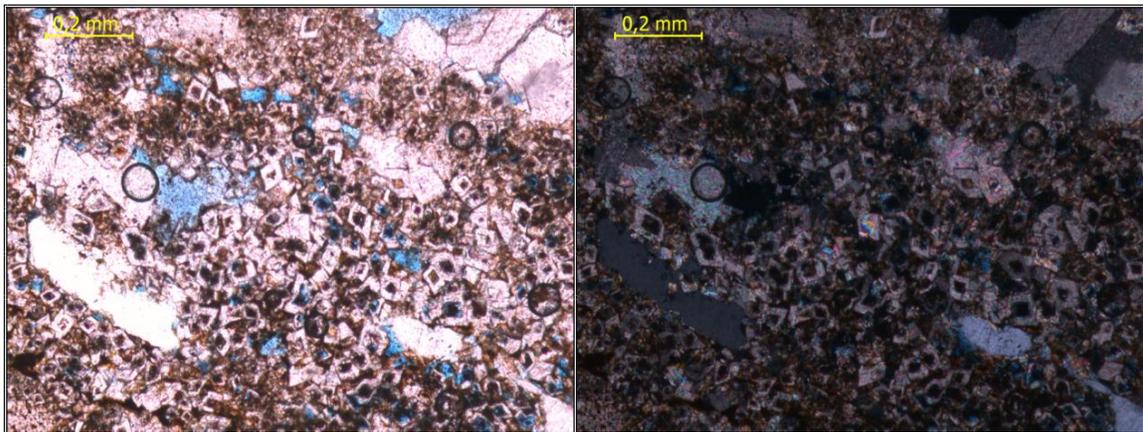
Fotomicrografía 14. Muestra: PG13-M-5. **Detalle:** 1. Fragmento de molusco con inversión homoaxial. 2. Cemento tipo éspato con textura mosaico.



Fotomicrografía 15. Muestra: PG06-M-13. **General:** dolomitas y se observa la porosidad por disolución.

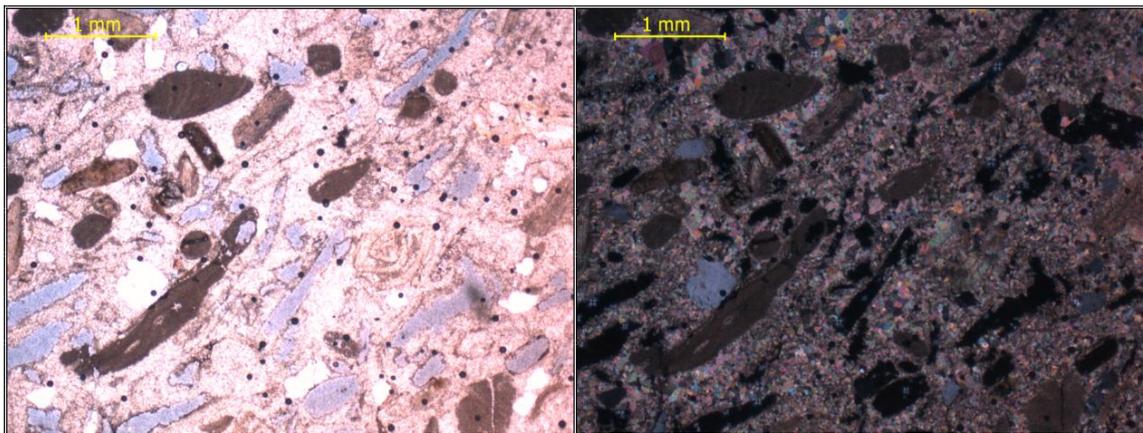


Fotomicrografía 16. Muestra: PG09-M-17. General: cemento de dolomita.

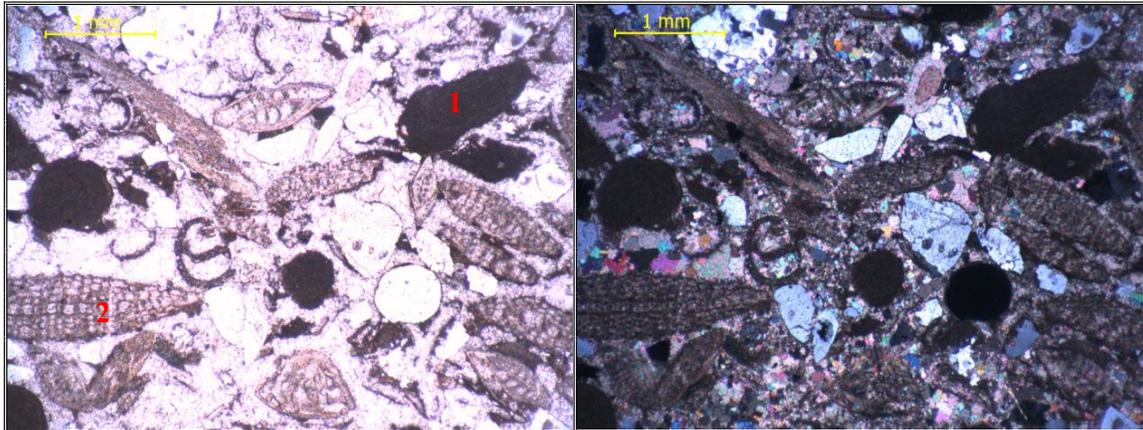


Fotomicrografía 17. Muestra: PG08-M-12. General: cemento de dolomita, se observa que el mismo es producto de la recrystalización de micrita y asociado a la presencia de óxido.

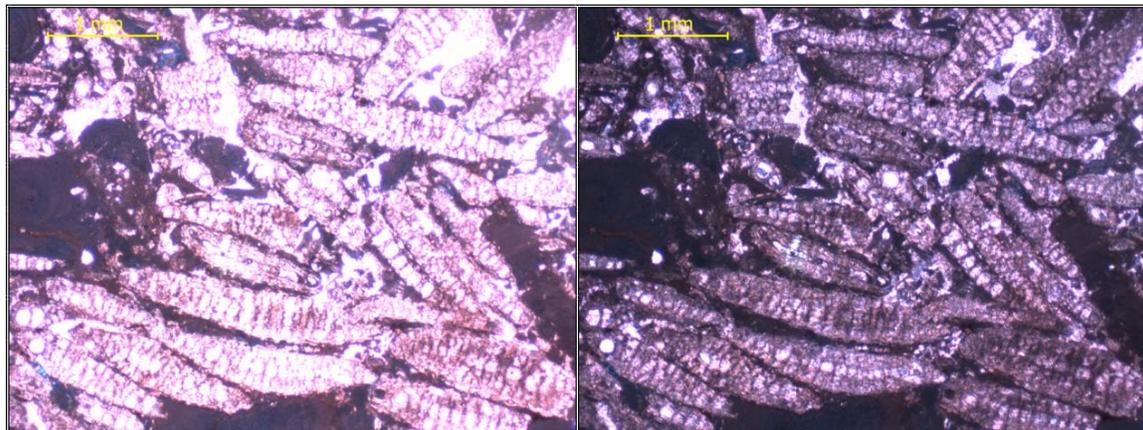
Facies II: de carbonato tipo packstone



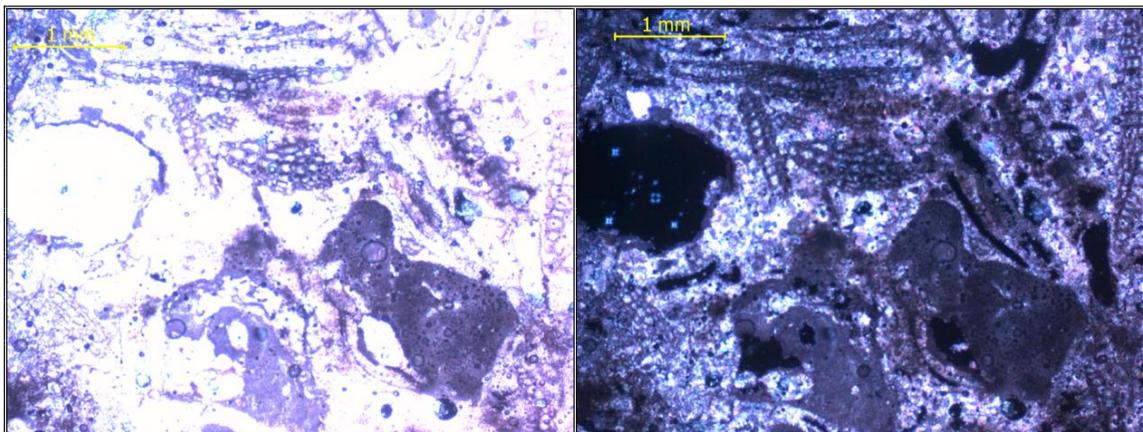
Fotomicrografía 18. Muestra: PG20-M-19. General: algas rojas y porosidad móldica.



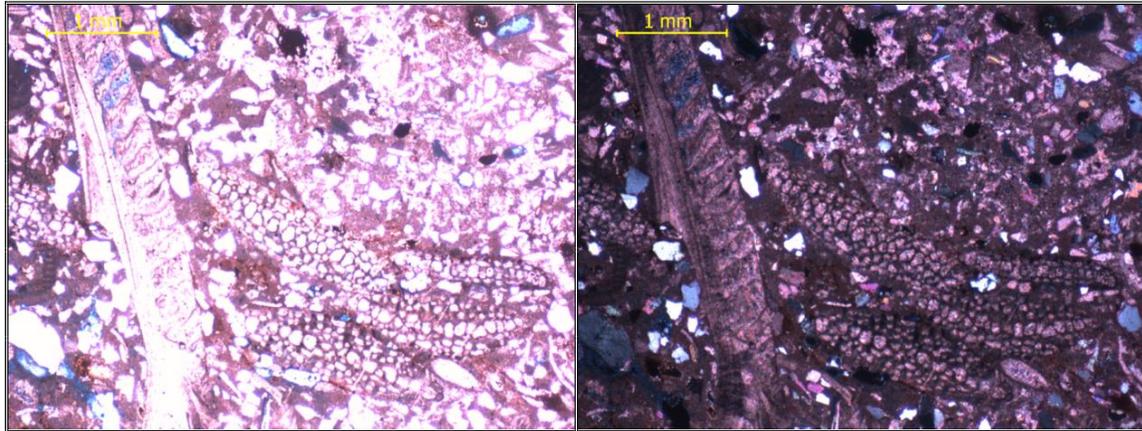
Fotomicrografía 19. Muestra: PG12-M-4. **General:** concentración de aloquímicos. **Detalles:** 1. Algas rojas. 2. Foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



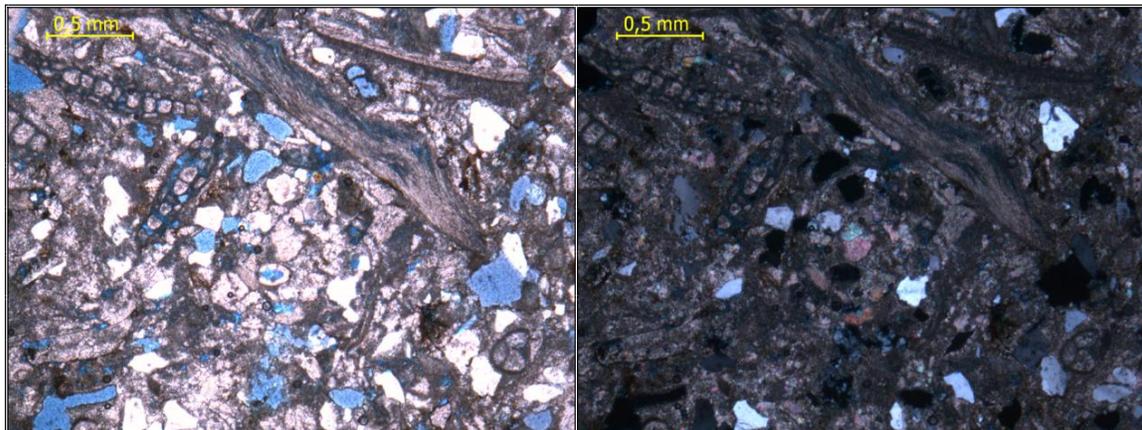
Fotomicrografía 20. Muestra: PG12-M-8. **General:** acumulación de foraminífero béntico *Miogypsina Sp.*



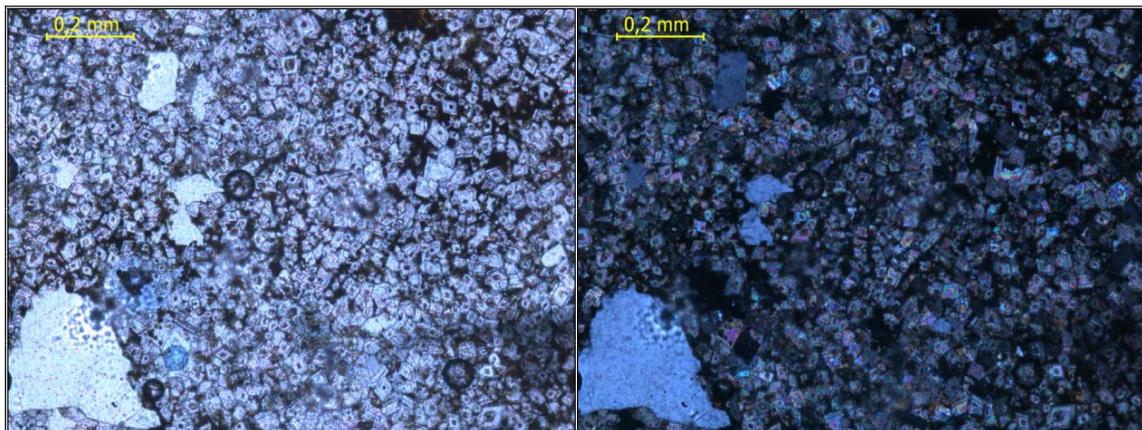
Fotomicrografía 21. Muestra: PG13-M-3. **General:** algas rojas y *Miogypsina Sp.*



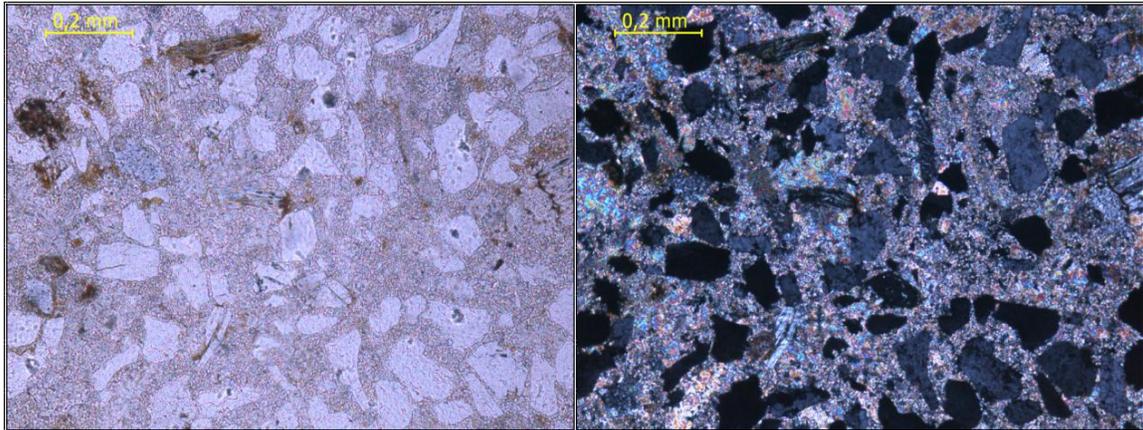
Fotomicrografía 22. Muestra: PG14-M-14. **General:** Foraminíferos bénticos *Miogypsina Sp*



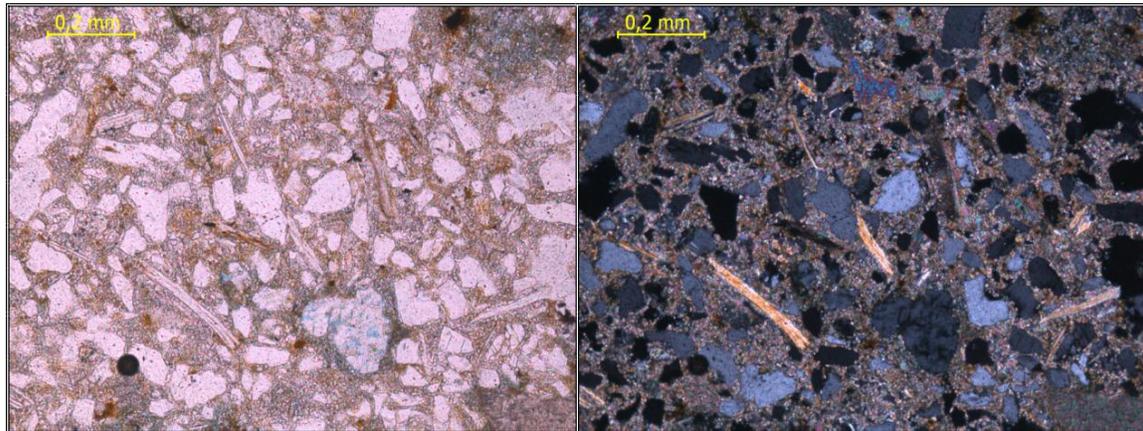
Fotomicrografía 23. Muestra: PG21-M-29. **General:** *Miogypsina Sp* y fragmentos de moluscos.



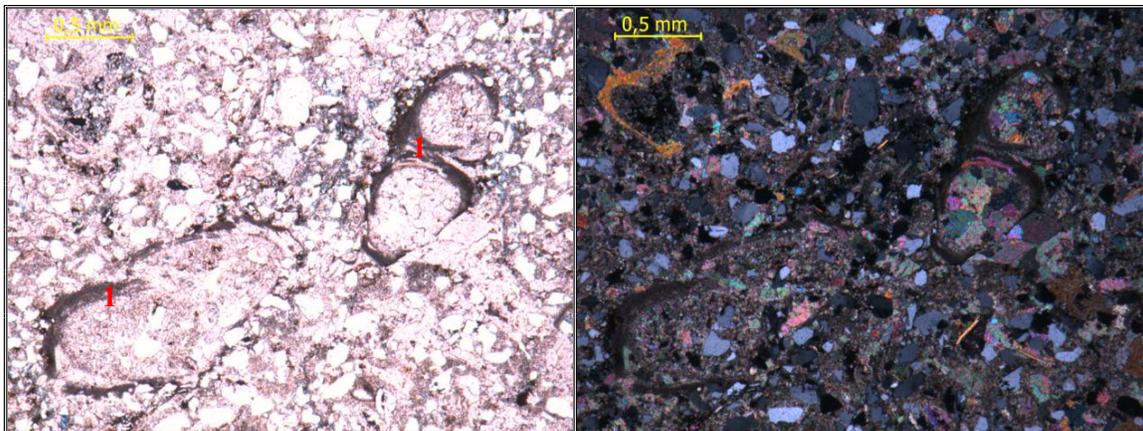
Fotomicrografía 24. Muestra: PG23-M-14. **General:** Cemento de dolomitas.

Facies III: de rocas híbridas con niveles de carbonatos limpios fosfatizados

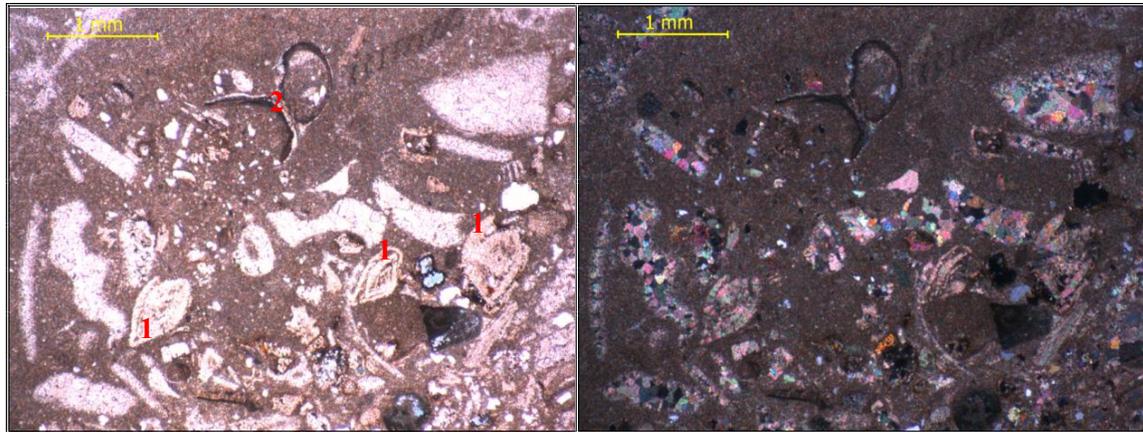
Fotomicrografía 25. Muestra: PG17-M-15. **General:** alto porcentaje de extraclásticos y cemento tipo espato.



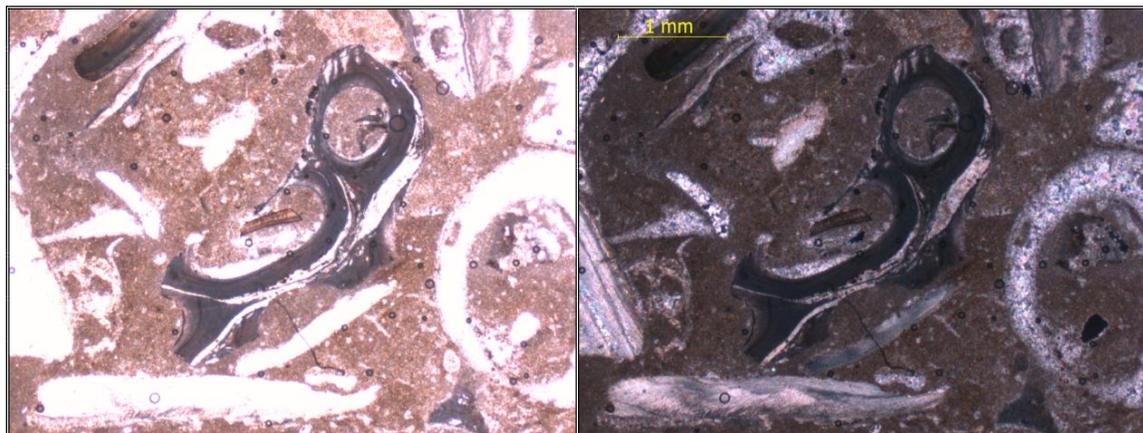
Fotomicrografía 26. Muestra: PG18-M-13. **General:** alto porcentaje de extraclásticos, cemento tipo espato y micas.



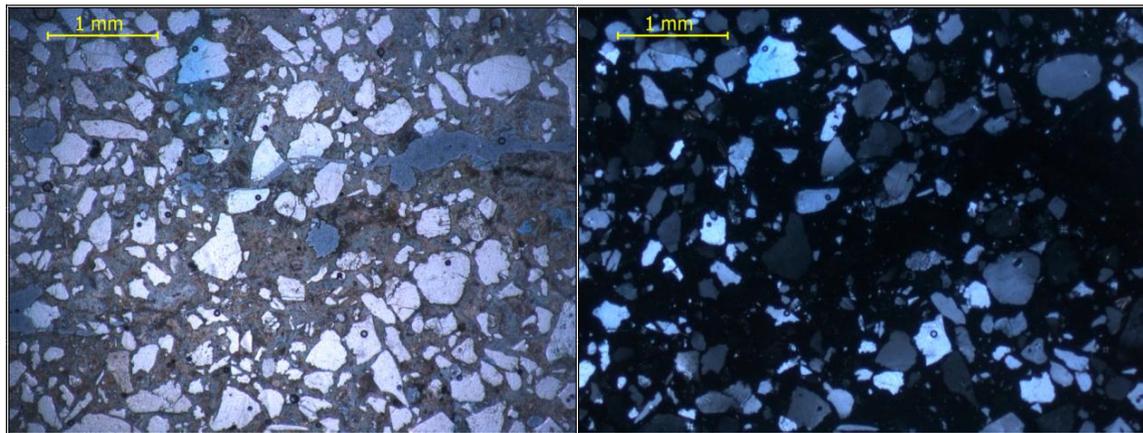
Fotomicrografía 27. Muestra: PG19-M-1 **General:** alto porcentaje de extraclásticos. **Detalles: 1.** Fragmentos de Poliquetos (anélidos).



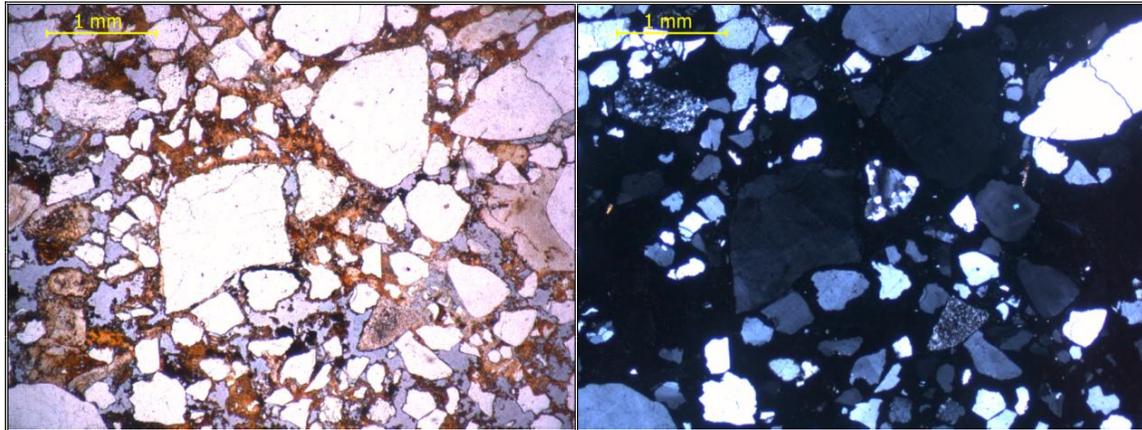
Fotomicrografía 28. Muestra: PG19-M-8. **General:** aloquímicos en micrita. **Detalles:** 1. Foraminíferos bénticos tipo *Nummulite Sp.* 2. Fragmento de Poliqueto (Anélido).



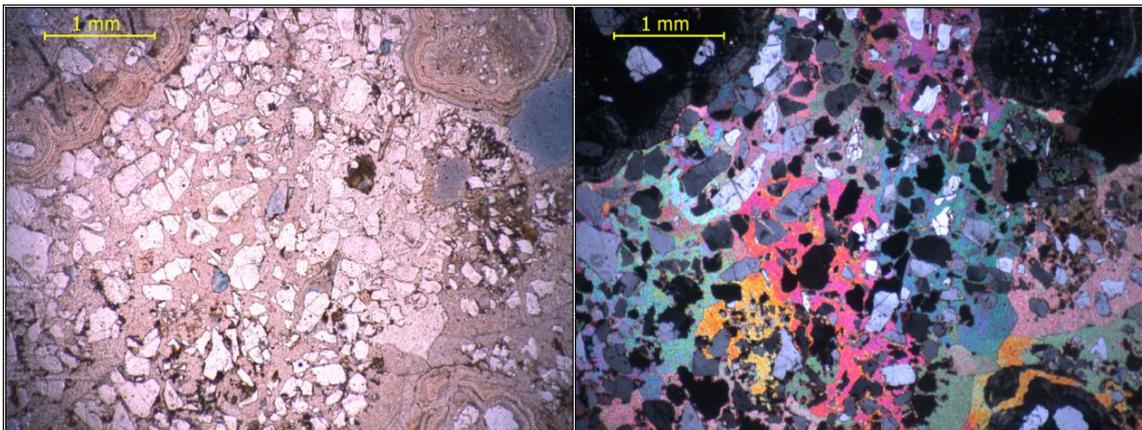
Fotomicrografía 29. Muestra: PG21-M-16. **General:** fragmento de Poliqueto (Anélido) y fragmentos de moluscos.



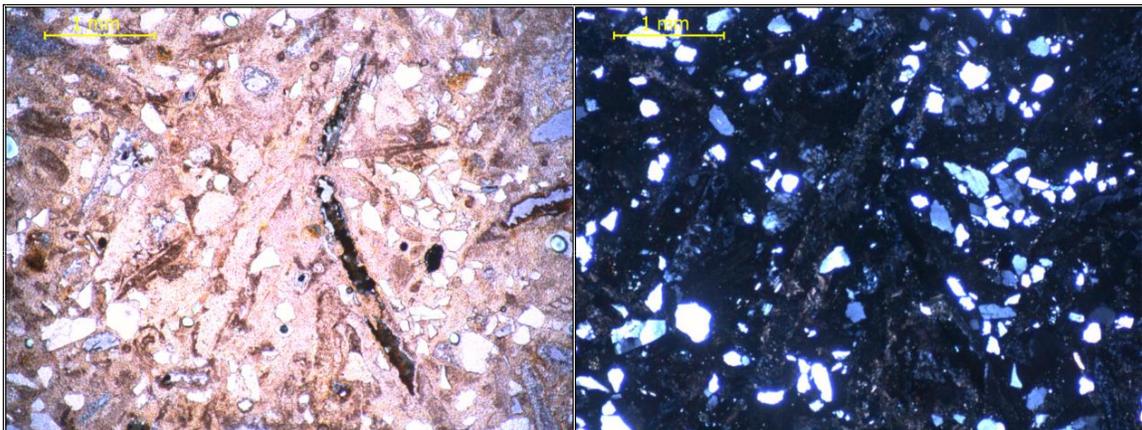
Fotomicrografía 30. Muestra: PG23-M-6. **General:** alto porcentaje de extraclásticos en matriz fosfatizada.



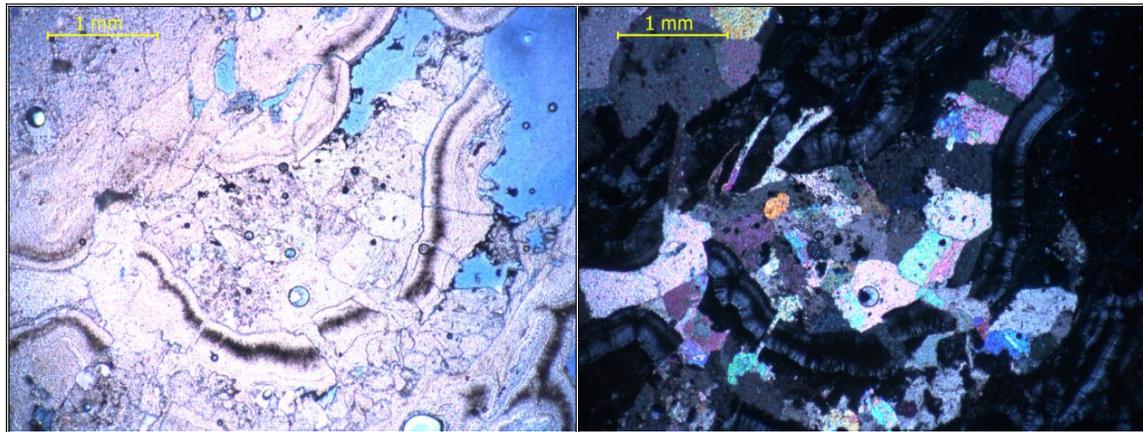
Fotomicrografía 31. Muestra: PG25-M-9. General: alto porcentaje de extraclásticos en matriz fosfatizada y porosidad marcada.



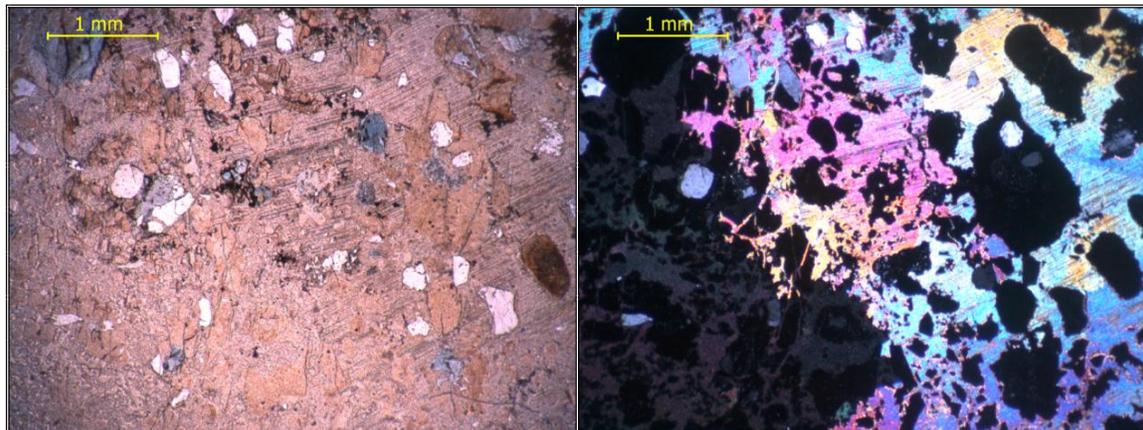
Fotomicrografía 32. Muestra: PG20-M-7. General: alto porcentaje de extraclásticos algunos fosfatizados, con cemento tipo espato, fosfatización concéntrica asociada a la porosidad.



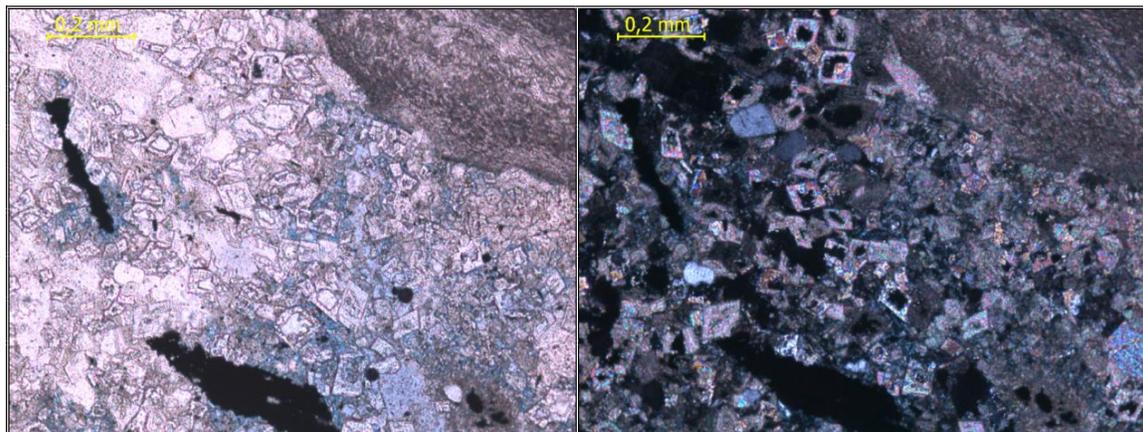
Fotomicrografía 33. Muestra: PG24-M-7. General: porcentaje moderado de extraclásticos en matriz fosfatizada.



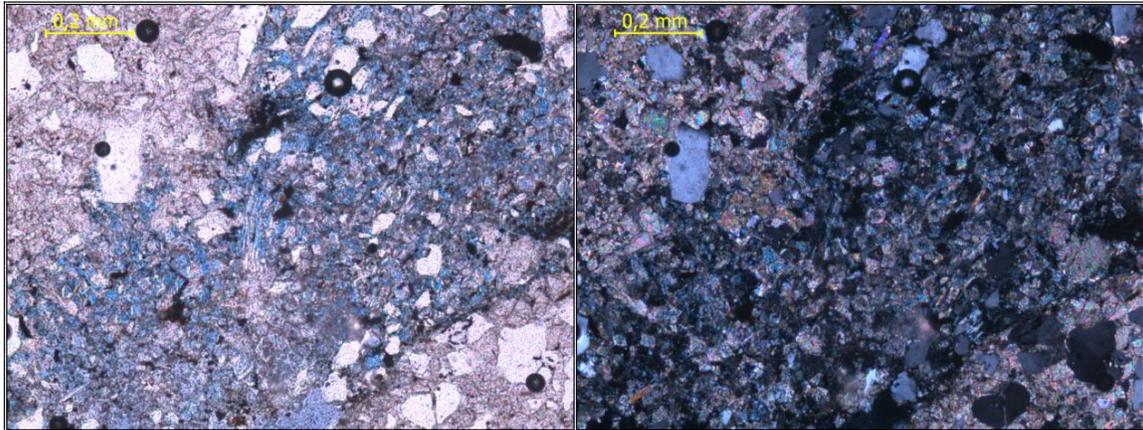
Fotomicrografía 34. Muestra: PG22-M-19. **General:** cemento tipo espató y fosfatización en forma concéntrica.



Fotomicrografía 35. Muestra: PG19-M-22. **General:** extraclásticos fosfatizados en cemento tipo espató con textura syntaxial

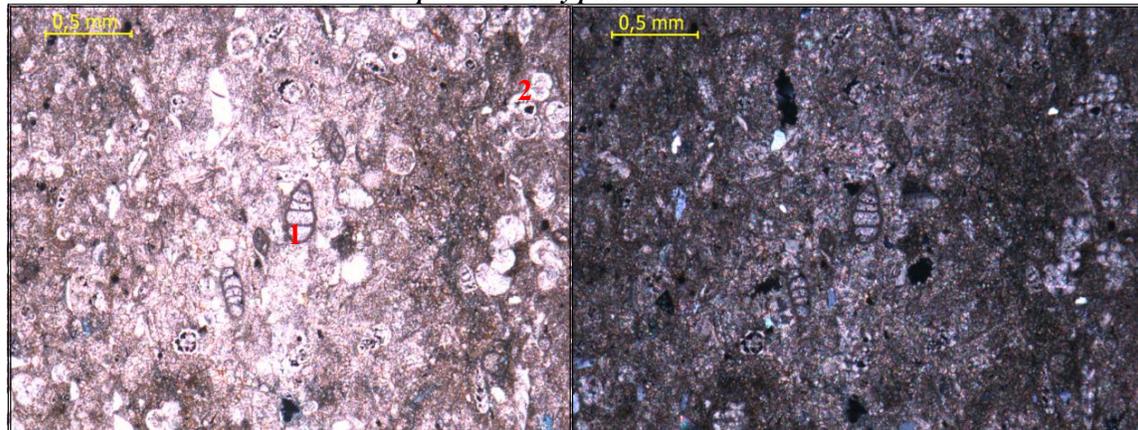


Fotomicrografía 36. Muestra: PG18-M-18. **General:** cemento de dolomita.

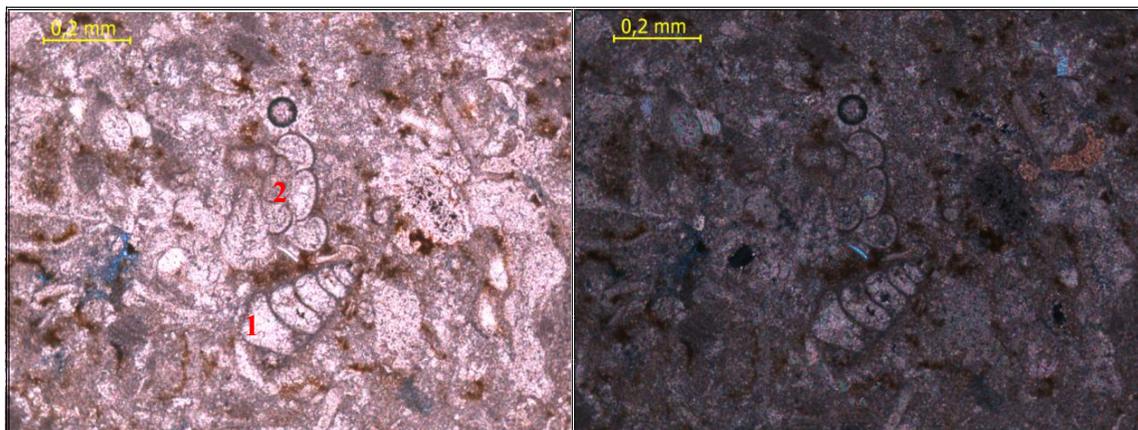


Fotomicrografía 37. Muestra: PG21-M-14. **General:** cemento de dolomita asociado a la porosidad y cemento tipo espato en la esquina superior izquierda.

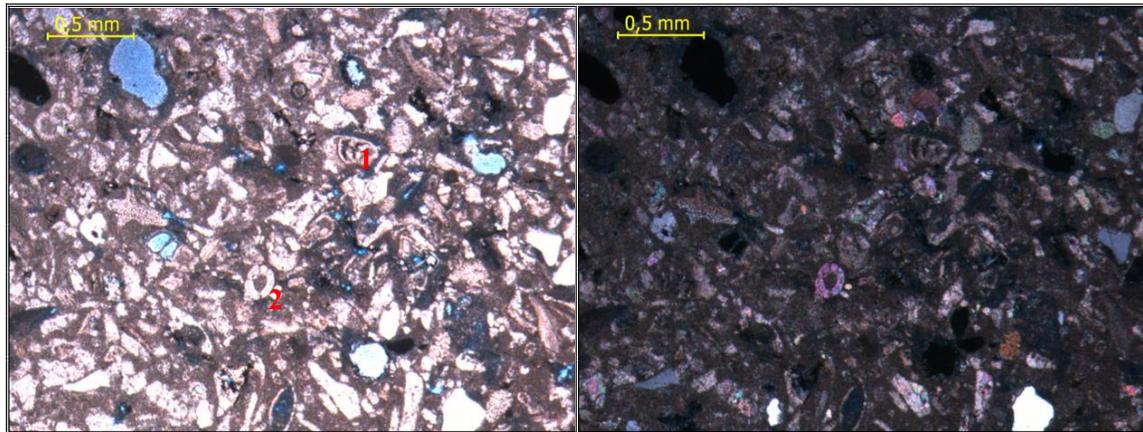
Facies de intercalación de carbonatos tipo wackstone y packstone:



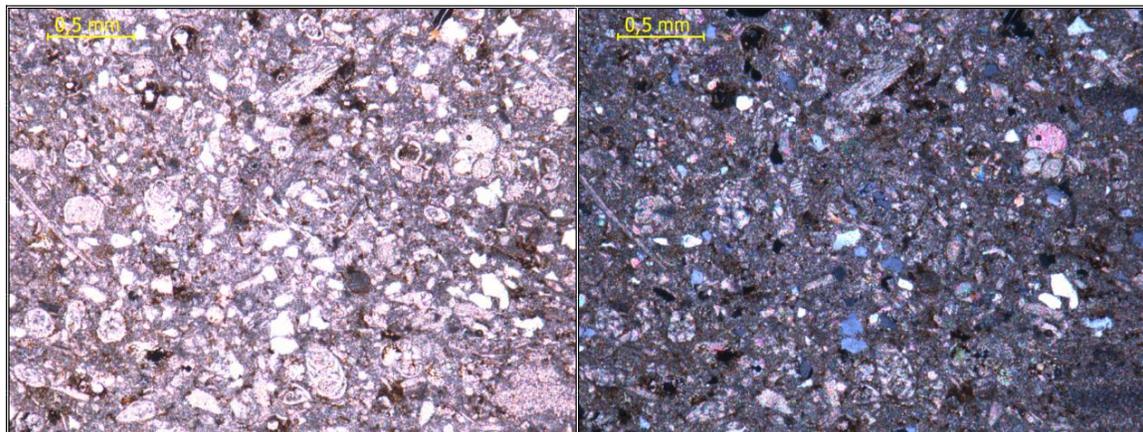
Fotomicrografía 38. Muestra: PG15-M-2. **General:** aloquímicos. **Detalles:** 1. Foraminífero béntico uniseriado. 2. Foraminíferos pláncticos tipo *Globorotalia Sp.*



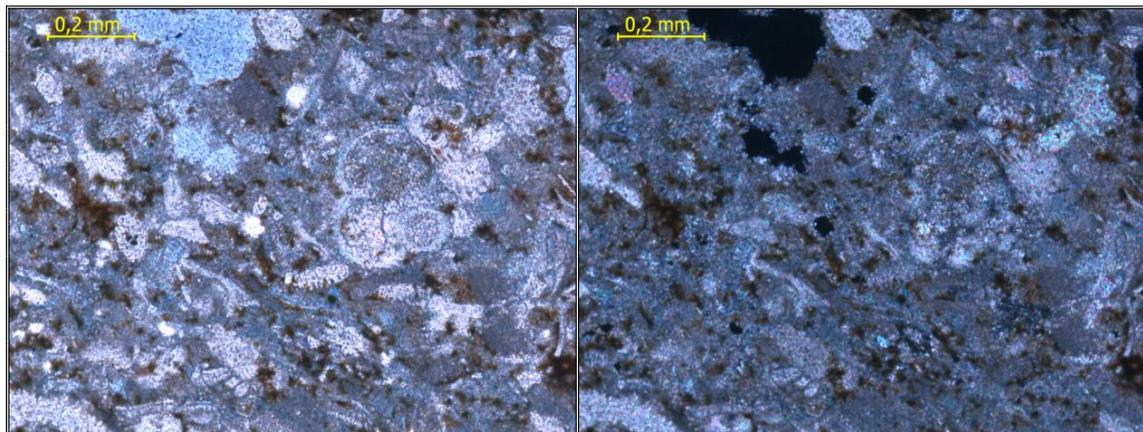
Fotomicrografía 39. Muestra: PG22-M-1. **Detalle:** 1. Foraminífero béntico uniseriado. 2) Foraminíferos pláncticos.



Fotomicrografía 40. Muestra: PG18-M-5. **Detalle:** 1. Foraminíferos plánticos. 2. Corte transversal de espina de equinoide.



Fotomicrografía 41. Muestra: PG17-M-7. **General:** concentración de foraminíferos plánticos y extraclásticos.



Fotomicrografía 42. Muestra: PG21-M-2. **Detalles:** 1. Foraminíferos plánticos tipo *Globorotalia Sp.*

9. ANEXOS