

**PETROGRAFÍA Y ANÁLISIS FACIAL DE LAS ROCAS CALCÁREAS
AFLORANTES DE LA SECCIÓN TUNJA –VILLA DE LEIVA (BOYACÁ)**

VALENTINA ESPINEL ARIAS

JULIAN ALBERTO HURTADO HENAO

**Trabajo de grado para optar al título de
GEÓLOGO**

Presidente.

PhD. MARIO MORENO SANCHEZ

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
MANIZALES
2010**

**PETROGRAFÍA Y ANÁLISIS FACIAL DE LAS ROCAS CALCÁREAS
AFLOREScentes DE LA SECCIÓN TUNJA –VILLA DE LEIVA (BOYACÁ)**

VALENTINA ESPINEL ARIAS

JULIAN ALBERTO HURTADO HENAO

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
MANIZALES
2010**

Nota de aceptación

Presidente del trabajo

Manizales, 5 de mayo de 2010

CONTENIDO

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	2
1. OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2. LOCALIZACIÓN	5
3. ANTECEDENTES	6
4. METODOLOGÍA	8
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	8
4.2 CLASIFICACIÓN	8
4.3 ANÁLISIS MICROFACIAL	8
5. MARCO GEOLÓGICO	9
5.1 UNIDADES LITOLÓGICAS	9
5.1.1 FORMACIÓN ARCABUCO (Jar)	9
5.1.2 FORMACIÓN ROSABLANCA (Kir)	9
5.1.3 FORMACIÓN RITOQUE (Kiri)	10
5.1.4 FORMACIÓN PAJA (Kip)	10
5.1.5 GRUPO SAN GIL (Kisg)	12
5.1.5.1 Formación San Gil Inferior	12

5.1.5.2 Formación San Gil Superior	13
5.1.6 FORMACIÓN CHURUVITA (Kich)	13
5.1.7 FORMACIÓN SAN RAFAEL (Kssr)	14
5.1.8 FORMACIÓN CONEJO (Kscn)	14
5.1.9 GRUPO GUADALUPE (Ksg)	15
5.1.9.1 Formación Arenisca Dura	15
5.1.9.2 Formación Plaeners	16
5.1.9.3 Formación Arenisca Labor Y Tierna	16
5.1.10 FORMACIÓN GUADUAS (KPgg)	17
5.1.11 DEPÓSITOS CUATERNARIOS (Q)	17
5.1.11.1 Glaciares	17
5.1.11.2 Coluviales	17
5.1.11.3 Aluviales	17
5.1.12 TECTÓNICA	18
5.1.12.1 Anticlinal de Sora-Cucaita	18
5.1.12.2 Sinclinal de Sora-Cucaita	18
5.1.12.3 Anticlinal de Gavilera-Chircal San Rafael	19
5.1.12.4 Sinclinal de Churuvita	19
5.1.12.5 Anticlinal de Arcabuco	20
5.1.12.6 Sinclinal de Villa de Leyva	20
5.1.13 Fallas	20
6. MARCO TEÓRICO GENERAL	22
6.1 ANÁLISIS DE MICROFACIES	22
6.3 TIPOS DE MICROFACIES ESTANDAR	27
6.4 ZONAS DE FACIES Y AMBIENTES DEPOSITACIONALES	32
7. PETROGRAFÍA	34
7.1 Formación Rosablanca	34
7.2 Formación Ritoque	38
7.3 Formación Paja	42

7.4 Grupo San Gil	46
7.5 Formación Churuvita	48
7.6 Formación Conejo	53
8. ANÁLISIS DE MICROFACIES	59
8.1 Formación Rosablanca	59
8.1.1 Facies de carbonatos	59
Microfacies 1. Wackestones biomicríticos	59
Microfacies 2. Wackestones/Packstones intramicríticos	59
Microfacies 3. Packstone Biopelmicrítico	60
8.1.2 Facies mixtas	60
Microfacies 4. Limolita Calcárea	60
8.1.3 Interpretación	63
8.2 Formación Ritoque	64
<i>Microfacies 5. Mudstone</i>	64
<i>Microfacies 6. Wackestone biomicrítico</i>	65
<i>Microfacies 7. Packstone bioesparítico</i>	65
<i>Microfacies 8. Floatstone Biomicrítico</i>	66
8.2.1 Interpretación	69
8.3 Formación Paja	69
<i>Microfacies 9. Wackestone biomicrítico</i>	70
<i>Microfacies 10. Packstone con foraminíferos</i>	70
<i>Microfacies 11. Floatstone biomicrítico arenoso</i>	70
8.3.1 Interpretación	73
8.4 Grupo San Gil	73
<i>Microfacies 12. Mudstone</i>	74
<i>Microfacies 13. Wackestone biomicrítico con intraclastos</i>	74
8.4.1 Interpretación	76
8.5 Formación Churuvita	76

8.5.1 Facies de carbonatos	76
<i>Microfacies 14. Packstone biomicrítico con intraclastos</i>	76
<i>Microfacies 15. Floatstone biomicrítico</i>	77
<i>Microfacies 16. Floatstone biopelmicrítico fosfático</i>	77
8.5.2 Facies Mixtas	78
<i>Microfacies 17. Cuarzoarenita calcárea</i>	78
8.5.3 Interpretación	80
8.6 Formación Conejo	82
<i>Microfacies 18. Wackestone Intramicrítico</i>	82
<i>Microfacies 19. Wackestone biopelmicrítico con foraminíferos</i>	83
<i>Microfacies 20. Packstone biomicrítico</i>	83
<i>Microfacies 21. Packstone bioesparítico con foraminíferos</i>	84
8.6.1 Interpretación	86
9. ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL GENERAL	88
10. CONCLUSIONES	91
11. RECOMENDACIONES	93
12. BIBLIOGRAFIA	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Microfacies SMF propuestas por Wilson (1975)	32
Tabla 2. Microfacies tipo RMF para una rampa homoclinal propuestas por Flügel (2004).	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.	5
Figura 2. Biomicrita compuesta principalmente por micrita, esparita y bioclastos como lamelibranquios.	24
Figura 3. Bioclastos de briozoos, equinodermos y algas inmersos en una matriz de micrita.	24
Figura 4. Peloides y valvas recristalizadas en un Floatstone biomicrítico.	25
Figura 5. Intraclastos, briozoos, algas, equinodermos y valvas en una intramicrita esparcida.	26
Figura 6. Material terrígeno compuesto por cuarzo en una arenita calcárea.	26
Figura 7. Bioerosión en una valva recristalizada por esparita.	27
Figura 8. Ambientes de depositación generalizados, zonas de facies, y tipos de SMF.	28
Figura 9. Modelo propuesto por Flügel para los tipos de RMF en una rampa homoclinal.	28
Figura 10. Biomicrita compuesta principalmente por bioclastos de equinodermos, micrita y esparita.	36
Figura 11. Biopelmicrita compuesta de valvas recristalizadas, peloides cuarzo y biotita.	37
Figura 12. Intramicrita compuesta por intraclastos de micrita y bioclastos de equinodermos y briozoos.	37

Figura 13. Limolita calcárea en la que se observa valvas recristalizadas, cuarzo y matriz arcillosa en poca proporción.	38
Figura 14. Micrita fosilífera la cual presenta rasgos de bioerosión, placas de equinodermos, cuarzo y moscovita.	40
Figura 15. Biomicrita compuesta principalmente por micrita, minerales opacos y lamelibranquios.	41
Figura 16. Biomicrudita compuesta por micrita, esparita, intraclastos y bioclastos de crinoideos, ostrácodos y equinodermos .	41
Figura 17. Bioesparita compuesta principalmente por valvas recristalizadas y minerales opacos.	42
Figura 18. Biomicrita esparcida compuesta por intraclastos, micrita, esparita, óxidos y bioclastos de ostreídos.	44
Figura 19. Biomicrita empaquetada con abundantes foraminíferos del género <i>Globigerina</i> , partículas fosfáticas, cuarzo y óxidos de hierro	45
Figura 20. . Biomicrudita esparcida arenosa en la que se aprecia valvas recristalizadas, cuarzo y óxidos de hierro en gran proporción	45
Figura 21. Biomicrudita compuesta por una matriz de micrita, algunos fragmentos de cuarzo y una valva recristalizada por esparita	46
Figura 22. Micrita fosilífera compuesta por óxidos, esparita recristalizada, glauconita y equinodermos.	47
Figura 23. Intramicrita compuesta por una matriz de micrita, intraclastos, y bioclastos como equinodermos y briozoos.	48
Figura 24. Biomicrita empaquetada arenosa con intraclastos, cuarzo, óxidos de hierro y bioclastos de equinodermos, briozoos y algas	51
Figura 25. Biomicrudita esparcida compuesta principalmente de micrita, y bioclastos como lamelibranquios, algunos recristalizados por esparita	51
Figura 26. Biomicrudita fosfática arenosa compuesta por valvas recristalizadas, partículas fosfáticas y cuarzo en una matriz de micrita	52

Figura 27. Cuarzoarenita calcárea con fragmentos de ostreídos, partículas fosfáticas, valvas recristalizadas y óxidos de hierro	52
Figura 28. Biomicrita empaquetada compuesta principalmente por foraminíferos del género <i>Globigerina</i> , cuarzo y óxidos de hierro.	56
Figura 29. Biomicrudita esparcida con ostreídos, foraminíferos, peloides, valvas recristalizadas y óxidos de hierro.	56
Figura 30. Intramicrita compuesta por intraclastos, óxidos de hierro y bioclastos de serpúlidos y ostreídos.	57
Figura 31. Bioesparita constituida en su mayoría por foraminíferos del género <i>Globigerina</i> en una matriz esparítica.	57
Figura 32. Biopelmicrita esparcida compuesta de valvas recristalizadas, peloides, y foraminíferos planctónicos.	58
Figura 33. Microfacies 1. Wackestone biomicritico compuesto principalmente por bioclastos de equinodermos, micrita y esparita.	61
Figura 34. Microfacies 2 Wackestone/Packstone intramicrítico compuesto por una matriz de micrita, intraclastos, briozoos, cuarzo y esparita.	61
Figura 35. Microfacies 3. Packstone biopelmicrítico con valvas recristalizadas, peloides, cuarzo y biotita en una matriz de micrita.	62
Figura 36. Microfacies 4. Limolita calcárea compuesta principalmente por micrita, cuarzo; algunas valvas y matriz arcillosa.	62
Figura 37. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Rosablanca	63
Figura 38. Bloque diagrama ilustrando el posible ambiente de la Formación Rosablanca	64
Figura 39. Microfacies 5. Mudstone en el que se observa rasgos de bioturbación, placas de equinodermos, cuarzo y moscovita.	67
Figura 40. Microfacies 6 Wackestone biomicrítico compuesto principalmente por valvas, algas, cuarzo y óxidos de hierro.	67

Figura 41. Microfacies 7. Packstone bioesparítico compuesta principalmente por valvas recristalizadas y minerales opacos.	68
Figura 42 Microfacies 8 Floatstone biomicrítico compuesto por valvas, peloides, ostrácodos, cuarzo y óxidos de hierro.	68
Figura 43. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Ritoque	69
Figura 44. Microfacies 9. Wackestone biomicrítico compuesto por intraclastos, micrita, esparita, óxidos y bioclastos de ostreídos.	71
Figura 45. Microfacies 10. Packstone con foraminíferos compuesto de foraminíferos planctónicos globigerínidos, partículas fosfáticas y cuarzo.	72
Figura 46 Microfacies 11. Floatstone biomicrítico arenoso que contiene valvas recristalizadas, cuarzo y óxidos de hierro en gran proporción	72
Figura 47. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Paja.	73
Figura 48. Microfacies 12. Mudstone compuesta por óxidos, esparita recristalizada, glauconita y equinodermos.	75
Figura 49. Microfacies 13. Wackestone biomicrítico con intraclastos compuesto principalmente de intraclastos, briozoos, placas de equinodermos, algas y valvas.	75
Figura 50. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación San Gil	76
Figura 51 Microfacies 14. Packstone biomicrítico con intraclastos que contiene intraclastos, briozoos, placas de equinodermos, algas, cuarzo y óxidos de hierro.	79
Figura 52. Microfacies 15. Floatstone biomicrítico compuesta principalmente de micrita, y bioclastos como lamelibranquios algunos recristalizados por esparita.	79
Figura 53 Microfacies 16. Floatstone biopelmicrítico fosfático que contiene ostreídos, partículas fosfáticas, valvas y cuarzo.	80
Figura 54 Microfacies 17. Cuarzoarenita calcárea con fragmentos de ostreídos, partículas fosfáticas, valvas recristalizadas y óxidos de hierro.	80

Figura 55. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Churuvita	81
Figura 56. Bloque diagrama del posible ambiente de depósito de la Formación Churuvita.	82
Figura 57. Microfacies 18. Wackestone Intramicrítico compuesto por intraclastos, valvas recristalizadas, algas, cuarzo y óxidos de hierro.	84
Figura 58. Microfacies 19. Wackestone biopelmicrítico con foraminíferos compuesto principalmente por intraclastos, foraminíferos del género <i>Globigerina</i> , ostreídos y valvas.	85
Figura 59. Microfacies 20. Packstone biomicrítico compuesto principalmente de micrita, óxidos de hierro, foraminíferos globigerinidos, braquiópodos y Fragmentos de cuarzo.	85
Figura 60. Microfacies 21. Packstone bioesparítico con foraminíferos que contiene foraminíferos globigerínidos en una matriz esparítica.	86
Figura 61. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Conejo	87
Figura 62. Asociación general de las Microfacies carbonatadas	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Petrografía de la Formación Rosablanca

Anexo B. Petrografía de la Formación Ritoque

Anexo C. Petrografía de la Formación Paja

Anexo D. Petrografía del Grupo San Gil

Anexo E. Petrografía de la Formación Churuvita

Anexo F. Petrografía de la Formación Conejo

RESUMEN

En la sección Tunja – Villa de Leyva departamento de Boyacá (Colombia) afloran niveles calcáreos correspondientes a las Formaciones Rosablanca, Ritoque, Paja, San Gil, Churuvita y Conejo, de las cuales se analizaron 37 secciones delgadas que corresponden principalmente a biomicritas, biomicruditas, intramicritas y en menor proporción micritas fosilíferas, biopelmicritas, bioesparitas y arenitas calcáreas, y de las cuales se establecen 21 microfacies carbonatadas y mixtas, dominadas por bioclastos (valvas, equinodermos, bivalvos, foraminíferos, braquiópodos, gasterópodos, serpulidos, algas, peloides) e intraclastos.

Las microfacies 7 -8-11 y 12 consisten en facies de rampa interna, las microfacies 1-6-9-20 y 21 consisten en facies de rampa media y las microfacies 2-3-5-10-13-15-18 y 19 corresponden a una rampa externa . Su estudio ha permitido caracterizar el desarrollo en dicho sector de una plataforma carbonatada a mixta de bajo ángulo tipo rampa homoclinal en un medio marino abierto durante el Cretácico inferior a superior.

Palabras claves: Villa de Leyva, microfacies carbonatadas, rampa homoclinal, plataforma carbonatada

ABSTRACT

In the section Tunja-Villa de Leyva (Boyacà Departament; Colombia) outcrop calcareous levels corresponding to Rosablanca, Ritoque, Paja, San Gil, Churuvita and Conejo Formations, of which 37 thin sections were analyzed. These ones correspond mainly to biomicrite, biomicrudite, intramicrite into a lesser measure to fossiliferous micrite, biopelmicrite, bioesparite and calcareous sandstone. Were established 21 carbonate and mixed microfacies which are dominated by bioclasts (equinoderms, bivalves, foraminifera, braquiopods, gastropods, serpulid, and algae), peloids and intraclast. The microfacies 7-8-11 and 12 are interpreted as inner ramp facies, the microfacies 1-6-9-20 and 21 are interpreted as mid ramp facies and the microfacies 2-3-5-10-13-15-18- and 19 are related to outer ramp facies. Its study has allowed characterizing the development in this sector of a low angle carbonate-mixed platform (ramp homoclinal type) in an open marine environment during the lower to upper Cretaceous.

Keywords: Villa de Leyva, microfacies of carbonate rocks, carbonate platform, homoclinal ramp

INTRODUCCION

La sección Tunja –Villa de Leyva está constituida por rocas de las formaciones Rosablanca, Ritoque, Paja, Churuvita, San Gil, Conejo, entre otras; las cuales hacen parte de la secuencia Cretácica de la Cordillera Oriental y representan una de las zonas más importantes y estudiadas del mesozoico en Colombia. En estas formaciones se presentan niveles calcáreos, de los cuales se pretende hacer un análisis petrográfico con el fin de realizar un análisis facial, y así determinar su ambiente de depósito asociado.

En esta zona de trabajo son pocos los estudios relacionados en cuanto a la determinación de ambientes de depositación a partir de análisis petrográficos y microfaciales. Entre los trabajos realizados en esta área podemos citar el de Ballesteros y Nivia (1985), donde determinan petrografía, estratigrafía, tipos de facies y un modelo ambiental de la Formación Ritoque en el área de Villa de Leyva, (Boyacá), que plantea que los sedimentos de la Formación Ritoque se originaron como una cinta de facies heterópicas, coetáneas, genéticamente relacionadas que comprende la facies terrígena (Sección tipo de la Formación Ritoque), mixta y facies de carbonatos. Cardozo y Ramírez (1985) determinan los ambientes de depósito de la Formación Rosablanca en el área de Villa de Leyva realizando análisis petrográficos, estratigráficos donde reconocen tres macrosecuencias faciales: macrosecuencia facial de wackestones y boundstones; macrosecuencia facial de micritas y macrosecuencia facial de biomicruditas, las cuales son facies características interdigitadas, que reflejan la contigüidad en los ambientes de depósito.

Este análisis involucra tres aspectos principales: descripción general, clasificación y análisis microfacial.

Este proyecto hace parte de una de las fases del “Estudio de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y estroncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) en los depósitos cretácicos y terciarios de la cordillera oriental”.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es realizar un estudio petrográfico y microfacial de las rocas calcáreas aflorantes en la sección Tunja-Villa de Leiva.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar petrográficamente muestras de rocas calcáreas recolectadas según las clasificaciones de Embry y Klovan (1972), Folk textural (1962), Folk composicional (1972) y Vatan (1967).
- Realizar un análisis microfacial de las muestras recolectadas para determinar su ambiente de depósito.
- Relacionar las microfacies analizadas para cada formación con el modelo propuesto por Flügel (2004) para rocas carbonatadas.

2. LOCALIZACIÓN

El área de estudio está localizada en el departamento de Boyacá, en los alrededores de los municipios de Tunja, Cucaita y Villa de Leyva, hacia el centro y norte del departamento, (Figura. 1). Geológicamente la zona se encuentra dominada por pliegues anticlinales y sinclinales como el anticlinal de Arcabuco y el anticlinal de Cucaita, que involucran las formaciones Rosablanca, Ritoque, Paja, Churuvita, San Gil y Conejo, entre otras.

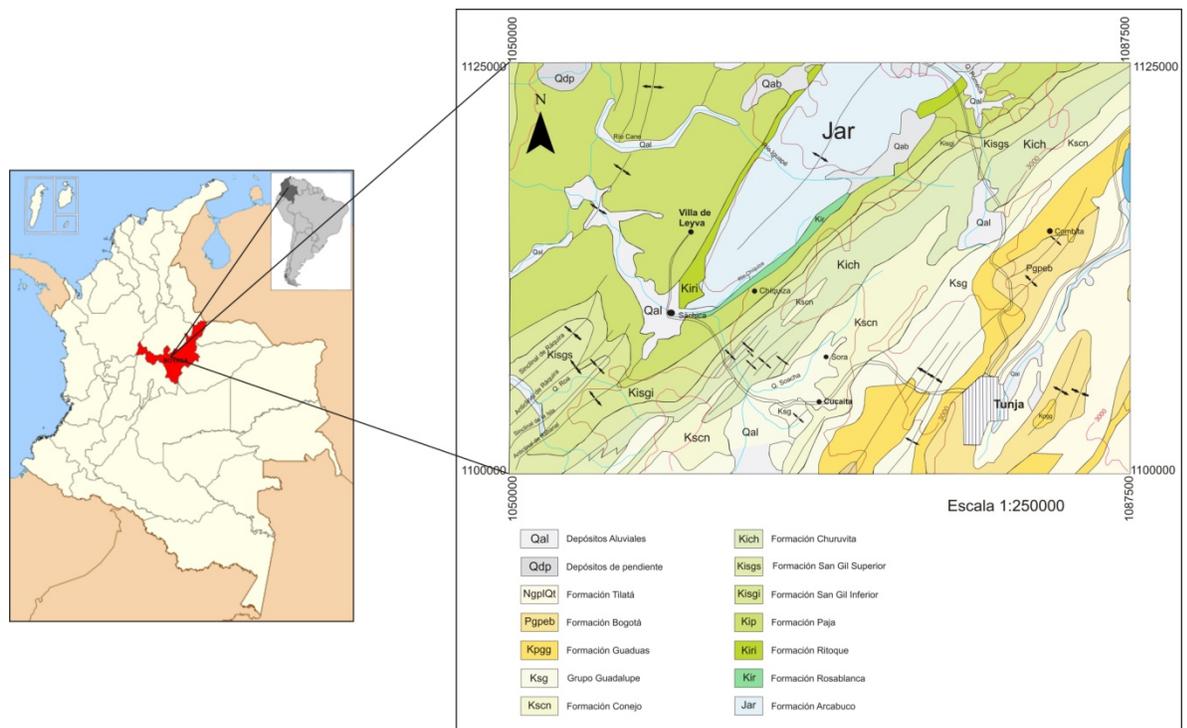


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

3. ANTECEDENTES

Son pocos los trabajos dedicados exclusivamente al estudio petrográfico y microfacial de las formaciones del cretácico en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Los estudios geológicos realizados han sido en su mayoría de carácter estratigráfico, estructural y bioestratigráfico que incluyen descripciones e interpretaciones paleoambientales de unidades.

En cuanto a estudios petrográficos realizados para las formaciones aflorantes en la sección Tunja-Villa de Leyva se tienen los siguientes:

Ballesteros y Nivia (1985) en su trabajo de grado determinan petrografía, estratigrafía y tipos de facies de la Formación Ritoque en el área de Villa de Leiva, Boyacá, determinan los ambientes de depósito de la Formación Rosablanca en el área de Villa de Leyva realizando análisis petrográficos, estratigráficos y bioestratigráficos.

En cuanto a geología estructural, estratigráfica y bioestratigrafía se tienen los estudios de:

Hubach (1931) estudia la secuencia estratigráfica al este y oeste de la sabana de Bogotá haciendo descripciones generalizadas, define el Grupo Villeta y el grupo Guadalupe para el cretácico y extiende estos conceptos hacia la zona de villa de Leiva

Bürgl (1954) realiza descripciones generales acerca del cretácico inferior en los alrededores de villa de Leyva y menciona algunos fósiles colectados además hace algunas interpretaciones acerca de la sedimentación en la zona.

Etayo-Serna (1968) realiza un estudio estratigráfico para las sucesiones litológicas aflorantes entre puente Samacá y Sáchica en el departamento de Boyacá, determinando adicionalmente la bioestratigrafía del área de estudio, así como las relaciones de semejanza faunística entre Colombia y otros países suramericanos, concluyendo que la relaciones entre las faunas de amonitas albianas son esencialmente suramericanas.

Renzoni (1981) describe de manera general las unidades cretácicas que cubren la zona de Tunja y sectores aledaños incluyendo sectores cercanos a Villa de Leiva; además define la formación Conejo.

4. METODOLOGÍA

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Se describieron 37 secciones delgadas de rocas carbonatadas, 7 de la Formación Rosablanca, 11 de la Formación Ritoque, 5 de la Formación Paja, 2 del Grupo San Gil, 5 de la Formación Churuvita y 7 de la Formación Conejo, según sus porcentajes de ortoquímicos (micrita y esparita) y aloquímicos (intraclastos, peloides, ooides y bioclastos) en el caso de estos últimos se especificó su tamaño promedio. Para los bioclastos se hizo una clasificación general. De igual manera se consideró el porcentaje de material terrígeno con el fin de establecer la existencia de rocas mixtas.

4.2 CLASIFICACIÓN

Las rocas carbonatadas se clasificaron según las propuestas de Embry y Klovan (1972, en Boggs (1992)), su madurez textural y composicional según Folk (1962) y (1972) en Tucker y Wright (1990); y para las rocas mixtas se siguió el esquema de Vatan (1967, en Corrales et al., (1977)).

4.3 ANÁLISIS MICROFACIAL

Se realizó el análisis según la propuesta de Wilson (1975, en Boggs (1992), p. 463) y Flügel (2004). Este análisis se realizó con base en diferentes aspectos petrográficos como los son: principal componente de los granos carbonatados, presencia y abundancia relativa de los restos fósiles esqueléticos, abundancia de micrita y esparita y la fábrica del carbonato.

Para el reconocimiento de los diversos constituyentes de las rocas carbonatadas, así como para el establecimiento del grado de redondez del cuarzo, se han utilizado los atlas y guías de Scholle (2003) y Adams, McKenzie y Guilford (1997).

5. MARCO GEOLÓGICO

En la zona estudiada afloran rocas desde el Jurásico superior (?) hasta el Cretácico superior de las cuales se utiliza la nomenclatura del Valle Medio del Magdalena para rocas sedimentarias Cretácicas.

5.1 UNIDADES LITOLÓGICAS

5.1.1 Formación Arcabuco (Jar)

Según Etayo-Serna et al (1983), la Formación Arcabuco se compone de bancos gruesos de arenisca cuarzosa, de tamaño de grano fino a medio, ocasionalmente conglomerado, presenta colores claros, en ocasiones rojizos, contiene algunas capas de lodolitas.

Fue descrita originalmente por Scheibe, E.A. (1938). La localidad tipo según Etayo-Serna (1983) en la ribera del río Pómeca, por la vía Tunja-Moniquirá, 7.5 kilómetros aguas arriba desde Arcabuco. La unidad posee allí más de 470 metros de espesor aunque no se encuentra expuesta la base.

Su edad según Scheibe (1938) es Jurásico tardío con base en las faunas fósiles halladas en las capas que las superponen; sin embargo Etayo-Serna (1968), con base en diversas correlaciones con la unidad suprayacente, le asigna una edad Cretácica temprana.

5.1.2 Formación Rosablanca (Kir)

Según Etayo-Serna et al. (1983), la Formación Rosablanca está conformada por calizas grises, algunas lumaquéllicas, dolomitas grises, lodolitas calcáreas grises, shales con intercalaciones de caliza y hacia la parte superior un nivel de

areniscas. Fue definida inicialmente por Wheeler (1929), años más tarde Toussaint (1996) comenta un espesor variable para la formación de unos 100 metros al norte de Bucaramanga y de 425 metros en la zona del Río Sogamoso, específicamente en la Mesa de los Santos la cual es una sección tipo. Julivert (1968) indica que hacia el área de Simití adicionalmente se encuentra *Nicklesia* y que se presentan ciertos niveles con equinodermos como *Toxaster roulini* y moluscos, así como briozoarios y nanofósiles de edad Berriasiano – Valanginiano.

Su edad según Bürgl (1954) de acuerdo a la fauna colectada en el Río Cane se le asigna una edad de Valanginiano. Por otro lado Etayo-Serna (1968) considera que esta unidad puede corresponder al Valanginiano tardío.

5.1.3 Formación Ritoque (Kiri)

Definida inicialmente por Etayo-Serna como rocas que afloran en el municipio de Ritoque (Boyacá). Esta formación está compuesta por limolitas grises en su parte inferior con alternancias de limolitas con calizas lumaquéticas lenticulares en bancos de 30 a 50 centímetros de espesor en el flanco occidental del Anticlinal de Arcabuco y según Etayo-Serna (1968) está compuesta de limolitas grises micáceas con tonos rojizos por meteorización, en alternancia con areniscas de grano fino a arcillosas con un espesor de 70 a 110 metros. La Formación Ritoque se encuentra en contacto concordante hacia la base con la Formación Rosablanca y hacia el techo con la Formación Paja.

Su edad según Etayo-Serna (1968) corresponde al Hauteriviano temprano.

5.1.4 Formación Paja (Kip)

Según Julivert (1968), el nombre asignado para la formación deriva de la Quebrada La Paja, al frente del río Sogamoso entre Bucaramanga y San Vicente. La formación Paja, según Morales et al (1958) está constituida

predominantemente por shales arcillosos a limosos, negros y micáceos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, con laminillas delgadas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septarios y venas de calcita. En el área de Villa de Leyva Etayo-Serna (1968), ha subdividido informalmente la formación paja en tres conjuntos: lutitas negras inferiores, constituida por shales negros con nódulos fosilíferos. Arcillolitas abigarradas que contienen nódulos calcáreos fosilíferos, estratos delgados calcáreos y láminas y venas de yeso. Arcillolitas de color marrón a gris con nódulos elipsoidales huecos.

El espesor de esta formación varía entre 125 y 625 metros. Renzoni (1968) describe una parte de shales negros Hauterivianos y una superior de shales negros Aptianos con nódulos huecos y pone en manifiesto la presencia de un miembro inferior arenoso a partir de Arcabuco y Togui. Estos niveles de arenisca se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos y el conjunto llega a ser de 293 metros de espesor.

De acuerdo a la recopilación hecha por Toussaint (1996), los fósiles encontrados en la parte basal de la Formación Paja corresponden a faunas de *Olcostephanus*, mientras que para la parte superior la fauna contiene *Nicklesia* del Barremiano y *Dufrenoyia* del Aptiano inferior. Adicionalmente en Forero-Onofre y Sarmiento-Rojas (1985) se resalta la presencia de niveles con restos de reptiles marinos como del *Kronosaurus* del Albiano, encontrado en cercanías de Villa de Leyva.

De acuerdo con Etayo-Serna (op.citp.), para la parte baja se interpreta ambientalmente la acumulación de lodolitas terrígenas en sectores muy tranquilos bajo condiciones anóxicas; para el miembro de arcillolitas abigarradas. Forero y Sarmiento (1985) interpretan el desarrollo de llanuras de mareas salinas, entre ambientes supramareales e intermareales; y para el nivel superior según Patarroyo y Moreno-Murillo (1997) la salinidad disminuye y puede ser interpretado un avance del nivel del mar o restricción en las condiciones del medio.

La edad asignada según Etayo-Serna (1979) es de Valanginiano tardío hasta el Aptiano tardío.

5.1.5 Grupo San Gil (Kisg)

Descrita por Hubach, E. (1953), como caliza de San Gil, posteriormente Etayo-Serna (1968) la define como Grupo San Gil.

5.1.5.1 Formación San Gil Inferior

Según Etayo-Serna (1968) esta formación se ha dividido en 4 segmentos:

Segmento A: Comprende 140 metros de arcillolitas arenosas y muscovíticas, grises, abigarradas de rojo a amarillo por oxidación; con nódulos arcillosos pequeños, algunos perfectamente esféricos, otros irregulares, presenta intercalaciones de areniscas arcillosas micáceas, en las cuales se encuentran frecuentemente amonites y lamelibranquios; en algunos sitios (sur de Sáchica por el camino que conduce a Ráquira) se encontraron equinodermos dentro de estas capas; usualmente los fósiles se encuentran como moldes internos. Se avalúa en 10% el espesor fosilífero.

Segmento B: Presenta un espesor de 190 metros de calizas macizas, arenosas, fosilíferas y a veces fuertemente cristalizadas; alternando se encuentran arcillolitas a shales arenosos grises o marrones, y en ellos se reconocen vetas de yeso, asimismo la muscovita es frecuente.

Segmento C: Comprende 25 metros de espesor, bancos de 1,50 metros de areniscas cuarzosas grises, de grano fino, compactas, muscovíticas, algunos bancos contienen fragmentos pequeños de lamelibranquios; intercalados con shales negros oscuros con lamelibranquios de valva delgada.

Segmento D: Presenta 125 metros de alternancia de: bancos calcáreos, shales micáceos o arcillolitas grises oscuras arenosas, areniscas arcillosas muy micáceas, con ondulitas y restos de equinodermos. Los niveles de shales y arcillolitas contienen esporádicamente gasterópodos y lamelibranquios; se encuentran algunas lumaquelas de ostreas.

5.1.5.2 Formación San Gil Superior

Según Etayo-Serna comprende dos segmentos:

Segmento A: Con 230 metros de espesor, es un conjunto lutítico en el que son frecuentes las intercalaciones de arenisca o caliza, los fósiles más representativos son gasterópodos y lamelibranquios, estos últimos suelen encontrarse como fragmentos y muy dispersos. Las intercalaciones calcáreas suelen ser fosilíferas, las arenosas esporádicamente y las lutíticas raras veces.

Segmento B: Con un espesor de 390 metros, con un predominio neto de shales grises oscuros, frecuentemente con nódulos arcillosos; con algunas intercalaciones visibles de calcarenitas, capas de arenisca a veces conglomerática. En las arcillolitas se reconoce a veces la presencia de fósiles, especialmente amonites.

La edad asignada por Etayo-Serna (1968) para el Grupo San Gil es Aptiano-Albiano.

5.1.6 Formación Churuvita (Kich)

Descrita por Etayo-Serna (1968), de base a techo está constituida por un segmento inferior de arenitas cuarzosas, moscovíticas, de grano fino, de color gris, estratificadas en bancos gruesos; presenta un espesor de aproximadamente 100 metros. Un segmento intermedio formado por una alternancia de bancos lumaquélidos calcáreos, a calcáreos arcillosos, lodolitas y arenitas en estratos gruesos; y un segmento superior constituido por una alternancia de arcillolitas y limolitas con bancos macizos de arenitas de tamaño de grano fino a medio y con bancos calcáreos macizos.

El espesor estipulado para esta Formación es de 225 metros.

La edad asignada por Etayo-Serna et al (1968) corresponde al Cenomaniano.

5.1.7 Formación San Rafael (Kssr)

Propuesta por Etayo-Serna (1968), consta de dos segmentos:

Segmento A: Constituido aproximadamente de shales grises con bancos calcáreos, presentándose principalmente hacia la base.

Segmento B: Consta de limolitas silíceas estratificadas en niveles de 3 a 20 centímetros de espesor; hacia la parte superior presenta una intercalación de shales negros, el espesor de este segmento es de 14 metros.

La edad para esta Formación según Etayo-Serna (1968) corresponde al Turoniano.

5.1.8 Formación Conejo (Kscn)

Propuesto por Renzoni (1981, escrito en 1967), el cual la divide en 3 segmentos:

Segmento A: Consta de shales negros con intercalaciones de bancos de limolitas o de areniscas de grano fino; en las lutitas suele encontrarse concentraciones de lamelibranquios con valvas delgadas; presenta un espesor aproximado de 80 metros.

Segmento B: Miembro Cucaita

Es una intercalación de paquetes calcáreo-arenosos, acuñados y con grandes concreciones calcáreas fosilíferas, separados por arcillolitas o shales con fisilidad variable, generalmente nodulosos; presenta un cambio progresivo de arcillolitas que hacia el techo se hacen más macizas con aumento del contenido arenoso y micáceo.

Segmento C: La sucesión inicia con un banco de arenisca cuarzosa; hacia arriba siguen shales e intercalaciones de areniscas y calizas. Las intercalaciones calcáreas son arenosas y aparecen frecuentemente piritizadas; en ellas puede observarse algunas pequeñas *Exogyra*.

Hacia el techo del conjunto se reconocen grandes lentejones calcáreos, de los cuales algunos son ricos en serpúlidos; también contienen gasterópodos, foraminíferos planctónicos, ostrácodos y ostras especialmente.

La edad asignada por Etayo-Serna (1968) corresponde al Coniaciano.

5.1.9 Grupo Guadalupe (Ksg)

Nombre dado por Hubach (1931) a un conjunto de arenitas las cuales varían de tamaño de grano fino a medio fuertemente cementadas, bien seleccionadas, con dominio de cuarzo.

Fue definida formalmente por Pérez y Salazar (1978). Este grupo se divide en:

5.1.9.1 Formación Arenisca Dura

Corresponde a la parte inferior del Grupo Guadalupe; su nombre se debe inicialmente a Hubach (1931), pero formalmente fue propuesta por Pérez y Salazar (1978). Consiste en cuarzoarenitas de grano fino, en capas que varían entre muy delgadas a muy gruesas lenticulares a plano paralelas; intercaladas ocurren limolitas de cuarzo, de estratificación delgada a muy delgada y lodolitas negras. La laminación es fundamentalmente ondulosa no paralela, a veces discontinua, afectada por bioturbación.

Etayo (1964) cita *Peroniceras (Gauthiericeras) bajuvaricum* y *Siphogenerinoides ewaldi* entre otros, a los que atribuye una edad Santoniano.

5.1.9.2 Formación Plaeners

Nombre propuesto formalmente por Pérez y Salazar (1978) para la unidad litoestratigráfica que comprende lilitas y chert, con delgadas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas laminadas, comúnmente silíceas.

La estratificación es casi invariablemente paralela, en capas delgadas y rara vez media y normalmente presenta abundantes cantidades de foraminíferos del género *Siphogenerinoides*. El espesor estimado es de 100 m.

Pérez y Salazar (1978), mencionan *Ostrea tecticosta*, *Orthocarstenia cretacea* y *Orthocarstenia clarki*, y le asignan una edad Campaniano - Maastrichtiano.

5.1.9.3 Formación Arenisca Labor Y Tierna

Formalizada por Pérez y Salazar (1978); litológicamente se caracteriza por la ocurrencia de arenitas de cuarzo, de grano fino a grueso, en capas medias a gruesas, con geometría lenticular; esporádicamente ocurren intercalaciones de lodolitas y limolitas de cuarzo. La bioturbación es un rasgo constante, del tipo de *Thalassinoides sp.* y *Arenicolites sp.*

La Arenisca de Labor presenta un espesor de 177 metros. Comienza por capas muy gruesas de arenisca que se intercala con capas muy delgadas de arcillolitas. La Formación Arenisca de Labor es separada de la Formación Arenisca Tierna por 19 metros de arcillolitas y lodolitas; la Arenisca Tierna con un espesor de 49 metros se diferencia de la Arenisca de Labor por presentar capas muy gruesas de areniscas con tamaño de grano más grueso.

Pérez y Salazar (1978), mencionan *Sphenodiscus sp.*, *Cyprimeria cf.*, *Coonensis* y *Tellina equilateralis*, con base en las cuales determinan edad Maastrichtiano temprano.

5.1.10 Formación Guaduas (Kpgg)

Fue descrita por Hettner (1892, en Montoya y Reyes, 2005). La unidad está conformada, en general, de arcillolitas laminadas a no laminadas, grises claras y abigarradas, con intercalaciones de cuarzoarenitas grises, de grano medio a fino y algunas capas de carbón. Restos de hojas y fragmentos pequeños, de material vegetal carbonizados, son comunes a lo largo de la secuencia. El espesor estimado es de 700 metros.

La edad propuesta por Van der Hammen (1957a, en Acosta y Ulloa, 2002), le asigna una edad Maastrichtiano-Paleoceno, con base en palinología; luego Martínez (1990, en Acosta y Ulloa, 2002) describe foraminíferos típicos del Maastrichtiano.

5.1.11 Depósitos Cuaternarios

En el área del departamento de Boyacá y a partir de los diferentes trabajos geológicos tanto de carácter regional como locales, se agruparon y diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

5.1.11.1 Glaciares este tipo de depósitos se presenta en el extremo noroeste y constan de una serie de morrenas, formadas por una masa de bloques angulares, parcialmente de arenitas y conglomerados en una matriz areno-arcillosa sin ninguna selección.

5.1.11.2 Coluviales con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

5.1.11.3 Aluviales se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados a subredondeados principalmente de arenitas en una matriz areno-arcillosa, presentando una morfología plana.

5.2 TECTÓNICA

La geología estructural de la zona de estudio fue definida por Etayo- Serna (1968). De oriente a occidente se tienen las siguientes estructuras:

5.2.1 Anticlinal de Sora-Cucaita

Morfológicamente en su flanco oriental se desarrolla una cuesta notable debido al corte del nivel denominado “Limolitas Silíceas superiores” (Formación Plaeners); la estructura queda perfectamente dibujada al norte de la zona por un banco de arenisca de 6 metros de espesor que se destaca sobre ambos flancos. En el núcleo de la estructura las capas más antiguas que afloran son las que se han denominado “Miembro Cucaita”. Visto de norte a sur, su flanco oriental presenta varias estructuras anticlinales y sinclinales, las cuales se manifiestan como pliegues en acordeón (chevron) en la parte septentrional de la estructura, pasando luego a pliegues invertidos y finalmente a pliegues normales progresivamente hacia el sur.

5.2.2 Sinclinal de Sora-Cucaita

Es una estructura cuyos flancos presentan igualmente numerosos repliegues menores con vergencia al occidente sobre el flanco oriental y con vergencia al oriente sobre el flanco occidental; sin embargo, esta estructura no se manifiesta claramente como tal sino en retazos, debido al relleno cuaternario de la planicie de Samacá. Las capas más modernas que afloran en esta zona son arcillas y limolitas que descansan encima del nivel denominado “limolitas silíceas superiores”, en la zona de canteras de recebo. Hacia la parte norte del área estudiada llega a ser mucho más difícil precisar el eje del sinclinal debido a la multitud de repliegues existentes. La parte interna del sinclinal presenta en algunos lugares numerosas cárcavas debidas a la actividad torrencial en las épocas de invierno, sobre los terrenos arcillolíticos y limolíticos.

5.2.3 Anticlinal de Gavilera-Chircal San Rafael

Es una estructura supremamente compleja en su conjunto pero perfectamente delimitada cartográficamente teniendo en cuenta el paquete de 15 metros de las “Limolitas Silíceas inferiores” (Formación San Rafael); mientras que el flanco oriental de la estructura es suave y con capas en posición constantemente normal, el flanco occidental es abrupto y con sus capas en posición inversa.

Sobre el costado oriental de este anticlinal se desarrollan varias estructuras que hacia la llanura están cortadas en bisel por el Cuaternario; en general son pliegues suaves y de corto desarrollo. Las capas más antiguas que afloran en esta zona son los bancos calcáreos macizos del miembro superior de la Formación Churuvita. El flanco occidental de esta estructura muestra como sus capas progresivamente van invirtiéndose y tumbándose hacia el occidente.

5.2.4 Sinclinal de Churuvita

Esta estructura, presenta numerosos pliegues de interés por la vergencia y forma de los mismos. En la parte central de la estructura y al nivel de la carretera Sachica-puente Samacá las capas más modernas que afloran son las de la Formación San Rafael (Limolitas Silíceas).

Este sinclinal tiene la peculiaridad de que hacia el núcleo y en dirección norte comprime sus capas centrales, apartando hacia los extremos sus capas más modernas, unidas solamente por una faja invertida de shales. El flanco occidental del sinclinal está claramente desarrollado y caracterizado por sus repliegues agudos con vergencia oriental.

5.2.5 Anticlinal de Arcabuco

En Patarroyo y Moreno (1997) lo caracterizan como una estructura que se manifiesta al este de Arcabuco y de Villa de Leyva. Básicamente se trata de un pliegue asimétrico con cabeceo hacia el suroeste (17°) y con un plano de charnela vergiendo hacia el sureste. El flanco occidental posee inclinaciones entre 22° y 45° NW, mientras que el oriental posee inclinaciones entre 44° y 52° SE.

5.2.6 Sinclinal de Villa de Leyva

Esta notable estructura se desarrolla al occidente del núcleo del Anticlinal de Arcabuco; se manifiesta suavemente hacia el norte, mientras que se destaca claramente hacia el sur. Es una estructura amplia y suave que expone de modo regresivo hacia el sur las diversas formaciones que han sido cartografiadas. Sobre su flanco oriental se levanta la loma de la Yesera, de gran importancia desde el punto de vista bioestratigráfico. Sobre capas inferiores de este sinclinal (Formación Ritoque), en su flanco oriental presentan repliegues tenues que son efecto común de la tectónica general del área.

5.2.7 Fallas

La región estudiada se caracteriza principalmente por su tectónica carente de fallas superficiales. Parece que la tectónica es la misma que la desarrollada al norte en las zonas estudiadas por Julivert (1958) en el departamento de Santander, esto es, simples respuestas por parte de las capas cretáceas a una tectónica de fallas profundas.

Sobre el costado sur de la loma de la Yesera ocurre una falla normal de escaso salto pero fácilmente detectable por un nivel calcáreo margoso que afecta.

Sobre el flanco occidental del Anticlinal de Arcabuco señaló Bürgl (1954) la existencia de una falla cuyo salto disminuiría hacia el sur hasta llegar a

desaparecer en las zonas próximas a la loma de la Yesera; el desarrollo de la mencionada falla, debería manifestarse inversa de algún modo, hecho que no se observa ya que a lo largo del flanco occidental del núcleo del Anticlinal de Arcabuco los niveles limolíticos grises se superponen sin variación a las areniscas.

6. MARCO TEÓRICO GENERAL

A continuación se exponen los principales aspectos teóricos a ser considerados con respecto a la interpretación de los datos.

6.1 ANÁLISIS DE MICROFACIES

El término microfacies se refiere a las facies sedimentarias que pueden ser estudiadas y caracterizadas en pequeñas secciones de una roca. El nombre es generalmente aplicado a las características que pueden ser determinadas mediante el estudio de secciones delgadas con un microscopio petrográfico o por métodos similares. Flügel (2004) define el término microfacies como “el total de todos los criterios paleontológicos y sedimentológicos, los cuales pueden ser clasificados en secciones delgadas, pellejos y secciones pulidas”.

El análisis de microfacies puede ser estudiado por una variedad de técnicas analíticas, incluyendo químicas, isotópicas, análisis de difracción de rayos X y catodoluminiscencia. No obstante, el análisis siempre se ha realizado por medio de petrografía microscópica, y permanece como el método primario para el estudio de microfacies.

El propósito del análisis de microfacies es suministrar una descripción detallada de las características de las rocas carbonatadas (tipos de granos carbonatados, tipos y formas de crecimiento de los fósiles, tamaño y forma de los granos, naturaleza de la micrita, cemento y fábrica de las partículas) que pueden ser subsecuentemente relacionadas a condiciones depositacionales. De esta manera el objetivo del análisis de microfacies es la interpretación ambiental.

El análisis de microfacies empieza en campo con la recolección de muestras de roca; luego son llevadas al laboratorio donde se preparan las secciones delgadas para su estudio, las cuales comúnmente incluyen análisis tanto cuantitativos como cualitativos detallados. Ambos análisis comúnmente incluyen la determinación de:

(1) Abundancia relativa de los constituyentes principales (granos, matriz, cementos).

(2) Formas, tamaños, selección y otras características de los granos carbonatados, incluyendo los tipos de organismos fósiles.

(3) Naturaleza de la matriz.

(4) Tipos de cemento.

(5) Naturaleza de la fábrica (granosoportado, lodosoportado, bioturbación).

6.2 CONCEPTOS GENERALES

Componentes Aloquímicos: Son agregados estructurados de sedimento carbonatado que se han formado dentro de la cuenca de sedimentación. Incluyen los bioclastos, peloides, intraclastos, ooides y oncoides.

Micrita: Es la matriz o lodo carbonatado compuesto por un agregado de cristales finos de calcita microcristalina menores a 4 micras de diámetro. La mayor parte se forma dentro de la propia cuenca de sedimentación, bien como precipitado del agua de mar o por desintegración de las partes duras de algunos organismos.

Esparita: La calcita esparítica o esparita se presenta en cristales de más de 4 micras de diámetro. La mayor parte es de grano grueso, con cristales que fácilmente alcanzan dimensiones de 1mm. Habitualmente es el componente principal del cemento de relleno de poros y, por tanto, puede haberse formado en la roca muy posteriormente al depósito original de los aloquímicos y la micrita. (Figura 2).



Figura 2. Biomicrita compuesta principalmente por micrita (Mic), esparita (Esp) y bioclastos como lamelibranquios (Lam). NII

Bioclastos: Restos completos o fragmentados de los esqueletos construídos por organismos. Ej: moluscos (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos), braquiópodos, equinodermos, briozoos, foraminíferos, algas calcáreas, corales. (Figura 3)

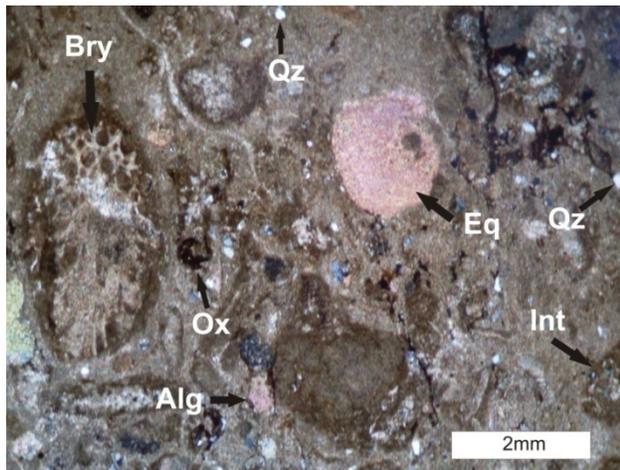


Figura 3. Bioclastos de briozoos (Bry), equinodermos (Eq) y algas (Alg) inmersos en una matriz de micrita. NX

Peloides: Son granos de tamaño arena con un promedio de 100-500 μm , compuestos de carbonato microcristalino. Son generalmente redondeados o

subredondeados, esféricos, elipsoidales a irregulares en forma y no poseen una estructura interna. (Figura 4).

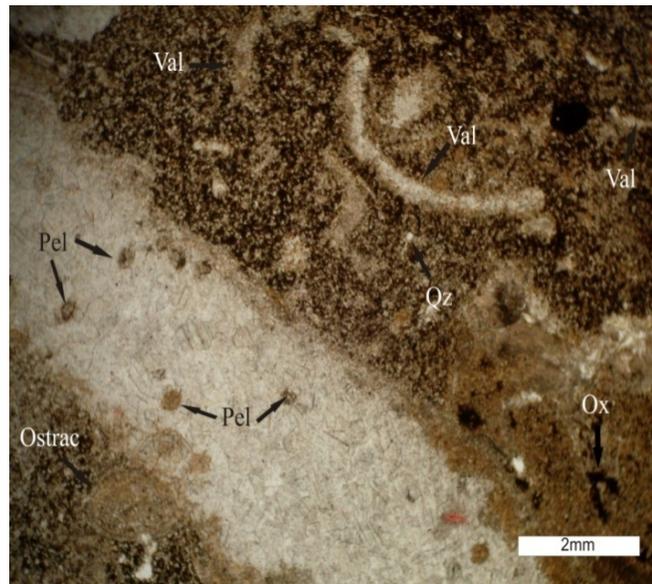


Figura 4. Peloides (Pel) y valvas recristalizadas (Val) en un Floatstone biomicrítico.
NII

Intraclastos: Fragmentos retrabajados de sedimento débilmente consolidado dentro de una cuenca de sedimentación por la acción de corrientes u oleaje. La morfología típica es de fragmentos generalmente angulosos, de tamaños variables compuestos de micrita y/o fragmentos de bioclastos u otros granos. (Figura 5).

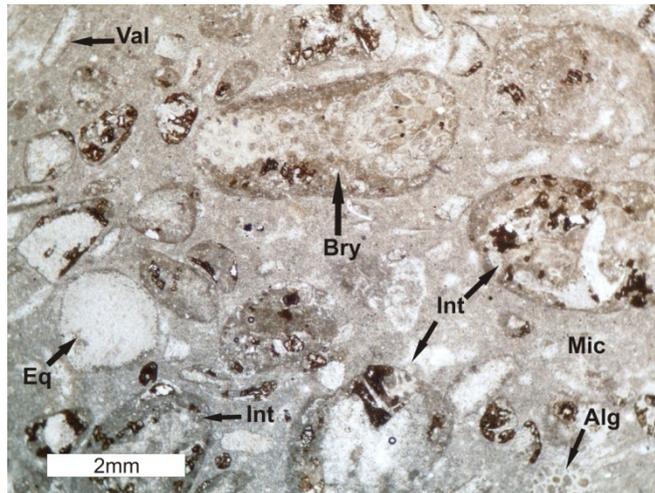


Figura 5. Intraclastos (Int), briozoos (Bry), algas (Alg), equinodermos (Eq) y valvas (Val) en una intramicrita esparcida.

Partículas terrígenas: Son granos no carbonatados tales como fragmentos de roca, cuarzo, feldespato, chert o arcillas. Son partículas procedentes de la erosión de rocas externas al ambiente de sedimentación. (Figura 6).

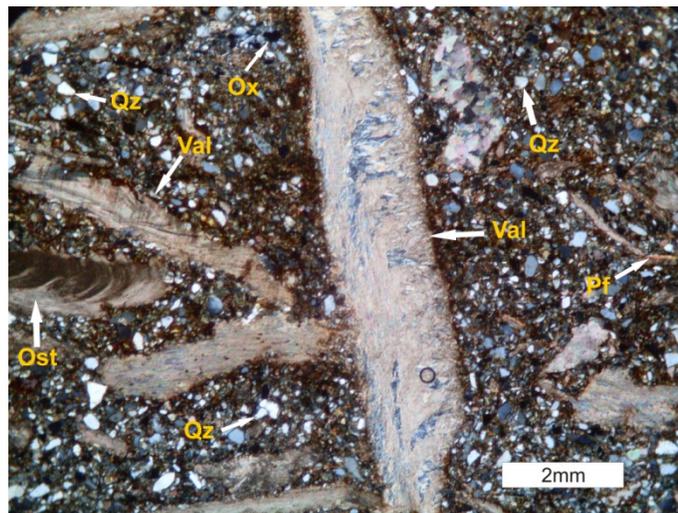


Figura 6. Material terrígeno compuesto por cuarzo (Qz) en una arenita calcárea.

Bioerosión: es la erosión de los sustratos duros del océano y menos frecuente en sustratos terrestres por la acción de organismos que viven allí. (Figura 7)

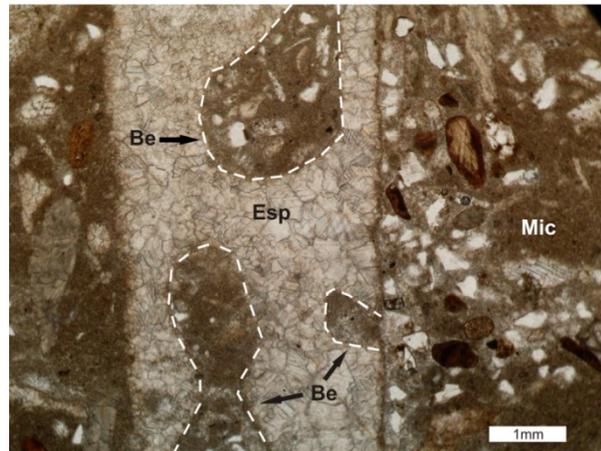


Figura 7. Bioerosión (Be) en una valva recristalizada por esparita (Esp). NII

6.3 TIPOS DE MICROFACIES ESTANDAR

Flügel (2004) y Wilson (1975, en Boggs (1992)), en particular han propuesto usar los datos de microfacies carbonatadas para establecer un número restringido de tipos de microfacies principales que sirven como modelos para todas las microfacies carbonatadas, independientemente de las edades de las rocas carbonatadas. Estas microfacies están referidas como *standard microfacies types* (SMF); y pueden ser agrupadas dentro de “zonas” de facies, las cuales son usadas luego para construir un modelo deposicional generalizado para las rocas carbonatadas. (Figura 8 y tabla 1).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Zona de Facies
Cuenca	Plataforma de mar abierto	Margen de plataforma profunda	Foreslope	Margen de plataforma de arrecifes	Plataforma retrabajada	Plataforma abierta (lagoon)	Plataforma restringida	Plataforma evaporítica (sabkha)	Ambiente
1,2,3	2,8,9,10	2,3,4	4,5,6	7,11,12	11,12,13,14,15	8,9,10,16,17,18	16,17,18,19,21,22,23,24	20,23	Tipos de SMF

Figura 8. Ambientes de depositación generalizados, zonas de facies, y tipos de SMF. Tomado de Boggs (1992).

Sin embargo, para una morfología de rampa, las SMF de Wilson (1975) presentan ciertas variaciones debido al control que ejerce el transporte durante las tormentas, el crecimiento de *mounds* (Flügel 2004). De este modo, Flügel (2004) propuso las *ramp microfacies types* (RMF) comparables en algunos casos con las SMF. Si bien las RMF no poseen el carácter estándar de las SMF, su utilización permite la caracterización de cinturones de facies y superficies de valor estratigráfico difícilmente reconocibles macroscópicamente en este tipo de ambiente. (Figura 9 y tabla 2).

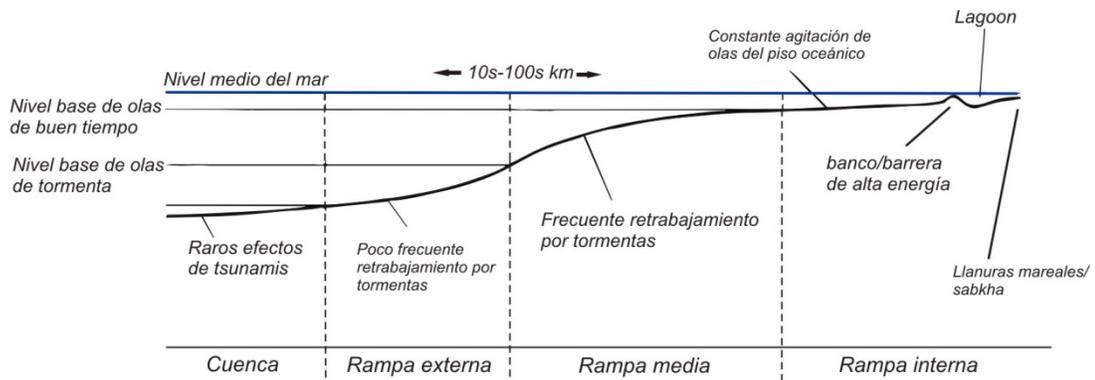


Figura 9. Modelo propuesto por Flügel para los tipos de RMF en una rampa homoclinal. Tomado de Bruchette y Wright en Reading (1996)

STANDAR MICROFACIES TYPES (SMF)		
SMF	NOMBRE	CARACTERISTICAS
1	ESPICULITA	oscura, rica en organismos, mudstone o wackestone arcilloso, conteniendo espículas de tamaño limo, las espículas estan comunmente orientadas y reemplazadas por calcita
2	CALCISILTITA MICROBIOLÁSTICA	pequeños bioclastos y peloides con una textura grainstone o packstone, ondulitas en escala milimétrica, comunmente laminados
3	MUDSTONE O WACKESTONE PELÁGICO	Matriz de micrita, con granos de arena fina o limo dispersos constituidos por microfósiles pelágicos (ej: radiolarios o globigerinidos) o megafauna (ej: graptolites o bivalvos de concha delgada)
4	MICROBRECHA O PACKSTONE BIOCLÁSTICO-LITOCÁSTICO	granos desgastados de carácter robusto originalmente, puede consistir en bioclastos derivados localmente y/o litoclastos previamente cementados; tambien puede incluir cuarzo, chert, u otros tipos de fragmentos de carbonato; comunmente gradados.
5	PACKSTONE FLOATSTONE O GRAINSTONE BIOCLÁSTICO	constituido principalmente de bioclastos derivados de organismos que habitan los flancos y la parte superior de los arrecifes; rellenos geopetales o infiltrados por sedimento fino en cavidades encubiertas comunmente
6	RUDSTONE ARRECIFAL	grandes bioclastos y organismos de la parte superior y flancos del arrecife; sin material en forma de matriz
7	BOUNDSTONE	constituidos por organismos sésiles (<i>in situ</i>). Pueden ser llamados framestone si se constituyen por agregados masivos y de formas robustas, bindstone si estan constituidos por incrustaciones lamelares enmarañadas construyendo cavidades y capas incrustadas de micrita, y bafflestone si su composición es de complejos y delicadas masas de micrita, vagamente peleteados con formas frondosas.
8	WACKESTONE <i>WHOLE</i> FOSIL	organismos sésiles inmersos en micrita, el cual contiene algunos bioclastos dispersos, infauna y epifauna bien preservada
9	WACKESTONE BIOCLÁSTICO O MICRITA BIOCLÁSTICA	sedimentos micríticos que contiene fragmentos de diversos organismos mezclados y homogenizados por bioturbación; los bioclastos pueden estar micritizados .
10	PACKSTONE-WACKESTONE CON BIOCLASTOS DESGASTADOS Y CUBIERTOS EN MICRITA	los sedimentos exhiben inversión textural, los granos muestran evidencia de formación en ambientes de alta energia pero contiene matriz lodosa
11	GRAINSTONE CON BIOCLASTOS CUBIERTOS POR CEMENTO DE ESPARITA	bioclastos cementados con cemento esparítico; los bioclastos pueden estar micritizados
12	COQUINA, GRAINSTONE O RUDSTONE BIOCLÁSTICO	constituido por un depósito de conchas de ciertos tipos de organismos dominantes (ej: algas, conchas o crinoideos); carece de matriz lodosa
13	GRAINSTONE BIOESPARÍTICO CON ONCOIDES	constituido principalmente por oncoides en un cemento esparítico
14	LAGS	partículas cubiertas y desgastadas; puede incluir ooides y peloides que son ennegridos y manchados de hierro; con fosfatos; tambien puede incluir litoclastos alóctonos
15	OOLITA, GRAINSTONE DE OOIDES	bien seleccionada, bien formada, ooides recubiertos multiplemente que van de 0.5 a 1.5mm de diametro; fabrica comunmente muy empaquetada; cruza los estratos invariablemente.
16	PELSPARITA O GRAINSTONE PELOIDAL	probablemente pellets fecales; pueden ser mezclados con ostrácodos o foraminíferos; puede contener láminas gruesas gradadas y una fábrica fenestral.
17	GRAINSTONE O GRAPESTONE PELSPARÍTICO	mezclas de facies de peloides aislados, peloides aglutinados y granos agregados (grapestones y lumps); puede incluir algunos granos recubiertos.
18	GRAINSTONE DE FORAMINIFEROS O ALGAS	consiste en concentraciones comúnmente mezcladas con peloides
19	LOFERITA	laminada a bioturbada, mudstone o wackestone peleteado; puede gradar a pelsparita con fábrica fenestral; la asociación de ostrácodos y peloides es comun en mudstone; tambien puede incluir micrita con foraminíferos dispersos, gasterópodos y algas
20	MUDSTONE DE ESTROMATOLITOS DE ALGAS	estromatolitos
21	ESPONGIOSTROMA	fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo
22	MICRITA CON ONCOIDES GRANDES	wackestone o floatstone que contienen oncoides
23	MICRITA PURA HOMOGÉNEA SIN FÓSILES Y SIN LAMINACIÓN	micrita; puede contener cristales de minerales evaporíticos.
24	RUDSTONE O FLOATSTONE CON LITOCLASTOS GRUESOS Y/O BIOCLÁSTOS	clástos comunmete constituidos de micrita o calcisiltita sin fósiles, y puede tener un arreglo de lado o imbricado; puede estar cruzando los estratos; matriz esparcida.
25	MUDSTONE EVAPORÍTICO- CARBONATADO LAMINADO	alternancia de carbonato cristalino fino (caliza, dolomita) la cual puede ser inducido microbialmente y estratos diagenéticamente deformados con cristales de evaporita (yeso)
26	CEMENTSTONE, RUDSTONE Y PACKSTONE CON PISOIDES	acumulaciones de pisoides autóctonos y alóctonos, con variedad de formas, tamaños de milímetros a centímetros, pisoides densamente empaquetados, comunmente cementados por cementos meteóricos. Los núcleos de los pisoides son usualmente pisoides rotos o cortezas de cemento.

Fuente: Wilson, 1975

Tabla 1. Microfacies SMF propuestas por Wilson (1975)

<i>Ramp Microfacies Types (RMF)</i>			
RMF	Nombre	Tipo de rampa	Características
1	Calcisiltita y <i>Mudstone</i> con peloides	Externa	Fragmentos esqueléticos muy finos, espículas de esponjas y algunas veces finamente laminado.
2	<i>Mudstone</i> y <i>Wackestone</i> arcilloso con bioturbación	Externa	Pocos foraminíferos aglutinados, ostrácodos y equinodermos.
3	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con bioturbación	Externa	Diversos y abundantes fósiles (bivalvos, braquiópodos y equinodermos) y peloides; granos esqueléticos no desgastados, es común la preservación de fósiles enteros.
4	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> peloidal	Externa	Consiste de pequeños peloides, pequeños litoclastos y bioclastos.
5	<i>Mudstone</i> pelágico	Externa	Contiene microfósiles planctónicos y fósiles neotónicos de mar abierto (ej: amonites)
6	<i>Grainstone</i> peloidal y bioclástico	Externa	Gradado, laminado y con estratificación cruzada fina (tempestitas).
7	<i>Packstone</i> bioclástico	Media	Abundantes equinodermos, bivalvos y foraminíferos; granos esqueléticos desgastados.
8	<i>Packstone</i> y <i>Wackestone</i> con bioturbación	Media	Contiene varios granos esqueléticos, intraclastos, oncoides y peloides.
9	<i>Wackestone</i> , <i>Packstone</i> y <i>Floatstone</i> con bioclastos e intraclastos	Media	Con intraclastos micríticos y bioclastos derivados de rampa, puede contener algunas microbrechas.
10	Conglomerados de Caliza	Media	Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>)
11	Margas con intraclastos y guijarros de caliza	Media	Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>)
12	<i>Boundstone</i> con corales	Media	Contiene <i>Framestones</i> de corales y cortezas de corales; también <i>Framestones</i> de algas rojas.
13	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos largos (ej: orbitolínidos)
14	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con granos esqueléticos	Interna	Con granos esqueléticos, varios intraclastos y algunos ooides (<i>near-shoal</i>)
15	<i>Floatstone</i> bioclástico	Interna	Con diversos materiales derivados de arrecifes, (cerca de arrecifes, corales, algas o fragmentos de bivalvos)
16	<i>Mudstone</i> , <i>Wackestone</i> o <i>Packstone</i> con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos miliolidos

17	<i>Wackestone</i> bioclástico con algas	Interna	Con algas verdes dasycladáceas
18	<i>Wackestone</i> bioclástico con ostrácodos	Interna	
19	Caliza o <i>Mudstone</i> no bioturbado	Interna	
20	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con algas calcáreas	Interna	Con foraminíferos bentónicos.
21	<i>Packstone</i> y <i>Floatstone</i> con oncoides	Interna	Oncoides aglutinados, con granos esqueléticos, sedimentarios y cuarzo terrígeno.
22	Caliza o <i>Mudstone</i> dolomítico	Interna	Micrita finamente laminada; con escasos fósiles de ostrácodos y foraminíferos.
23	<i>Bindstone</i> Fenestral	Interna	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo.
24	<i>Mudstone</i> y <i>Packstone</i> intraclástico	Interna	
25	<i>Bindstone</i> con láminas de evaporitas y carbonatos	Interna	Contiene cristales evaporíticos (yeso).
26	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico de grano medio a grueso	Interna	Contiene varios granos esqueléticos bentónicos.
27	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico	Interna	Compuesto de pocos granos esqueléticos dominantes (ej: predominantemente equinodermos o predominantemente foraminíferos).
28	<i>Floatstone</i> y <i>Rudstone</i> bioclástico	Interna	Exhibe una fábrica altamente desordenada.
29	<i>Grainstone</i> con ooides	Interna	Presenta ooides concéntricos densamente empaquetados.
30	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> con ooides y conchas	Interna	Presenta abundantes fragmentos de conchas.

Tabla 2. Microfacies tipo RMF para una rampa homoclinal propuestas por Flügel (2004).

6.4 ZONAS DE FACIES Y AMBIENTES DEPOSITACIONALES

Wilson (1975) sugiere un modelo general para los depósitos de carbonatos que comprenden nueve cinturones de facies principales correspondientes a nueve ambientes carbonatados principales (figura 2). Las principales características de los cinturones de facies son:

Zona de facies 1: shales negros y lodolitas carbonatadas; depositadas en un ambiente de cuenca de agua profunda, comúnmente por debajo del nivel de oxidación

Zona de facies 2: calizas muy fosilíferas con láminas de shale; depositadas en una plataforma de mar abierto por debajo del nivel de base de las olas de tormenta (*storm-wave*) pero por encima del nivel de oxigenación

Zona de facies 3: calizas de grano fino, gradadas a no gradadas, posiblemente contienen bloques exóticos derivados del *foreslope*; depositados en la base del *foreslope*.

Zona de facies 4: calizas de grano fino a grueso, con brechas y bloques exóticos depositados hacia el *foreslope* de mar adentro (*foreslope seaward*) del límite de la plataforma; escombros de carbonatos derivados del cinturón de facies 5.

Zona de facies 5: acumulaciones orgánicas (arrecifes y otros biohermos) compuestos de varios tipos de *boundstones*; particularmente *framstones* que integran el límite o borde de la plataforma carbonatada pero puede no estar presente en todas las plataformas carbonatadas.

Zona de facies 6: arenas carbonatadas retrabajadas seleccionadas (calcarenitas) compuestas particularmente de granos esqueléticos derivados del cinturón de facies 4 y 5; los ooides también son comunes; depositados en aguas muy someras inmediatamente hacia las acumulaciones orgánicas o, si las acumulaciones orgánicas no están presentes hasta el límite de la plataforma.

Zona de facies 7: depósitos de carbonatos mixtos que pueden incluir arenas carbonatadas derivadas del cinturón de facies 6, wackestones, mudstones; posibles láminas de shale o limo; parches de arrecifes u otros biohermos pueden estar presentes, depositado en aguas someras en una plataforma abierta donde la circulación del agua es normal.

Zona de facies 8: Wackestones bioclásticos, arenas litoclásticas y bioclásticas, mudstone carbonatados con pellets, estromatolitos, laminas de shale o limo; depositados en aguas someras o en una plataforma interior donde la circulación del agua puede estar restringida.

Zona de facies 9: dolomitas nodulares y anhidritas (en plataformas donde las condiciones evaporíticas existen); estromatolitos, lodos y limos siliciclásticos; depositados en una zona intermareal a supramareal.

Flügel (2004) sugiere un modelo general de microfacies asociado a carbonatos depositados en rampas, el cual comprende microfacies de rampa exterior, microfacies de rampa media y microfacies de rampa interior o somera. (Figura 3).

Rampa exterior: los granos esqueléticos comúnmente se encuentran bien preservados, comprende mudstones, wackestones y packstones, algunas capas de tempestitas (grainstones). Comprende los tipos RMF 1,2,3,4,5 y 6.

Rampa media: los granos esqueléticos a menudo se encuentran desgastados, los equinodermos son comunes, comprende mudstones, wackestones, packstones y algunos grainstones. Comprende los tipos RMF 2, 3, 5,7,8, 9, 10,11 y 12.

Rampa interior:

Comprende ambientes marinos abiertos, protegidos, de bancos de arena, de *lagoon* y perimareales.

Los ambientes marinos abiertos están caracterizados por una buena circulación de agua; comprende los tipos RMF 13, 14 y 15.

Los ambientes protegidos presentan una circulación de agua restringida; comprende los tipos RMF 16, 17 y 18.

Los ambientes de bancos de arena caracterizados por grainstones y packstones bioclásticos; comprende los tipos RMF 26, 27, 28, 29 y 30.

Los ambientes de *lagoon* comprenden los tipos RMF 17, 19 20 y 21.

Los ambientes perimareales comprenden los tipos RMF 19, 22, 23, 24 y 25.

7. PETROGRAFÍA

Para la clasificación de las muestras pertenecientes a las Formaciones ya mencionadas se recurrió a las clasificaciones propuestas por los siguientes autores:

Para las rocas mixtas se utilizó la clasificación de Vatan (1967) y para las rocas carbonatadas se utilizó la clasificación de Folk composicional (1972) y textural (1962); complementando con la propuesta de Embry y Klovan (1972).

7.1 FORMACIÓN ROSABLANCA

Para esta formación se analizaron 7 secciones delgadas, las muestras corresponden a biomicritas, biopelmicrita, intramicritas y limolita calcárea.

Biomicrita

Presenta una fábrica lodosoportada, un tamaño de grano limo a arena gruesa y una mala selección; entre los ortoquímicos predomina la micrita (80%) y los aloquímicos están compuestos principalmente por bioclastos que corresponden a placas de equinodermos y crinoideos (5%), valvas (10%), gasterópodos (0.5%) briozoos (3.16%) e intraclastos (14.8%).

Presenta material terrígeno (5%) compuesto por cuarzo subangular a subredondeado con un tamaño de grano limo a arena fina; presenta porosidad por disolución (3%) y minerales opacos (3%); biotita prismática diagenética de tamaño arena fina, la cual se encuentra disuelta en unos sectores. (Figura 10).

Corresponden a las muestras BL 006-6 y BL006-7, clasificadas como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972)

Biopelmicrita

Presenta una fabrica lodosoportada, un tamaño de grano entre arena y arena muy gruesa con una mala selección; los ortoquímicos están representados por micrita (59.5%) y esparita (3.5%); los aloquímicos están compuestos principalmente de bioclastos (51.2%), representados por valvas (21.8%), placas de equinodermos (7.8%), peloides (21.6%), intraclastos (0.6%).

El material terrígeno (1.5%), compuesto por cuarzo angular tamaño limo, biotita prismática de tamaño arena fina, la cual se encuentra disuelta en unos sectores (3%), se observan algunas facturas que han sido rellenadas por carbonatos recristalizados (textura en mosaico). (Figura 11).

Corresponde a la muestra BL 009-2, clasificada como Biopelmicrita según Folk (1972) o Biopelmicrita empaquetada según Folk (1962) o Packstone Embry y Klován (1972)

Intramicrita

Presenta una fabrica granosoportada, con tamaños de grano desde limo a arena gruesa, de mala a media selección; los ortoquímicos están representados por micrita (entre un 40 a 50%) y esparita (4%); los aloquímicos son principalmente intraclastos (30-40%), y bioclastos como equinodermos y crinoideos (5%), algas(4%), valvas (1- 2.2%), ostrácodos (1%) y briozoos (1%). (Figura 12).

El material terrígeno (1%), compuesto por cuarzo angular a subangular tamaño arena fina; presenta venillas de óxidos de hierro (2- 3.5%) y porosidad vugular y por disolución (2.5%)

Corresponden a las muestras BL006-1 y BL006-8; clasificadas como Intramicrita según Folk (1972) o Intramicrita empaquetada según Folk (1962) o Packstone Embry y Klován (1972). Y la muestra BL 009-7 fue clasificada como Intramicrita según Folk (1972) o Intramicrita empaquetada según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klován (1972).

Limolita calcárea

Presenta una fábrica lodosoportada, con un tamaño de grano limo y una buena selección; los ortoquímicos están compuestos principalmente por micrita, aunque en poco porcentaje (7.3%); entre los aloquímicos se observan principalmente bioclásticos como placas de equinodermos (4%), valvas (2%) y algas (1%).

El material terrígeno es el principal constituyente (60%), representado por cuarzo monocristalino y policristalino angulares a subangulares de tamaño limo; presenta matriz arcillosa (4%) y se observa rasgos de bioerosión. (Figura 13)

Corresponde a la muestra BL006-2, clasificada como Arenita calcárea según Vatan (1967) o Limolita según Folk (1974) o Limolita calcárea (sensu Espinel y Hurtado).

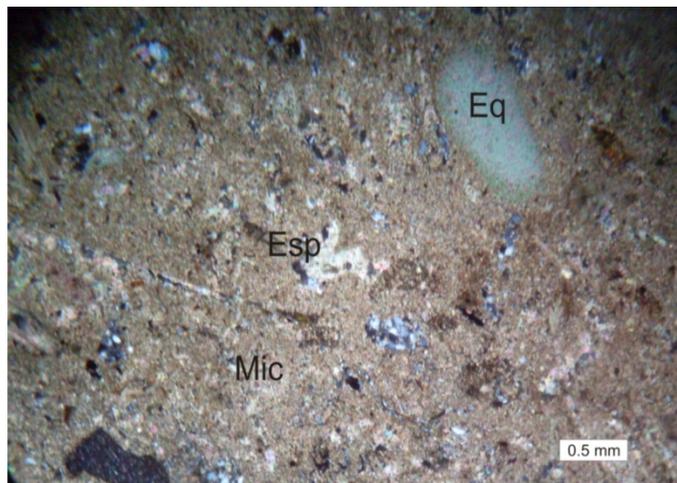


Figura 10. Biomicrita compuesta principalmente por bioclásticos de equinodermos (Eq), micrita (Mic) y esparita (Esp). NX

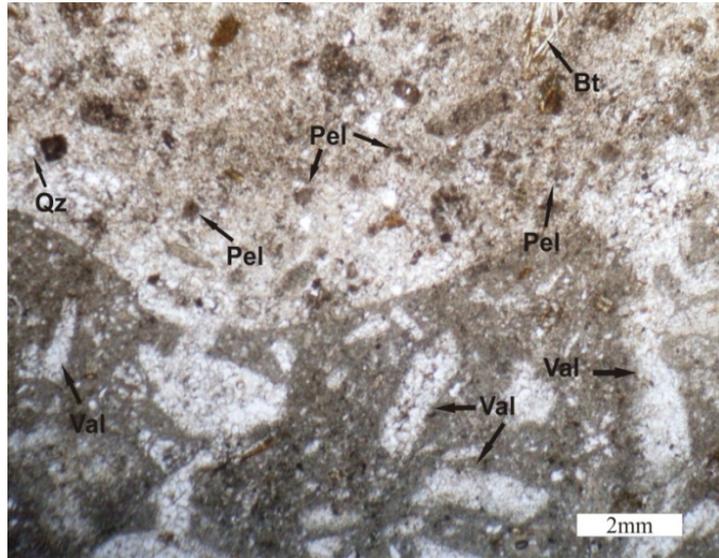


Figura 11. Biopelmicrita compuesta de valvas recrystalizadas (Val), peloides (Pel), cuarzo (Qz), y biotita (Bt). NII

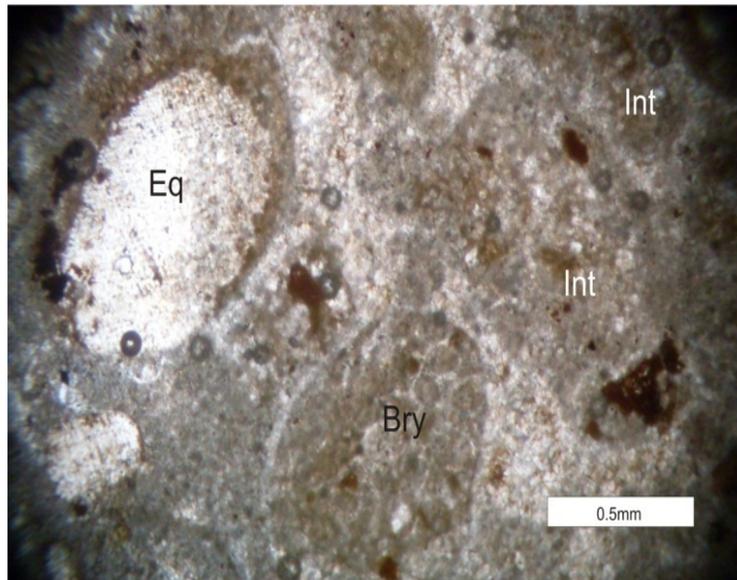


Figura 12. Intramicrita compuesta por intraclastos de micrita (Int) y bioclastos de equinodermos (Eq) y briozoos (Bry). NII

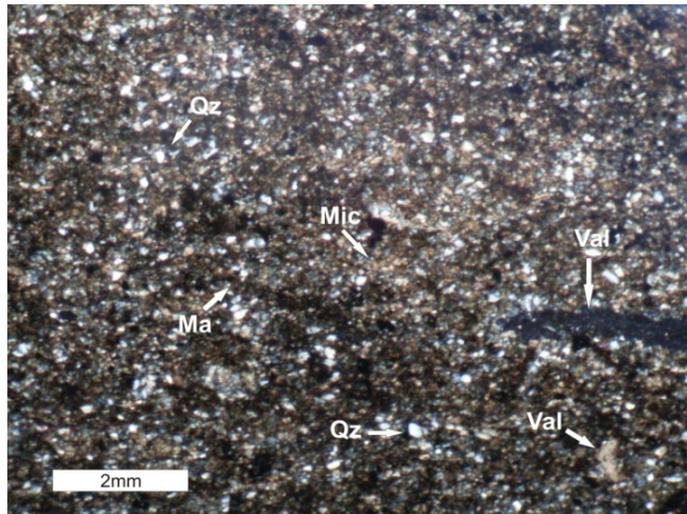


Figura 13. Limolita calcárea en la que se observa valvas recristalizadas (Val), cuarzo (Qz) y matriz arcillosa (Ma) en poca proporción. NX

7.2 FORMACIÓN RITOQUE

Para esta formación se analizaron 11 secciones delgadas clasificadas como Micrita fosilífera, micrita fosilífera arenosa, biomicritas, biomicruditas y bioesparita

Micrita fosilífera

Presenta una fábrica lodosoportada, con un tamaño de grano limo a arena fina y una selección buena a moderada; los ortoquímicos esta compuestos en su mayoría por micrita (60-75%) y esparita (3.5%); los aloquímicos están compuestos principalmente por bioclastos como equinodermos (3-5%), valvas (3-6%), algas (0.5%) y ostrácodos (1%); intraclastos (1%) y peloides (0.5%).

El material terrígeno (7- 27.8%) compuesto por cuarzo subangular a subredondeado de tamaño limo, moscovita tamaño limo y óxidos de hierro (15%) y presenta rasgos de bioerosion. (Figura 14).

Corresponde a la muestra BL002-7 clasificada como Caliza arenosa según Vatan (1967) o Micrita fosilífera según Folk (1972) y (1962) o Mudstone según Embry y Klován (1972) Y la muestra BL005-2 fue clasificada como Micrita fosilífera según Folk (1972) y (1962) o Mudstone según Embry y Klován (1972).

Biomicrita

Presenta una fábrica lodosoportada, con tamaño de grano limo a arena fina y pobremente seleccionada; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (60%) y esparita (1-6 %); los aloquímicos son principalmente bioclastos como equinodermos y crinoideos (7%), valvas (2- 18.5%), gasterópodos (1.2%), ostrácodos (1%) y algas (2%).

Presenta poco material terrígeno (1-13%), compuesto por cuarzo monocristalino subangular y de tamaño limo; presenta minerales opacos (1.5%), glauconita (1%), biotita diagenética (4%) y óxidos de hierro (5%). (Figura 15)

Corresponde a las muestras BL 002-5 y BL 002-9, clasificadas como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

Biomicrudita

Presenta una fábrica lodosoportada, con tamaño de grano arena media a grava y con una selección media a mala; los ortoquímicos representados por micrita (47-75%) y esparita (5-15%); los aloquímicos están compuestos por intraclastos (0.5-4%), peloides (0.5-2%) y bioclastos como placas de equinodermos y crinoideos (3-11%), valvas (2-8.7%), gasterópodos (1%), ostreidos (3%), ostrácodos (0.5%) y braquiópodos (3%).

El material terrígeno (0.5-6%) constituido por cuarzo monocristalino subangular a subredondeado y de tamaño limo a arena media. Presenta porosidad vugular (5%) y por disolución (2%), óxidos de hierro (4-35%), minerales opacos (1%), biotita prismática (0.5%) y colofana (0.5%). (Figura 16).

Corresponden a las muestras BL002-3, BL003-4, BL003-6, BL002-8 y BL002-8.1 clasificadas como Biomicrudita según Folk (1972) o Biomicrudita esparcida según Folk (1962) o Floatstone según Embry y Klovan (1972). Y la muestra BL 002-4 fue clasificada como Biomicrudita según Folk (1972) o Biomicrudita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

Bioesparita

Presenta una fabrica clastosoportada con tamaño de grano arena fina a gruesa y medianamente seleccionada; los ortoquímicos están representados en su mayoría por esparita (50%) y micrita (4%); los aloquímicos están representados por bioclastos como valvas (10%), equinodermos (4%), algas (0.5%) ostrácodos (2%) y foraminíferos (1%).

Presenta poco material terrígeno (1%) compuesto por cuarzo subangular de tamaño arena fina; presenta porosidad vugular (0.5%), óxidos de hierro (7%) y minerales opacos (8%). (Figura 17).

Corresponde a la muestra BL 003-9 clasificada como Bioesparita según Folk (1972) o Bioesparita seleccionada según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972).

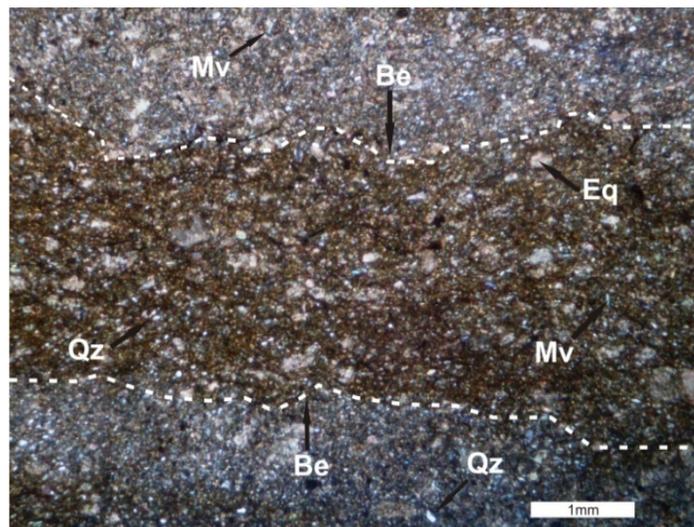


Figura 14. Micrita fosilífera la cual presenta rasgos de bioturbación (Be), placas de equinodermos (Eq), cuarzo (Qz) y moscovita (Mv). NX

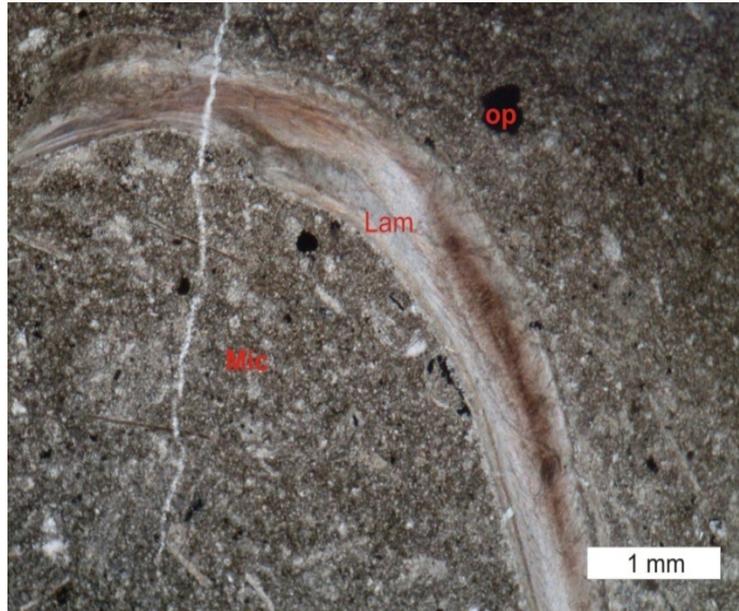


Figura 15. Biomicrita compuesta principalmente por micrita (Mic), minerales opacos (Op) y lamelibranquios (Lam). NII

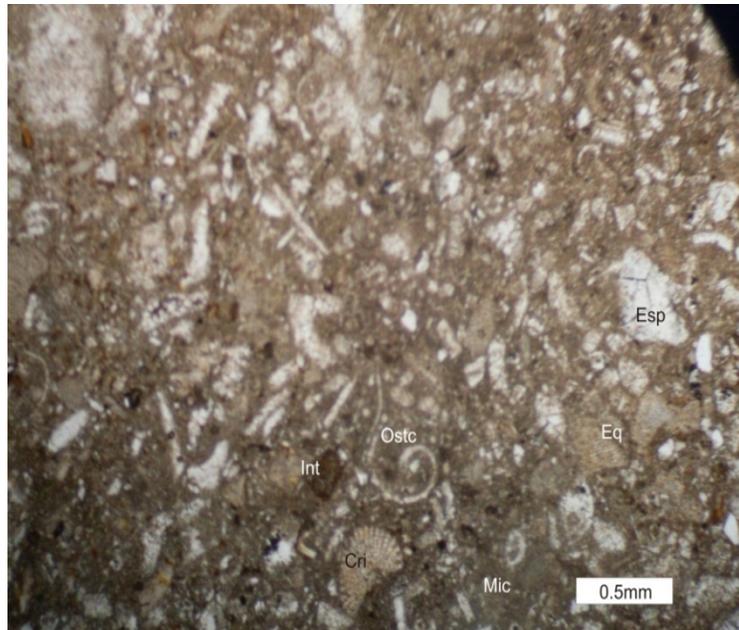


Figura 16. Biomicrudita compuesta por micrita (Mic), esparita (Esp), intraclastos (Int) y bioclastos de crinoideos (Cri), ostrácodos (Ostc) y equinodermos (Eq). NII

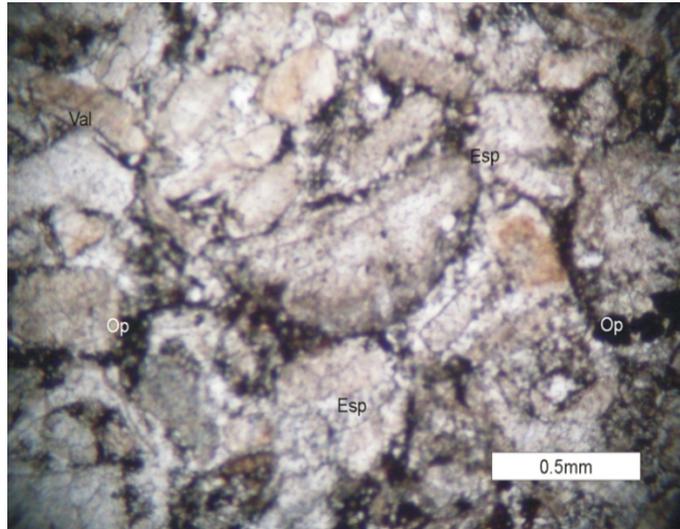


Figura 17. Bioesparita compuesta principalmente por valvas recristalizadas (Val) y minerales opacos (Op). NII

7.3 FORMACIÓN PAJA

Para esta formación se analizaron 5 secciones delgadas clasificadas como biomicrita esparcida y empaquetada, biomicrudita, biomicruditas esparcidas arenosas.

Biomicrita esparcida

Presenta una fabrica lodosoportada con tamaño de grano limo a arena fina, mal seleccionada; los ortoquímicos están compuestos por micrita (75%) y esparita (10%) y los aloquímicos están compuestos por intraclastos (2%) de composición biomicrítica, y bioclastos como valvas (2%) y placas de equinodermos (2%).

Presenta poco material terrígeno (0.5%) compuesto por cuarzo monocristalino de tamaño arena fina; óxidos de hierro (1.5%) y minerales como colofana (1%) glauconita (1%) y opacos(0.5%).(Figura 18).

Corresponde a la muestra BL004-6 clasificada como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

Biomicrita empaquetada

Presenta una fábrica granosoportada con un tamaño de grano limo a arena fina con una selección moderada a media; entre los ortoquímicos se destaca una matriz de micrita (41%), los aloquímicos están representados por bioclastos tales como foraminíferos plantónicos (*globigerínidos*) (63%), valvas aisladas y fragmentadas (3%) y algunos fragmentos óseos fosfatizados.

El material terrígeno (4%) está compuesto por cuarzo angular a subangular de tamaño arena fina a limo. (Figura 19).

Corresponde a la muestra KCV 179 clasificada como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita empaquetada según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972).

Biomicrudita esparcida arenosa

Presenta una fábrica granosoportada con un tamaño de grano arena fina a grava, pobremente seleccionada; los ortoquímicos están representados por micrita (4-25%) y esparita (2-8%) y los aloquímicos están compuestos por bioclastos como placas de equinodermos y crinoideos (8.6%), ostreidos (3.6%), valvas (2.5%), gasterópodos (5.2%).

El material terrígeno (8-15%) está compuesto por cuarzo angular a subangular de tamaño arena fina; además de presentar óxidos de hierro (25-30%) y minerales como colofana (0.5%) y glauconita (2.5%).

Una característica importante es el alto grado de disolución que presentan las secciones, (porosidad vugular y por disolución) además de estar reemplazada por hematita en gran proporción producto de la alteración de carbonatos con alto contenido de hierro. (Figura 20)

Corresponde a las muestras KCV 157, BL 004-8.1, clasificadas como Caliza arenosa según Vatan (1967) o Biomicrudita según Folk (1972) o Biomicrudita esparcida según Folk (1962) o Floatstone según Embry y Klovan (1972). Biomicrudita esparcida arenosa (sensu Espinel y Hurtado).

Biomicrudita

Presenta una fábrica granosoportada con tamaño de grano grava a arena media y con una mala selección; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (23.6%) y los aloquímicos están representados por un grano esquelético (concha) que abarca la mayor parte de la sección delgada; esta concha presenta calcita recristalizada en mosaico.

El material terrígeno (5%) está constituido por cuarzo subangular de tamaño arena fina a limo. (Figura 21).

Corresponde a la muestra KCV 172, clasificada como biomicrudita según Folk (1972) y (1962) o floatstone según Embry y Klovan (1972).

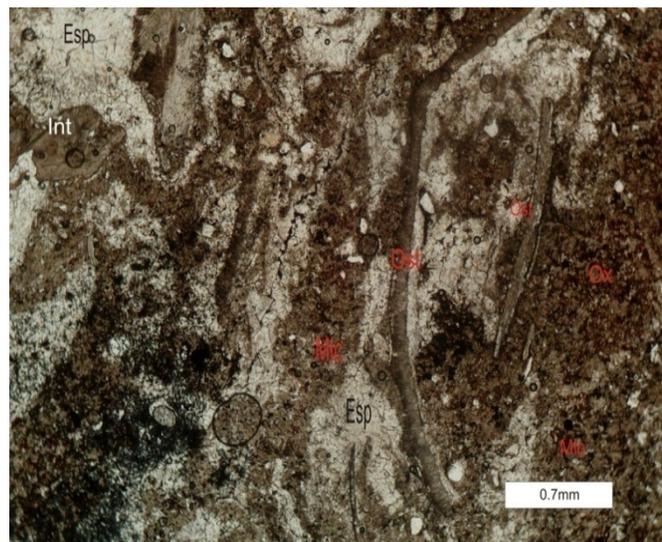


Figura 18. Biomicrita esparcida compuesta por intraclastos (Int), micrita (Mic), esparita (Esp), óxidos (Ox) y bioclastos de ostreídos (Ost). NII

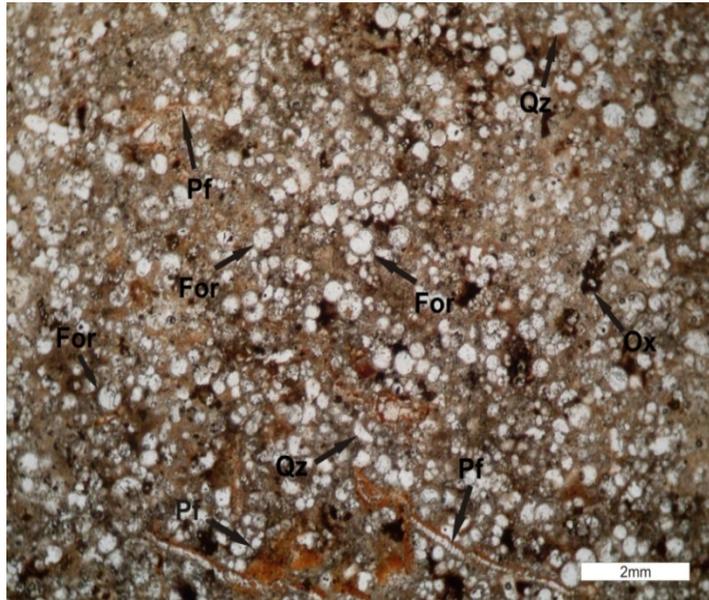


Figura 19. Biomicrita empaquetada con abundantes foraminíferos (For) del género *Globigerina*, partículas fosfáticas (Pf), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox). N//

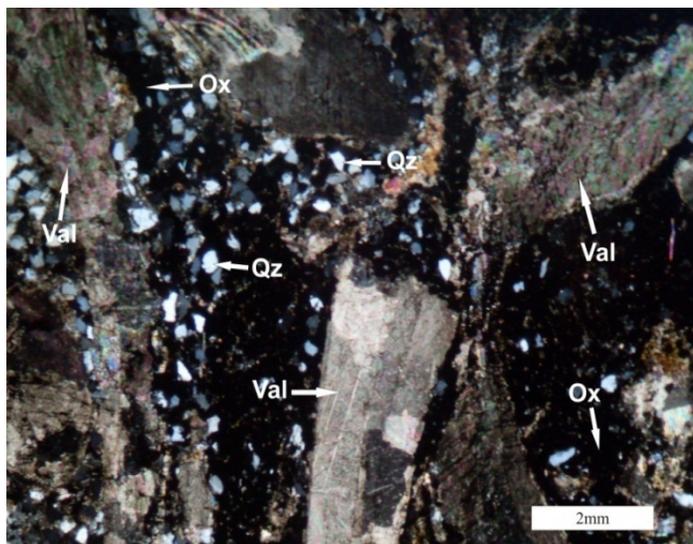


Figura 20. . Biomicrudita esparcida arenosa en la que se aprecia valvas recristalizadas (Val), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro en gran proporción (Ox). NX

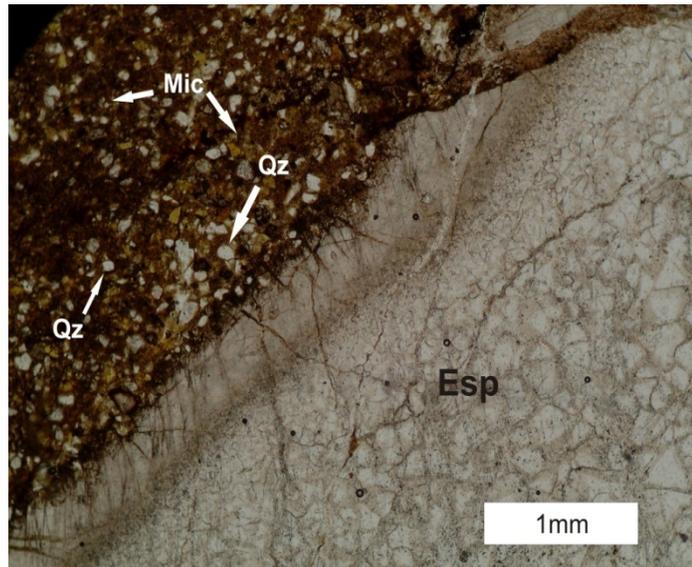


Figura 21. Biomicrudita compuesta por una matriz de micrita (Mic), algunos fragmentos de cuarzo (Qz) y una valva recrystalizada por esparita (Esp).NII

7.4 GRUPO SAN GIL

Para el Grupo San Gil se analizaron 2 secciones delgadas pertenecientes a micrita fosilífera e intramicrita.

Micrita fosilífera

Presenta una fábrica lodosoportada, con tamaño de grano arena muy fina a fina y con una mala selección, los ortoquímicos están representados por micrita (2%) y esparita (9%); y los aloquímicos se componen de bioclastos como equinodermos (2%), braquiópodos (2.5%) y valvas (5%).

Presenta material terrígeno (1%) representado por cuarzo tamaño arena fina subangular; tal vez la característica más importante es la presencia de óxidos de hierro (80%); además presenta minerales como colofana (0.5%), y glauconita (1.3%). (Figura 22)

Corresponde a la muestra KCV 184, clasificada como Micrita fosilífera según Folk (1962) o Mudstone según Embry y Klovan (1972).

Intramicrota

Presenta una fábrica lodosoportada, con un tamaño de grano arena a arena muy gruesa y medianamente seleccionada; los ortoquímicos están representados por micrita (84.1%) y esparita (7.8%) y los aloquímicos están representados principalmente por intraclastos (17.3%) compuestos de biomicrita y bioclastos como placas de equinodermos y crinoideos (2.3%), briozos (6.8%), valvas (5.5%) y algas (0.5%)

El material terrígeno (1%) está compuesto de cuarzo subangular de tamaño limo a arena fina y con un porosidad (5%) en fractura, en canal y vugular. (Figura 23)

Corresponde a la muestra BL 000, clasificada como Intramicrita según Folk (1972) o Intramicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

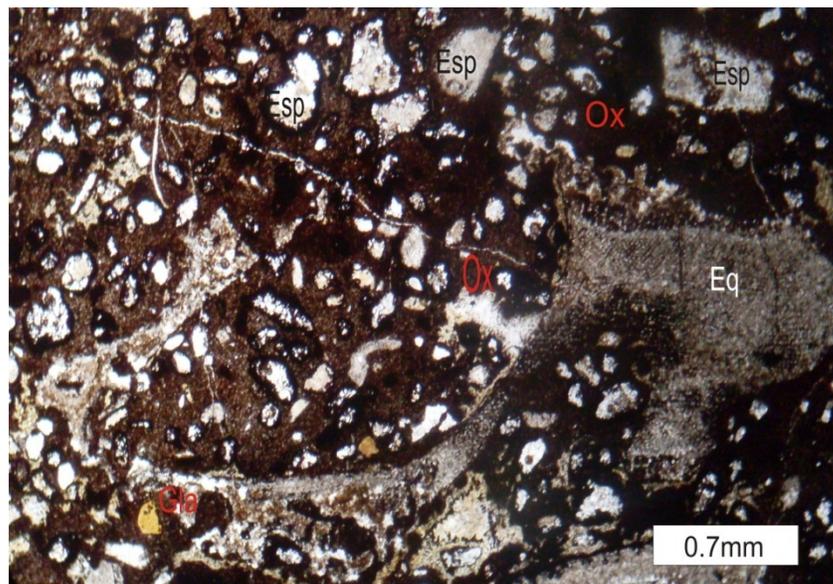


Figura 22. Micrita fosilífera compuesta por óxidos (Ox), esparita recristalizada (Esp), glauconita (Gla) y equinodermos (Eq). NII.

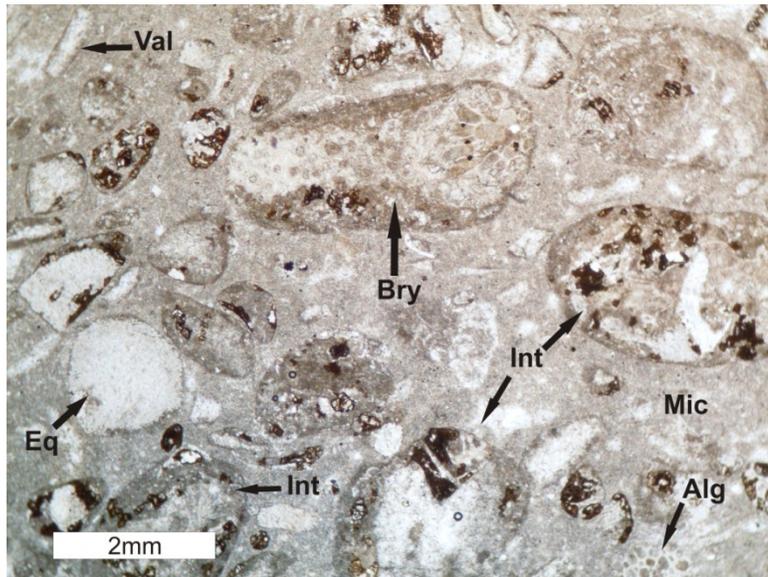


Figura 23. Intramicrita compuesta por una matriz de micrita (Mic), intraclastos (Int), y bioclastos como equinodermos (Eq) y briozoos (Bry). NII

7.5 FORMACIÓN CHURUVITA

Para esta formación se analizaron 5 secciones delgadas clasificadas como biomicrita empaquetada arenosa, biomicrudita esparcida, biomicrudita fosfática arenosa y cuarzoarenitas calcáreas.

Biomicrita empaquetada arenosa

Presenta una fábrica granosoportada con tamaño de grano arena a arena muy gruesa y con una mala selección; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (77.5%); los aloquímicos están representados por intraclastos (15%) compuestos de biomicrita y micrita y bioclastos como placas de equinodermos y crinoideos (10%), algas (4%), briozoos (6%) y valvas (3%).

El material terrígeno (7%) está compuesto por cuarzo subangular de tamaño limo a arena muy fina, presenta una porosidad vugular (6%) y óxidos de hierro (4%). (Figura 24).

Corresponde a la muestra CJ 2.5, clasificada como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita empaquetada según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972) o Biomicrita empaquetada arenosa (sensu Espinel y Hurtado)

Biomicrudita esparcida

Presenta una fabrica lodosoportada con tamaño de grano arena fina a muy gruesa y medianamente seleccionada, los ortoquímicos están representados por micrita (60%) y esparita (4%); los aloquímicos están compuestos por intraclastos (2%) y bioclastos como braquiópodos (1%), valvas (20%), ostrácodos (0.5%) y foraminíferos (1%).

Presenta porosidad (1%) vugular y por disolución, óxidos de hierro (1.5%) y minerales como glauconita (4%) y colofana (2%). (Figura 25).

Corresponde a la muestra CJ 2.8, clasificada como Biomicrudita según Folk (1972) o Biomicrudita esparcida según Folk (1962) o Floatstone según Embry y Klovan (1972).

Biomicrudita fosfática arenosa

Presenta una fabrica granosoportada, con un tamaño de grano arena gruesa a grava y con una mala selección; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (53%) y los aloquímicos están compuestos de intraclastos (1.3%) compuestos por biomicrita, peloides (11%) compuestos de micrita, placas de equinodermos (1%), algas (2.6%), valvas (17.3%) y foraminíferos (0.5%) del género globigerinida.

Esta sección tiene un alto contenido de material fosfático que se encuentra reemplazando muchos granos esqueléticos (peloides, valvas y fragmentos óseos), además presenta procesos de bioerosión y material terrígeno (17.8%) compuesto por cuarzo subangular a subredondeado de tamaño limo a arena media. (Figura 26)

Corresponde a la muestra CJ 2.5-1, clasificada como Caliza arenosa según Vatan (1967) o Biomicrudita según Folk (1972) o Biomicrudita empaquetada según Folk (1962) o Floatstone según Embry y Klovan (1972) o Biomicrudita fosfática arenosa (sensu Espinel y Hurtado).

Cuarzo arenita calcárea

Presenta una fabrica granosoportada con tamaño de grano arena a grava y con una selección madia a buena; los ortoquímicos están representados por micrita (8-20%) y esparita (0.5%); y los aloquímicos están compuestos bioclastos como ostreidos (7%), valvas (12%) y braquiópodos (6%) con microestructura biestratificada.

El material terrígeno es el principal constituyente (68%) compuesto por cuarzo angular a subangular de tamaño arena a limo, además se observan rasgos de bioerosión y óxidos de hierro (1%). (Figura 27)

Corresponden a las muestras CJ 3.6 y CJ 3.1, clasificadas como Arenita calcárea según Vatan (1967) o Cuarzoarenita según Folk (1974) o Cuarzoarenita calcárea (sensu Espinel y Hurtado).

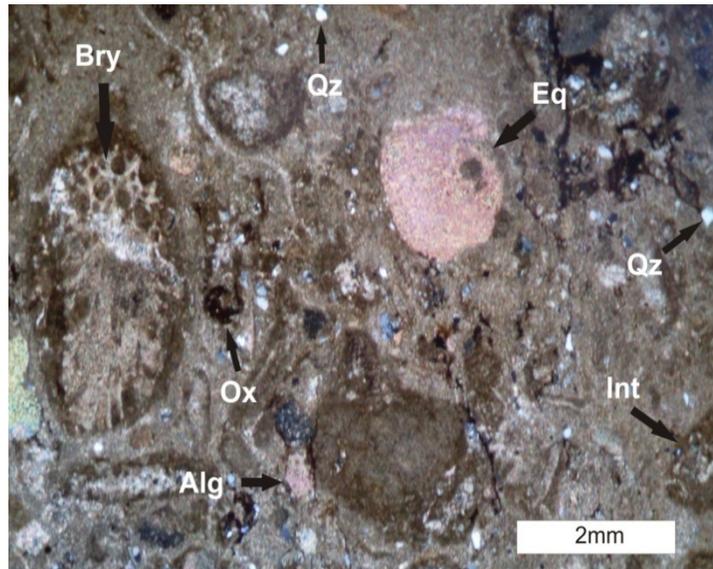


Figura 24. Biomicrita empaquetada arenosa con intraclastos (Int), cuarzo (Qz), óxidos de hierro (Ox), y bioclastos de equinodermos (Eq), briozoos (Bry), y algas (Alg). NX



Figura 25. Biomicrudita esparcida compuesta principalmente de micrita (Mic), y bioclastos como lamelibranquios (Lam) algunos recristalizados por esparita (Esp). NX

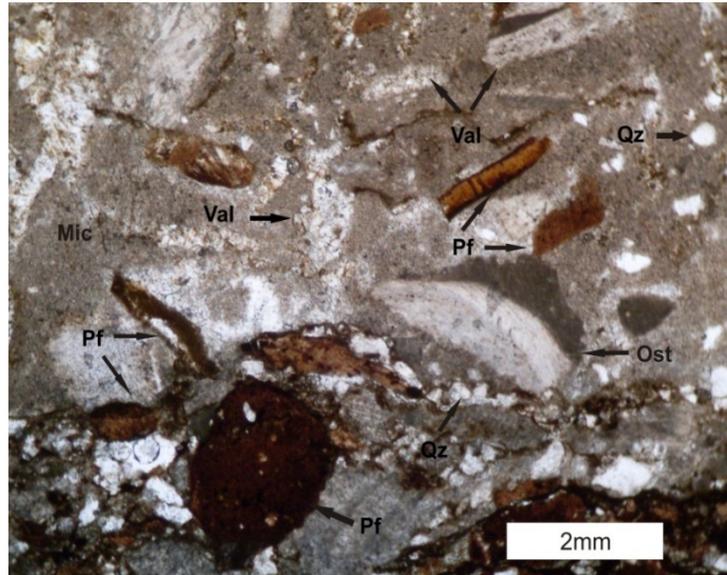


Figura 26. Biomicrudita fosfática arenosa compuesta por valvas recristalizadas (Val), partículas fosfáticas (Pf), y cuarzo (Qz) en una matriz de micrita (Mic). NII.

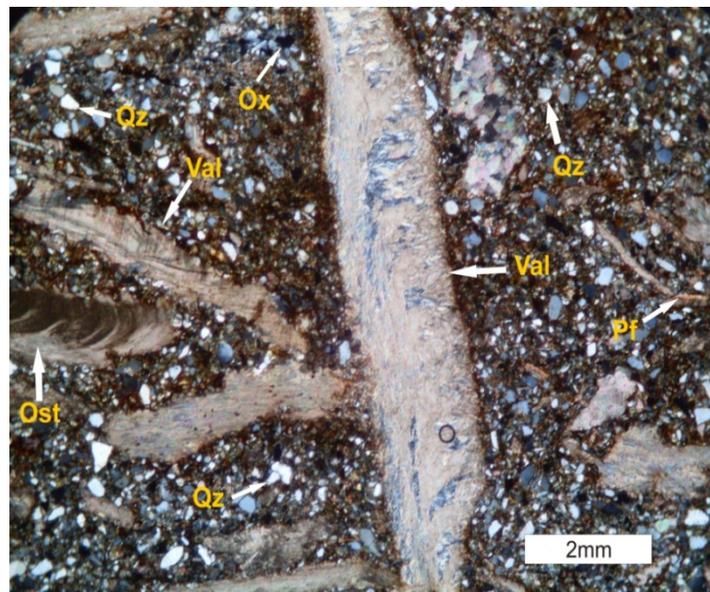


Figura 27. Cuarzoarenita calcárea con fragmentos de ostreídos (Ost), partículas fosfáticas (Pf), valvas recristalizadas (Val) y óxidos de hierro (Ox). NX

7.6 FORMACIÓN CONEJO

Para esta formación se analizaron 7 secciones delgadas clasificadas como biomicrita, biomicrudita, intramicritas, bioesparita, biopelmicrita y biomicrita arenosa.

Biomicrita

Presenta una fábrica granosoportada con tamaño de grano limo a arena fina y moderadamente seleccionada; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (35%) y esparita (12%); los aloquímicos están representados por bioclastos como foraminíferos (58.3%) del género *Globigerina* y valvas (0.3%). (Figura 28)

El material terrígeno (1.6%) está compuesto por cuarzo subangular de tamaño limo, presenta una porosidad vugular (4%) y cemento ferruginoso (10%). (Figura 22).

Corresponde a la muestra AP17H, clasificada como Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita empaquetada según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972)

Biomicrudita

Presenta una fábrica lodosoportada con tamaño de grano arena fina a grava y con una mala selección; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (72%); los aloquímicos están representados por bioclastos como foraminíferos (14.2%) globigerínidos, ostreidos (7.6%), valvas (6%), peloides (8%).

Presenta una porosidad vugular (2%) y minerales opacos (2%). (Figura 29)

Corresponde a la muestra AP 17', clasificada como biomicrudita según Folk (1972) o biomicrudita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

Intramicrita

Presenta una fábrica lodosoportada con tamaño de grano arena gruesa y con una mala selección; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (71.5%) y esparita (3.5%); los aloquímicos están representados por intraclastos (16-30%) compuestos de micrita y biomicrita y bioclastos como ostreidos (3.6%), placas de equinodermos y crinoideos (15%), algas (0.8%), tubos de serpulidos (6%) y valvas (3%).

El material terrígeno (3.1%) está compuesto por cuarzo subangular de tamaño limo, presenta una porosidad (3%) vugular y en canal y cemento ferruginoso (2%). (Figura 30).

Corresponden a las muestras KCV 135-1 y KCV 135-2, clasificadas como Intramicrita según Folk (1972) o Intramicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972)

Bioesparita

Presenta una fábrica granosoportada con tamaño de grano limo a arena fina y con una selección moderada a buena; los ortoquímicos están representados principalmente por esparita (68%); los aloquímicos están representados principalmente por bioclastos como foraminíferos planctónicos (37%) del género *globigerinida*.

Presenta una porosidad vugular (2%) y cemento ferruginoso (15%). (Figura 31)

Corresponde a la muestra AP 18D, clasificada como Bioesparita según Folk (1972) o Bioesparita no seleccionada según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972).

Biopelmicrita

Presenta una fábrica lodosoportada con tamaño de grano arena gruesa a arena muy gruesa y con una selección moderada; los ortoquímicos están representados principalmente por micrita (80%); los aloquímicos están representados por bioclastos como foraminíferos planctónicos (28.3%) del género *globigerinida*,

peloides (24.8%) de composición micrítica, valvas (4%), ostreidos (5.2%) y tubos de serpúlidos (1%)

El material terrígeno (0.5%) está compuesto por cuarzo subangular de tamaño limo presenta una porosidad (4%) vugular y de fractura y minerales opacos (5%). (Figura 32).

Corresponde a la muestra AP 18, clasificada como Biopelmicrita según Folk (1972) o Biopelmicrita esparcida según Folk (1962) o Wackestone según Embry y Klovan (1972).

Biomicrita arenosa

Presenta una fábrica granosoportada con tamaño de grano arena fina a arena media y moderadamente seleccionada; los ortoquímicos están representados por micrita (60%)y esparita (5%); los aloquímicos están representados por peloides (2%) y bioclastos como foraminíferos planctónicos (35%), braquiópodos (2%) y valvas(3%).

El material terrígeno (15%) está compuesto por cuarzo subangular de tamaño limo a arena muy fina, presenta una porosidad (6%) vugular y por disolución y cemento ferruginoso (25%). (Figura 27).

Corresponde a la muestra KCV 189, clasificada como Caliza arenosa según Vatan (1967) o Biomicrita según Folk (1972) o Biomicrita esparcida según Folk (1962) o Packstone según Embry y Klovan (1972) o Biomicrita esparcida arenosa (sensu Espinel y Hurtado).

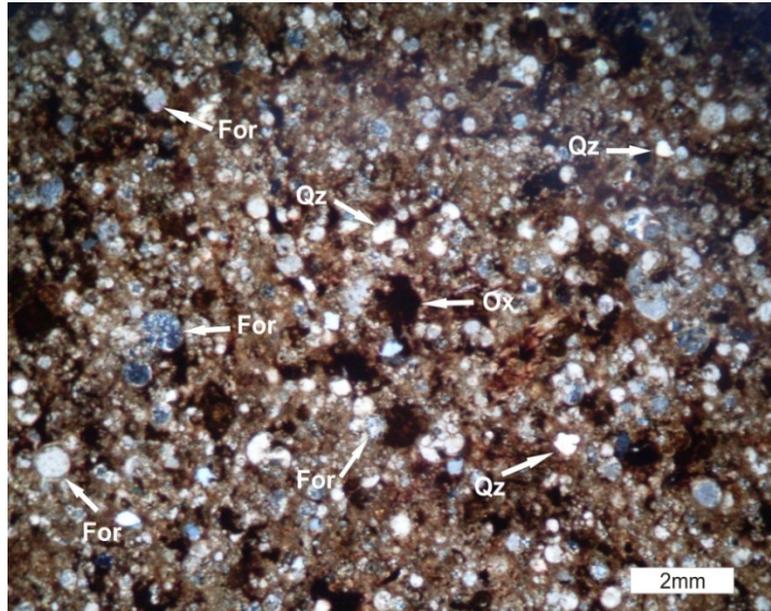


Figura 28. Biomicrita empaquetada compuesta principalmente por foraminíferos (For) del género *Globigerina*, cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox). NII

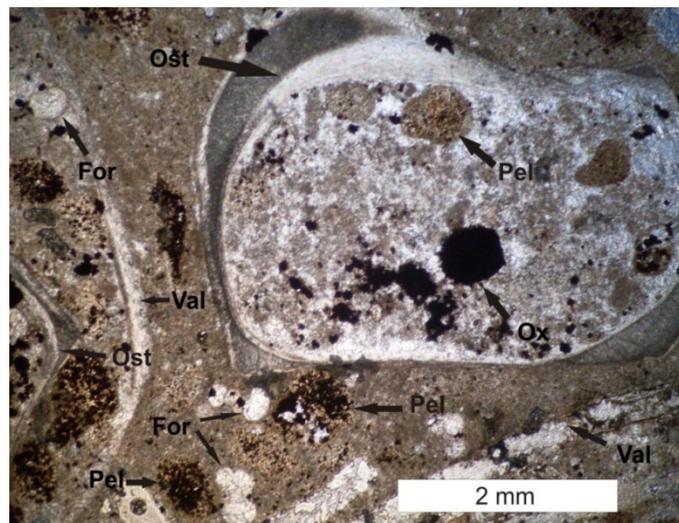


Figura 29. Biomicrudita esparcida con ostreídos (Ost), foraminíferos (For), peloides (Pel), valvas recristalizadas (Val) y óxidos de hierro (Ox). NII

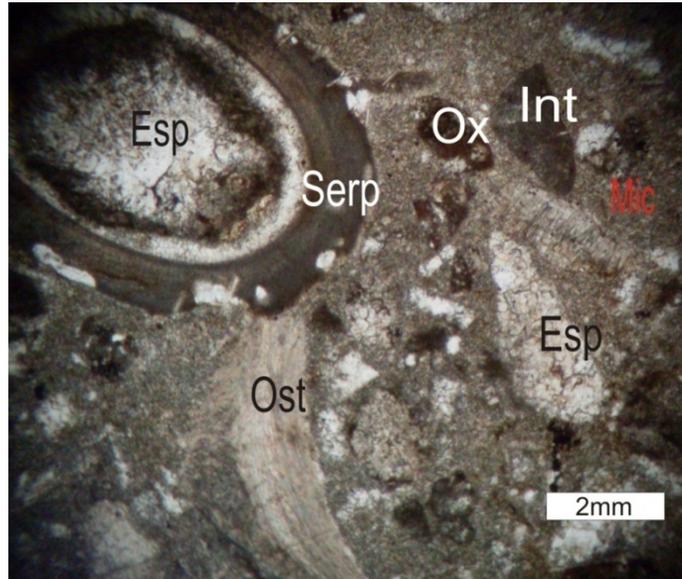


Figura 30. Intramicrita compuesta por intraclastos (Int), óxidos de hierro (Ox), y bioclastos de serpúlidos (Serp) y ostreídos (Ost). NII

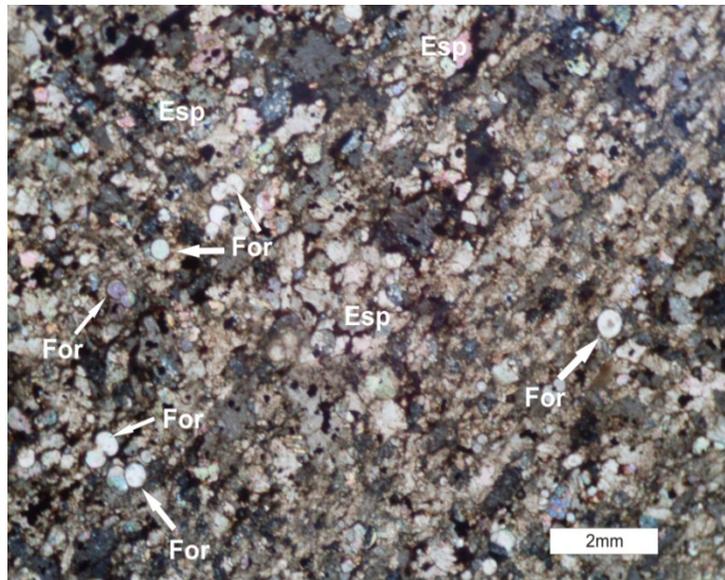


Figura 31. Bioesparita constituida en su mayoría por foraminíferos (For) del género *Globigerina* en una matriz esparítica (Esp). NX

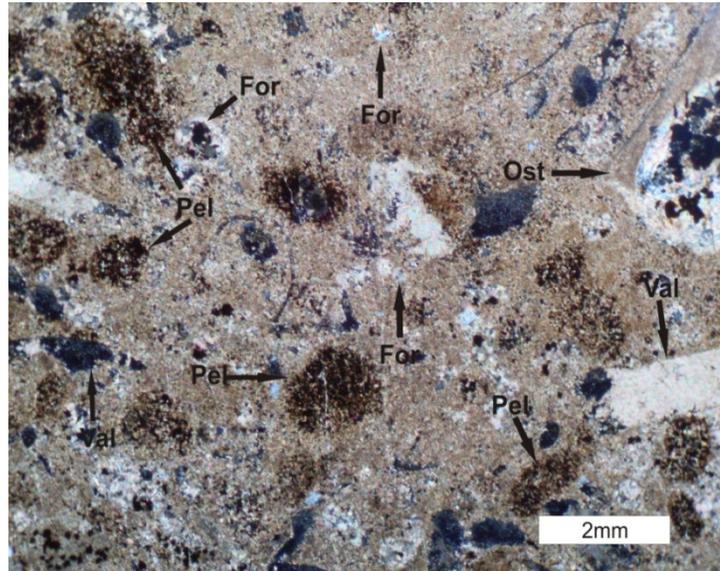


Figura 32. Biopelmicrita esparcida compuesta de valvas recristalizadas (Val), peloides (Pel), y foraminíferos planctónicos (For). NX

8. ANÁLISIS DE MICROFACIES

8.1 FORMACIÓN ROSABLANCA

La Formación Rosablanca presenta 2 litofacies principales (facies de carbonatos y facies mixtas); en el presente trabajo se determinaron 4 microfacies:

8.1.1 Facies de carbonatos

Microfacies 1. Wackestone biomicrítico

Se compone principalmente de placas de equinodermos, crinoideos y valvas inmersos en una matriz de micrita, en sectores recristalizada a esparita y con escasa porosidad por disolución. Los componentes terrígenos incluyen cuarzo subangular de tamaño arena muy fina en muy poca proporción.

Las valvas aparecen desarticuladas, fragmentadas y en su mayoría recristalizadas por esparita, el resto de los bioclastos se encuentran altamente micritizados. (Figura 33)

Esta microfacies es similar al *standard microfacies types* 10 (SMF 10) y un *ramp microfacies types* 7 (RMF 7) desarrollada en una rampa media de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004) (ver figura 3), la cual incluye bioclastos gastados y cubiertos dentro de una matriz de grano fino (micrita) y se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2) (ver modelo de Wilson, figura 8).

Microfacies 2. Wackestone/Packstone intramicrítico

Está conformada por intraclastos que varían en tamaños de 0.3 mm a 1.5 mm compuestos de micrita, biomicrita y fragmentos de cuarzo, además de placas de equinodermos, crinoideos, briozoos, algas, y valvas en una matriz de micrita.

Posee poca porosidad por disolución y vugular. Las valvas se encuentran principalmente fragmentadas y recristalizadas por esparita. (Figura 34).

Esta microfacies es similar al tipo SMF 4 y un tipo RMF 9 desarrollada en una rampa media a exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004) (Figura 9), la cual incluye granos desgastados, pueden consistir en bioclastos derivados localmente e intraclastos previamente cementados; puede incluir cuarzo u otros tipos de fragmentos de carbonato y se asocia a un ambiente depositado en la base del *foreslope* (zona de facies 3) (Figura 8).

Microfacies 3. Packstone Biopelmicrítico

Está constituida por bioclastos tales como placas de equinodermos, peloides de grano fino, valvas e intraclastos en una matriz de micrita, en sectores recristalizada por esparita. Los componentes terrígenos incluyen cuarzo angular tamaño limo.

Los peloides son de formas subredondeadas a redondeadas y aparecen micritizados; las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita.(Figura 35)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 2 y un tipo RMF 4 desarrollada en una rampa exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), que incluye packstones o grainstones con peloides de grano fino, fragmentos de bioclastos y escasos intraclastos. Se asocia a un ambiente de plataforma marina abierta (zona de facies 2) (Figura 8).

8.1.2 Facies mixtas

Microfacies 4. Limolita Calcárea

Se compone principalmente por cuarzo monocristalino y policristalino, angulares a subangulares, moscovita y matriz arcillosa en poco porcentaje.

Contiene placas de equinodermos, algas y pequeñas valvas delgadas las cuales se encuentran recristalizadas por esparita; óxidos de hierro que están reemplazando algunas conchas y fragmentos óseos fosfatizados; esta microfacies se encuentra caracterizada además por bioerosión.

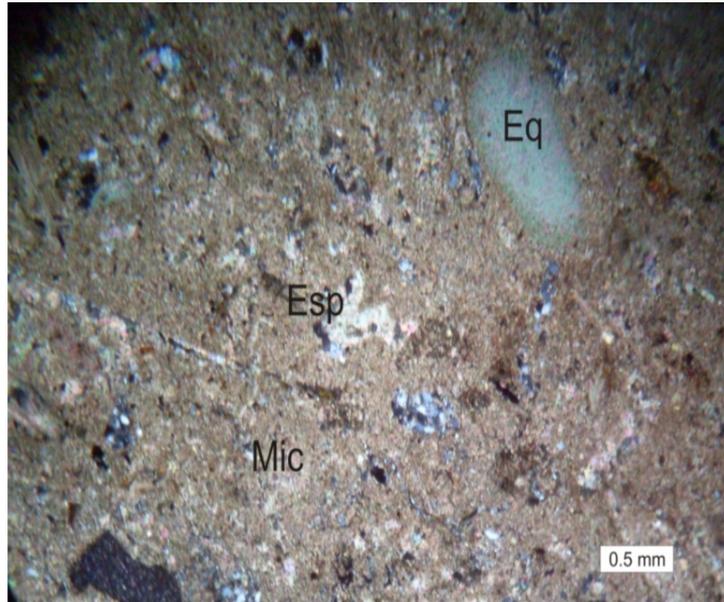


Figura 33. Microfacies 1. Wackestone biomicrítico compuesto principalmente por bioclastos de equinodermos (Eq), micrita (Mic) y esparita (Esp). NX

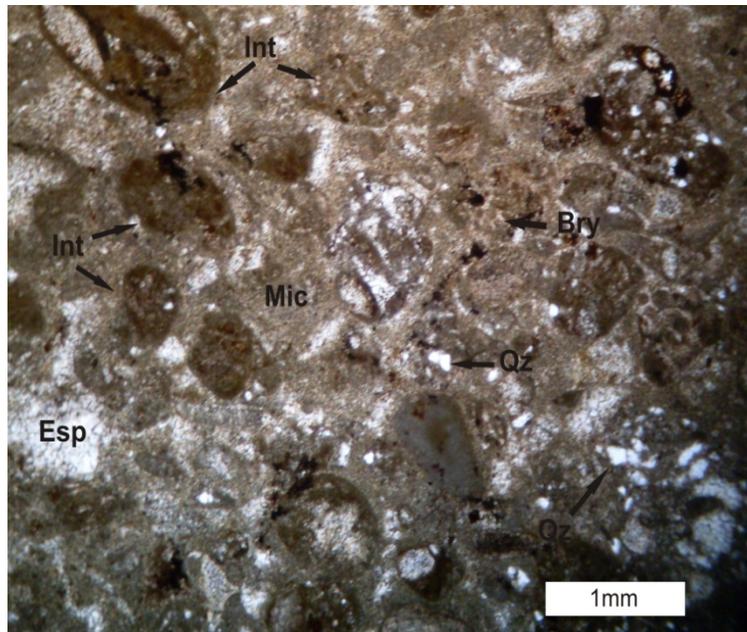


Figura 34. Microfacies 2 Wackestone/Packstone intramicrítico compuesto por una matriz de micrita (Mic), intraclastos (Int), briozoos (Bry), cuarzo (Qz) y esparita (Esp). NII

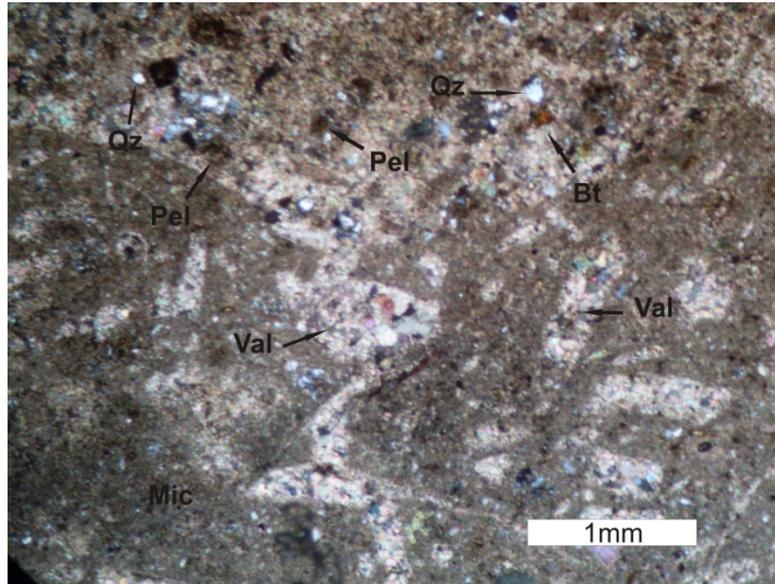


Figura 35. Microfacies 3. Packstone biopelmicrítico con valvas recrystalizadas (Val), peloides (Pel), cuarzo (Qz) y biotita (Bt) en una matriz de micrita (Mic). NX

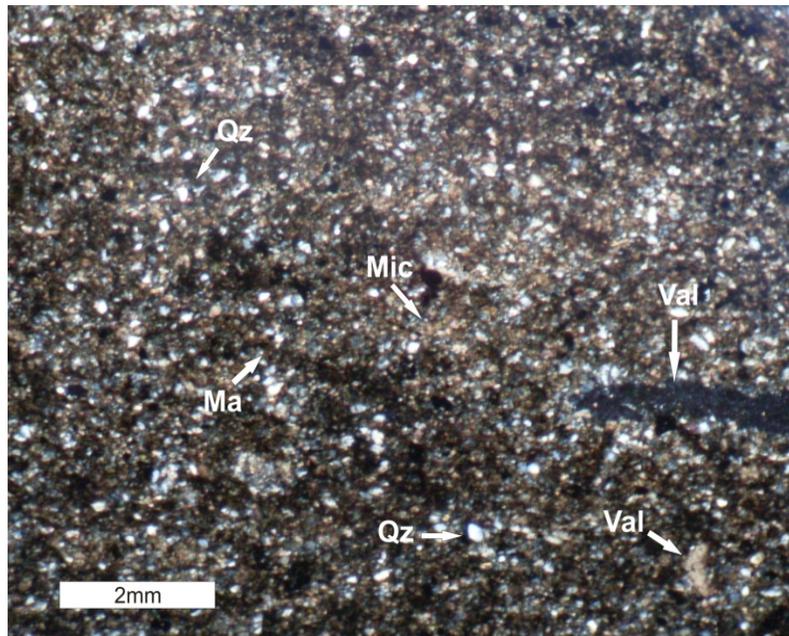


Figura 36. Microfacies 4. Limolita calcárea compuesta principalmente por micrita (Mic) cuarzo (Qz); algunas valvas (Val) y matriz arcillosa (Ma). NX

8.1.3 Interpretación

Los niveles calcáreos de la Formación Rosablanca se desarrollaron en un ambiente de baja energía por debajo del nivel de base de tormentas evidenciado por el tamaño fino de los granos; la fragmentación y distribución de los bioclastos, especialmente las valvas sugieren que han sido transportadas de ambientes de alta energía a ambientes de baja energía; la ausencia de estructuras sedimentarias también sugiere un dominio submareal, producto de la acción del oleaje o mareas. Según Cardozo y Ramírez (1985) corresponde a depósitos de barras de detritos calcáreos en donde la acumulación de micrita se vio favorecida por la ausencia de fuertes y constantes olas aunque con energía suficiente para desarticular y romper las valvas en episodios de aumento en el régimen de flujo de las aguas. (Figuras 37 y 38)

Según Alfonso-Pava (1985) la Formación Rosablanca en el sector de Mesa de Los Santos presenta una facies yesífera asociada a un ambiente de sabkha.

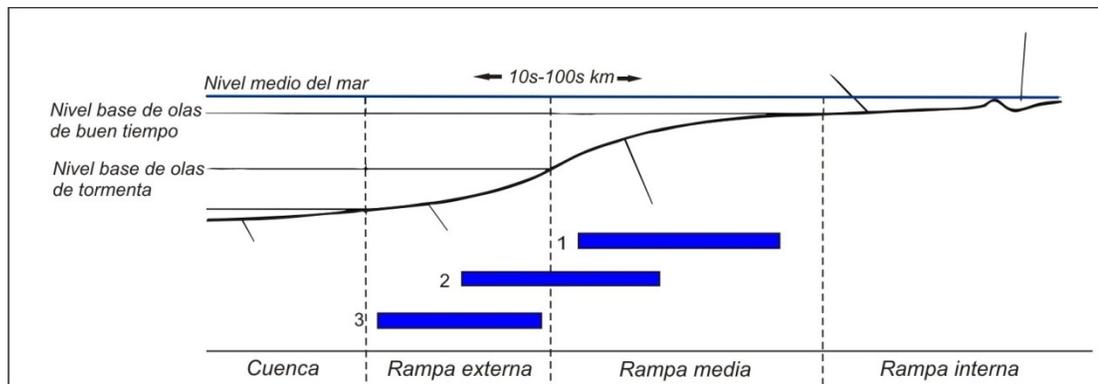


Figura 37. Asociación de Microfácies carbonatadas de la Formación Rosablanca

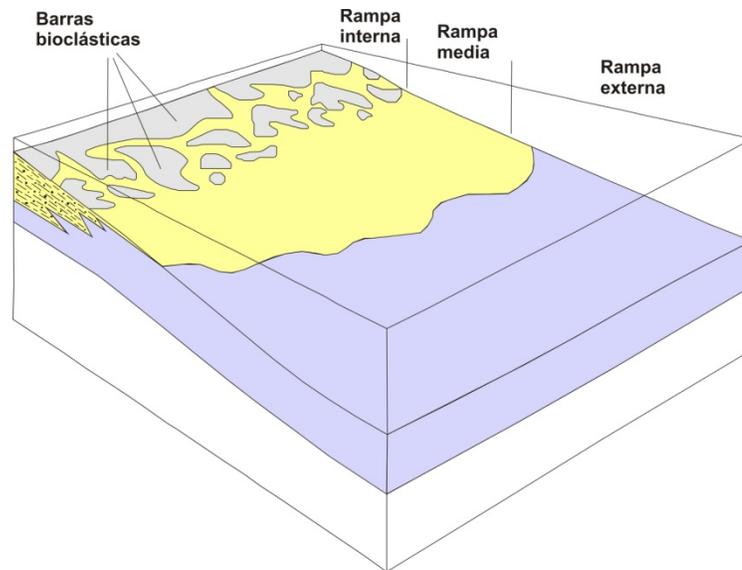


Figura 38. Bloque diagrama ilustrando el posible ambiente de la Formación Rosablanca

8.2 FORMACIÓN RITOQUE

Para la Formación Ritoque se determinaron 4 microfacies:

Microfacies 5. Mudstone

Se compone principalmente de escasos bioclastos tales como bivalvos, placas de equinodermos, valvas, algas y ostrácodos, inmersos en una matriz de micrita. Los componentes terrígenos incluyen cuarzo tamaño limo, subangular a subredondeado y moscovita.

Las valvas aparecen fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita; en algunos sectores se aprecia óxidos de hierro, además de una ausencia de porosidad en la sección delgada. También se observan procesos de microbioerosión por organismos. (Figura 39).

Esta microfacies es similar al tipo SMF 9 y un tipo RMF 2 desarrollada en una rampa media a exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye micrita con bioclastos fragmentados de bivalvos, equinodermos que se

confunden con la bioturbación, con frecuencia los bioclastos están micritizados. Se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2) (Figura 8)

Microfacies 6. Wackestone biomicritico

Se compone principalmente de bioclastos como valvas, placas de equinodermos, crinoideos, algas y ostrácodos inmersos en una matriz de micrita y en sectores recristalizada por esparita, algunos bioclastos alcanzan tamaños mayores a dos milímetros.

Las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita; presenta porosidad vugular y por disolución en poca proporción; también presenta algunos óxidos de hierro y biotita diagenética.

Los componentes terrígenos incluyen cuarzo monocristalino angular a subangular en poca proporción dispersos en la matriz de micrita. (Figura 40).

Esta microfacies es similar al tipo SMF10 y un tipo RMF 7 desarrollada en una rampa media de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye bioclastos gastados y cubiertos dentro de una matriz de grano fino (micrita) y se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2) (Figura 8).

Microfacies 7. Packstone bioesparitico

Se compone principalmente de valvas, placas de equinodermos algas, ostrácodos y en muy poca proporción foraminíferos inmersos en una matriz recristalizada por esparita. Las valvas se encuentran fragmentadas y algunas recristalizadas por esparita.

Presenta poca proporción de material terrígeno que incluye cuarzo monocristalino y subangular, se observan también algunos óxidos de carácter secundario que oscurecen la sección delgada. (Figura 41)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 11 y un tipo RMF 7 desarrollada en una rampa interna a media con circulación marina restringida a abierta de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye bioclastos recubiertos por micrita y con presencia esporádica de peloides; se asocia a un límite de plataforma de retrabajamiento (zona de facies 6) (Figura 8).

Microfacies 8. Floatstone Biomicrítico

Está compuesta por valvas, placas de equinodermos y crinoideos, bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, braquiópodos, peloides y en muy poca proporción intraclastos y material terrígeno, inmersos en una matriz de micrita y en algunas partes recristalizada por esparita en baja proporción.

Los bivalvos están representados por ostras con tamaños mayores a 2 mm y con una microestructura de calcita foliada; los gasterópodos son de formas trocoespirales recristalizados por esparita.

Las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita con tamaños mayores a 2 mm; los peloides están compuestos de micrita, con formas ovaladas y redondeadas de tamaños entre 0,07 mm y 0,2 mm; el material terrígeno está representado por cuarzo subangular a subredondeado de tamaño limo, en poca proporción.

Presenta porosidad vugular, en canal y por disolución en poco porcentaje, además de óxidos de hierro en ciertos sectores, pirita diseminada y biotita diagenética (Figura 42)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 8 y un tipo RMF 28 desarrollada en una rampa interior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye micrita esparcida, pequeños fragmentos esqueléticos y algunas valvas de ostras bien preservadas. Se asocia a un *lagoon* de plataforma con circulación; de ambiente de baja energía por debajo del nivel base de olas (zona de facies 7) (Figura 8).

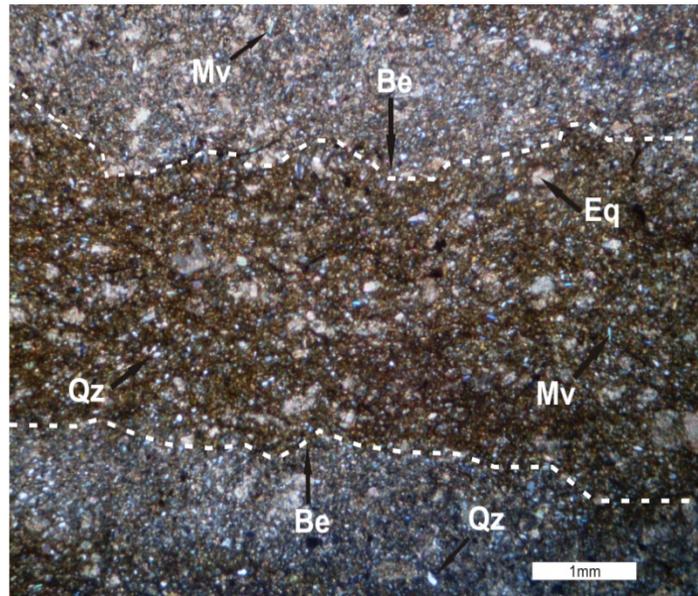


Figura 39. Microfacies 5. Mudstone en el que se observa rasgos de bioerosión (Be), placas de equinodermos (Eq), cuarzo (Qz) y moscovita (Mv). NX

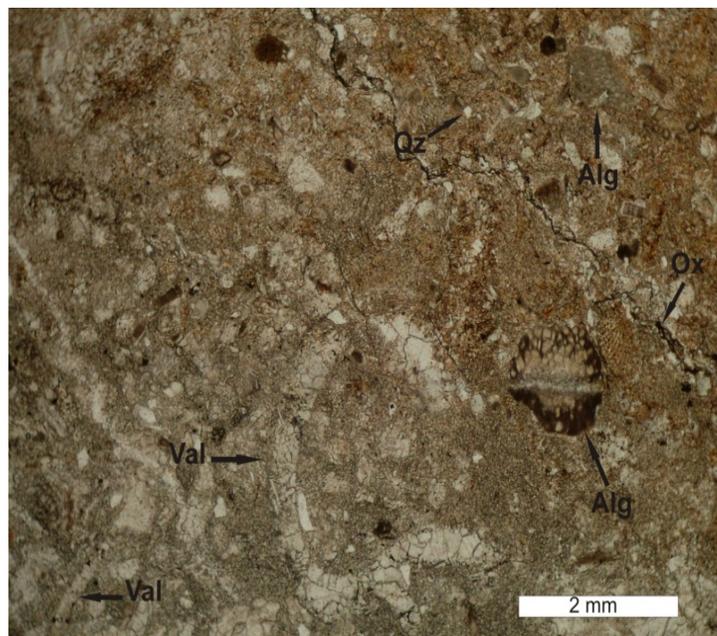


Figura 40. Microfacies 6 Wackestone biocristalino compuesto principalmente por valvas (Val), algas (Alg), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox). NII

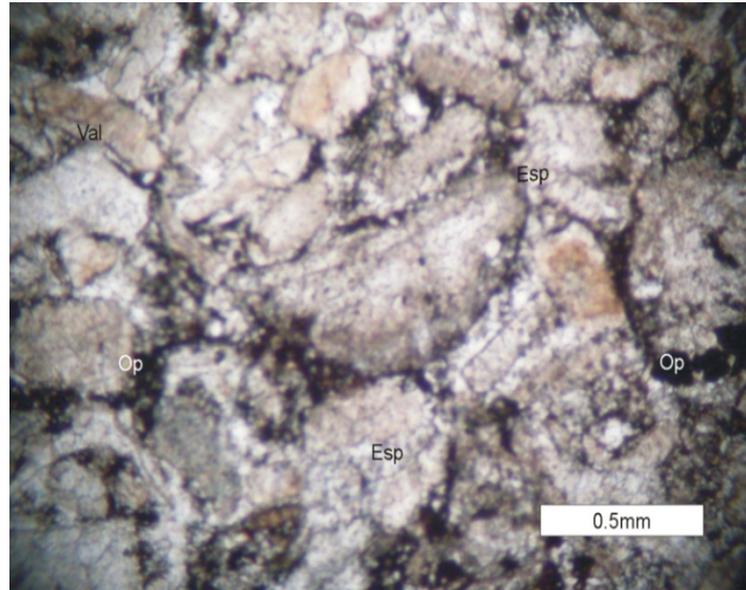


Figura 41. Microfacies 7. Packstone bioesparítico compuesta principalmente por valvas recristalizadas (Val) y minerales opacos (Op). NII

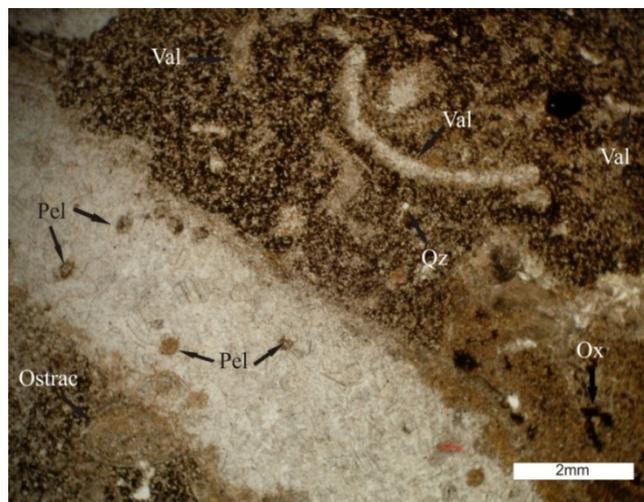


Figura 42 Microfacies 8 Floatstone biomicrítico compuesto por valvas (Val), peloides (Pel), ostrácodos (Ostrac), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox). NII.

8.2.1 Interpretación

Los niveles calcáreos de la Formación Ritoque se desarrollaron en un ambiente de plataforma interior, con circulación moderada y normalmente por encima del nivel base de olas de buen tiempo (*fair-weather wave base*); de poca profundidad y baja energía evidenciado por la presencia de peloides, y conchas de bivalvos bien preservadas (ostreidos); asociado con un ambiente restringido o de *lagoon*, con conexión al mar abierto. (Figura 43)

Ballesteros y Nivia (1985) determinaron 3 tipos de facies principales para esta formación (terrígena, mixta y de carbonatos), concluyendo que hubo una sedimentación desarrollada en una plataforma amplia, somera e irregular con un desarrollo de una albufera (*lagoon*) en el que se depositaron las facies terrígenas y una barrera en la que se depositaron las facies carbonatadas.

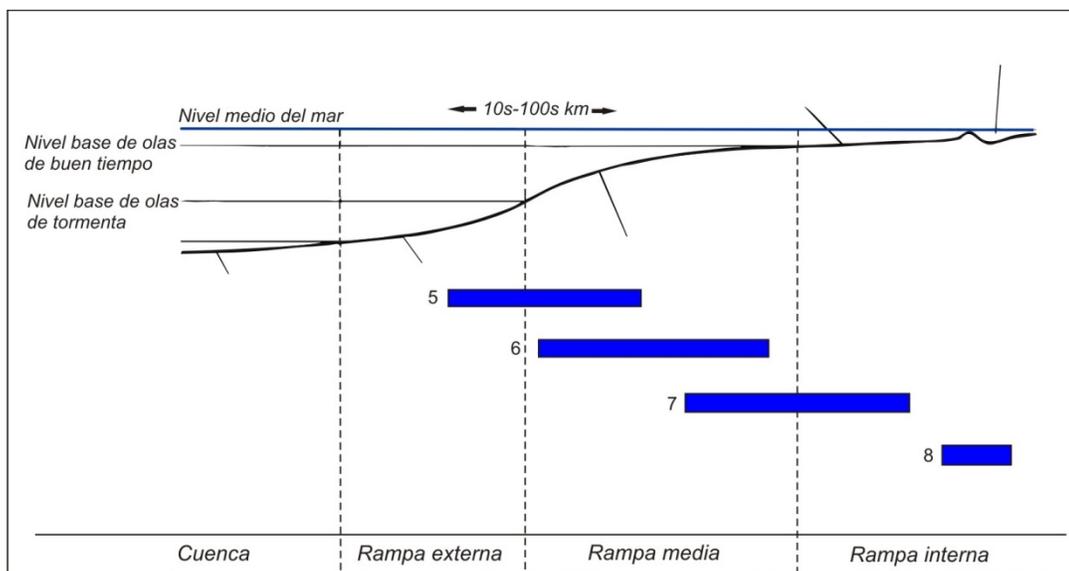


Figura 43. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Ritoque

8.3 FORMACIÓN PAJA

Para la Formación Paja se determinaron 3 microfácies:

Microfacies 9. Wackestone biomicrítico

Se constituye por valvas y placas de equinodermos en una matriz de micrita y en algunas zonas por esparita recristalizada; con poca proporción de intraclastos, material terrígeno y óxidos.

Las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita, los intraclastos son de formas subredondeadas a redondeadas compuestos por biomicrita y algunos se encuentran fosfatizados.(Figura 44)

Esta microfacies es similar al tipo SMF10 y un tipo RMF 7 desarrollada en una rampa media de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye bioclastos gastados y cubiertos dentro de una matriz de grano fino (micrita) y se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2).

Microfacies 10. Packstone con foraminíferos

Se compone principalmente de foraminíferos pelágicos (globigerínidos), valvas, material terrígeno y fragmentos óseos fosfatizados en poca proporción inmersos en una matriz de micrita.

Los foraminíferos se encuentran rellenos por esparita, las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita. El material terrígeno se compone de cuarzo angular a subangular con tamaños de grano entre arena muy fina y limo. (Figura 45)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 3 – For (foraminíferos pelágicos) y un tipo RMF 5 desarrollada en una plataforma profunda abierta de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye abundantes microfósiles pelágicos en una matriz micrítica (zona de facies 2).

Microfacies 11. Floatstone biomicrítico arenoso

Se compone de placas de equinodermos y crinoideos, bivalvos, gasterópodos y material terrígeno, en una matriz de micrita, además de estar cementada por hematita.

Las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y en su mayoría recristalizadas por esparita; los bivalvos están representados por ostras con tamaños mayores a 2 mm, los gasterópodos son de forma trocoespinal también mayores a 2mm. El material terrígeno está representado por cuarzo angular a subangular de tamaño arena fina.

Una característica importante es el alto grado de disolución que presentan las secciones, (porosidad vugular y por disolución) además de estar alterada a hematita en gran proporción producto de la alteración de carbonatos con alto contenido de hierro. (Figura 46)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 8 y un tipo RMF 28 desarrollada en una rampa interior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye micrita esparcida, pequeños fragmentos esqueletales. Se asocia a un *lagoon* de plataforma con circulación; de ambiente de baja energía por debajo del nivel base de olas (zona de facies 7).

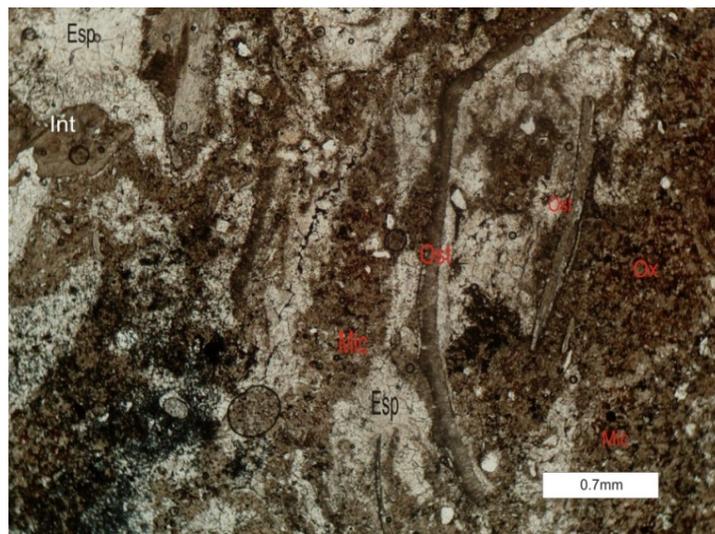


Figura 44. Microfacies 9. Wackestone biomicrítico compuesto por intraclastos (Int), micrita (Mic), esparita (Esp), óxidos (Ox) y bioclastos de ostreídos (Ost). NII

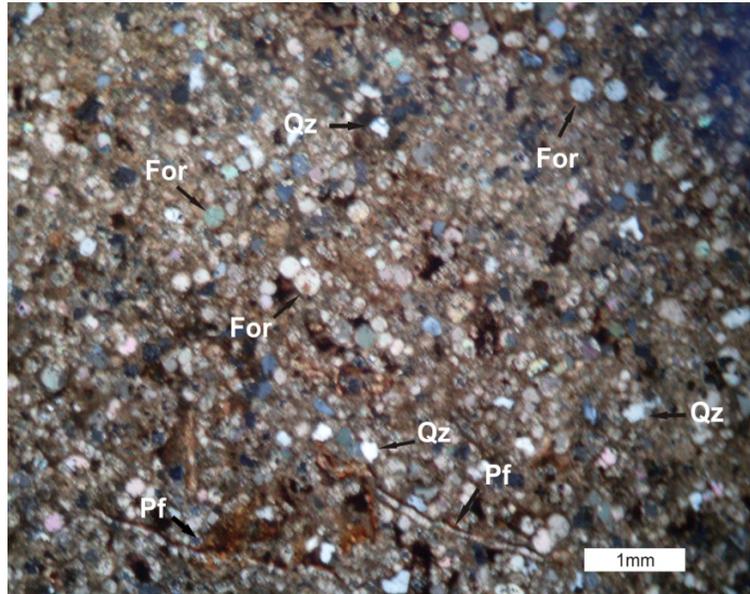


Figura 45. Microfacies 10. Packstone con foraminíferos compuesto de foraminíferos planctónicos (For) globigerínidos, partículas fosfáticas (Pf) y cuarzo (Qz). NX

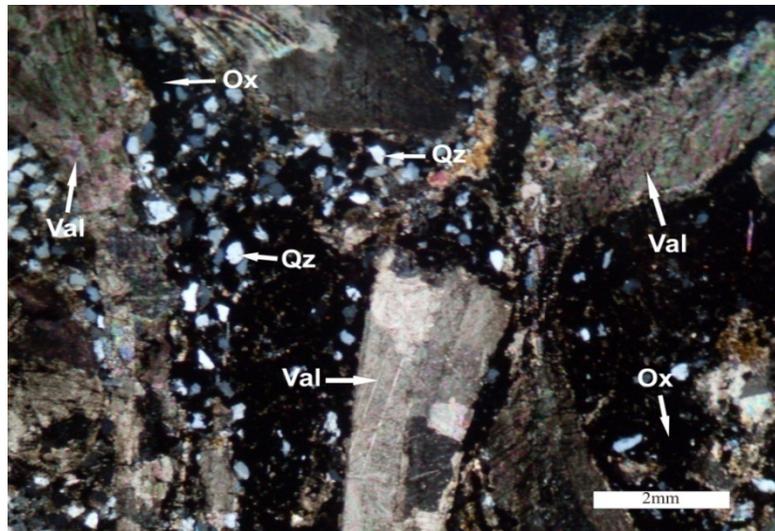


Figura 46 Microfacies 11. Floatstone biocálcico arenoso que contiene valvas recristalizadas (Val), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox) en gran proporción. NX

8.3.1 Interpretación

Etayo-Serna (1968) subdividió informalmente la Formación Paja en 3 conjuntos: Lutitas negras inferiores, arcillolitas de color marrón a gris y arcillolitas abigarradas que contienen nódulos calcáreos fosilíferos y estratos delgados calcáreos de los cuales se tomaron las muestras analizadas en este trabajo, por lo cual esta interpretación ambiental solo se limita a los episodios de depositación de estos niveles.

Los niveles calcáreos de la Formación Paja se desarrollaron en un ambiente de plataforma interior a media. (Figura 47)

Las acumulaciones de fragmentos de diferente fauna, indican que fueron acumulados mecánicamente según Etayo (1968), además sugirió que estas acumulaciones quizá representen canchales de marea. La fragmentación, desarticulación y distribución de las valvas, sugieren que las concentraciones fueron generadas bajo condiciones de flujos turbulentos (Kietzmann et al (2008)).

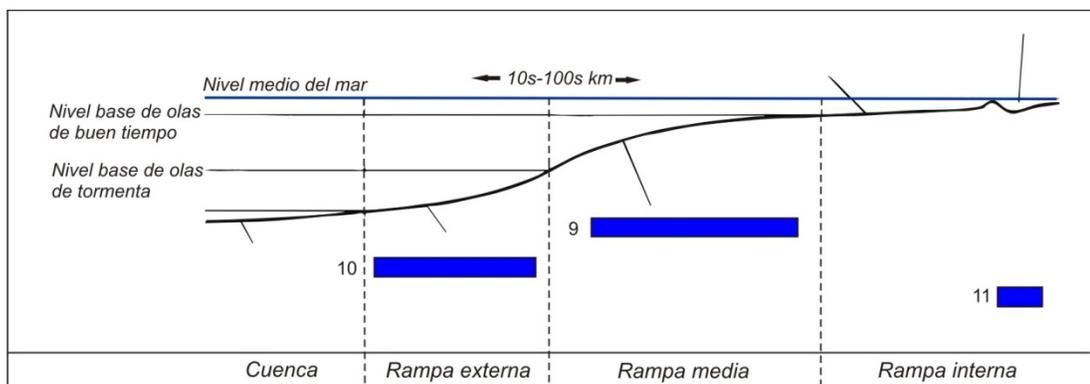


Figura 47. Asociación de Microfácies carbonatadas de la Formación Paja.

8.4 GRUPO SAN GIL

Para el Grupo San Gil se determinaron 2 microfácies:

Microfacies 12. Mudstone

Se compone de braquiópodos, valvas, placas de equinodermos y muy poca proporción de intraclastos y material terrígeno inmersos en una matriz alterada a hematita y en sectores recristalizada por esparita.

Las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita; el material terrígeno está representado por cuarzo angular a subangular de tamaño arena fina, además de presentar porosidad por disolución en poco porcentaje. (Figura 48)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 10 y un tipo RMF 13 desarrollada en una rampa interior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual presenta inversión textural, las partículas dominantes han sido transportadas desde ambientes de alta energía a ambientes de baja energía; se asocia a un ambiente de depósito de plataforma abierta (*lagoon* de plataforma); (zona de facies 7).

Microfacies 13. Wackestone biomicrítico con intraclastos

Está compuesta principalmente por bioclastos como fragmentos de briozoos, placas de equinodermos y crinoideos, valvas, algas y material terrígeno en poca proporción, además de intraclastos en mediana proporción, en una matriz de micrita con algunos sectores recristalizada por esparita.

Los intraclastos están compuestos de biomicrita con tamaños entre arena fina y arena gruesa; las valvas se encuentran desarticuladas, fragmentadas y recristalizadas por esparita, el material terrígeno está compuesto por cuarzo subangular tamaño limo a arena fina en pocas cantidades y poca porosidad de tipo vugular, de canal y de fractura. (Figura 49)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 4 y un tipo RMF 9 desarrollada en una rampa media a exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye granos desgastados, pueden consistir en bioclastos derivados localmente e intraclastos previamente cementados; además puede incluir cuarzo u otros tipos de fragmentos de carbonato y se asocia a un ambiente de depósito en la base del *foreslope* (zona de facies 3).

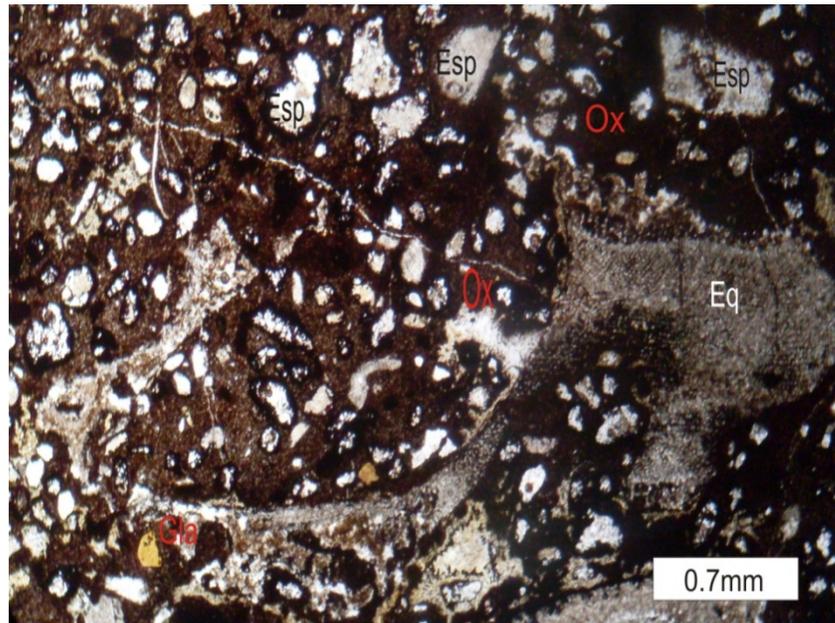


Figura 48. Microfacies 12. Mudstone compuesta por óxidos (Ox), esparita recristalizada (Esp), glauconita (Gla) y equinodermos (Eq). NII.

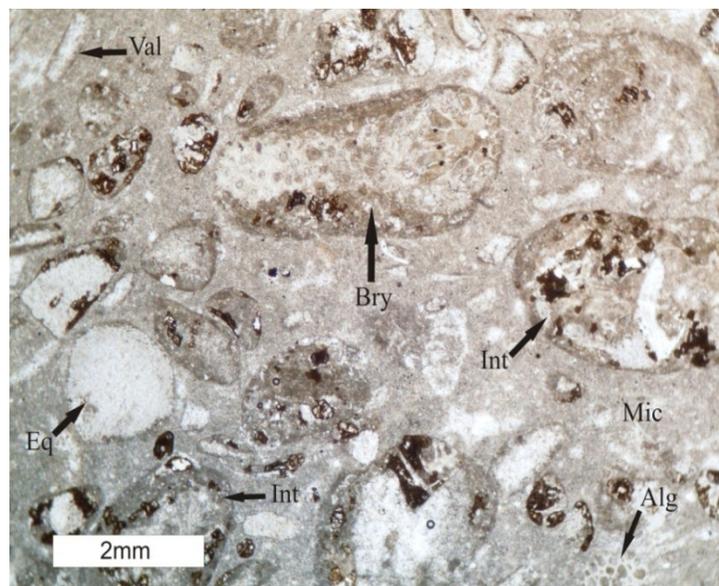


Figura 49. Microfacies 13. Wackestone biomicrocítico con intraclastos compuesto principalmente de intraclastos (Int), briozoos (Bry), placas de equinodermos (Eq), algas (Alg) y valvas (Val). NII

8.4.1 Interpretación

Ya que solo se analizaron 2 secciones delgadas para esta Formación no es posible establecer unas características faciales claras que permitan determinar un ambiente de depósito específico. Etayo-Serna (1968) propone para estos niveles calcáreos una plataforma abierta poco profunda, por debajo de la acción de las olas donde hubo esporádicos sistemas de agitación que favorecieron el sistema del fondo y el desarrollo de vida bentónica con aportes detríticos ocasionales. (Figura 50)

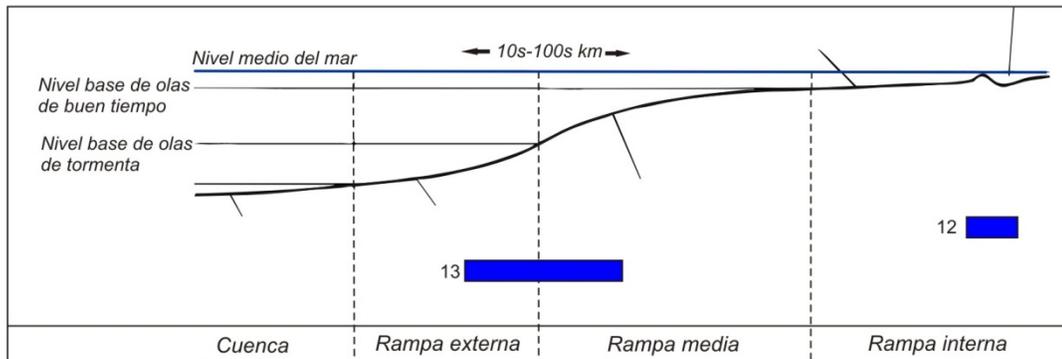


Figura 50. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación San Gil.

8.5 FORMACIÓN CHURUVITA

La Formación Churuvita presenta 2 litofacies principales (facies de carbonatos y facies mixtas); en el presente trabajo se determinaron 4 microfácies:

8.5.1 Facies de carbonatos

Microfacies 14. Packstone biomicrítico con intraclastos

Está compuesta por placas de equinodermos y crinoideos, intraclastos, briozoos, algas, valvas y material terrígeno en poca proporción inmersos en una matriz de micrita.

Los intraclastos son de composición micrítica, subangulares a subredondeados; las valvas se encuentran como fragmentos alargados y desarticulados con tamaños mayores a 1 mm recristalizados por esparita. El material terrígeno está compuesto por cuarzo angular subangular de tamaño limo a arena muy fina. Presenta una porosidad vugular en poco porcentaje, además de óxidos de hierro en algunos sectores. (Figura 51)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 4 y un tipo RMF 9 desarrollada en una rampa media a exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye granos desgastados, pueden consistir en bioclastos derivados localmente e intraclastos previamente cementados; además puede incluir cuarzo u otros tipos de fragmentos de carbonato y se asocia a un ambiente depositado en la base del *foreslope* (zona de facies 3).

Microfacies 15. Floatstone biomicrítico

Se compone de fragmentos de braquiópodos y valvas inmersos en una matriz de micrita.

Las valvas son de tamaños mayores a 2mm; se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita; presenta menores proporciones de óxidos de hierro y una porosidad vugular y por disolución. (Figura 52)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 10 y un tipo RMF 28 desarrollada en una rampa interior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye micrita esparcida y pequeños fragmentos esqueléticos. Se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2).

Microfacies 16. Floatstone biopelmicrítico fosfático

Está compuesto de valvas, abundantes peloides, placas de equinodermos, algas, material terrígeno, fragmentos óseos y escasos intraclastos y foraminíferos inmersos en una matriz micrítica y cementada por carbonatos en algunos sectores.

Los peloides son de tamaños limo a arena muy fina compuestos de micrita, las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas, algunas recristalizadas por esparita, otras han sido reemplazadas por fosfatos y en otras se aprecian procesos de bioerosión. El material terrígeno consiste en cuarzo subangular a subredondeado con tamaños limo a arena media.

Los intraclastos son escasos y algunos han sido fosfatizados; con una porosidad vugular y en caverna en poca proporción.(Figura 53)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 14 la cual representa depósitos de rezago (*lag*) formados en un ambiente con acumulación lenta de material grueso dentro de una zona de retrabajamiento (*winnowing zone*) de acuerdo al modelo propuesto por Wilson (1975)

8.5.2 Facies Mixtas

Microfacies 17. Cuarzoarenita calcárea

Se compone principalmente por cuarzo monocristalino angular a subangular de tamaño arena muy fina a limo.

Contiene placas de equinodermos, bivalvos y braquiópodos inmersos en una matriz micrítica. Los bivalvos están representados por ostras con tamaños mayores a 2mm, los braquiópodos presentan microestructura biestratificada.

En algunas conchas se observa rasgos de bioerosión donde algunas cavidades han sido rellenadas por sedimento fino; además se observan óxidos de hierro dispersos en la sección. (Figura 54)

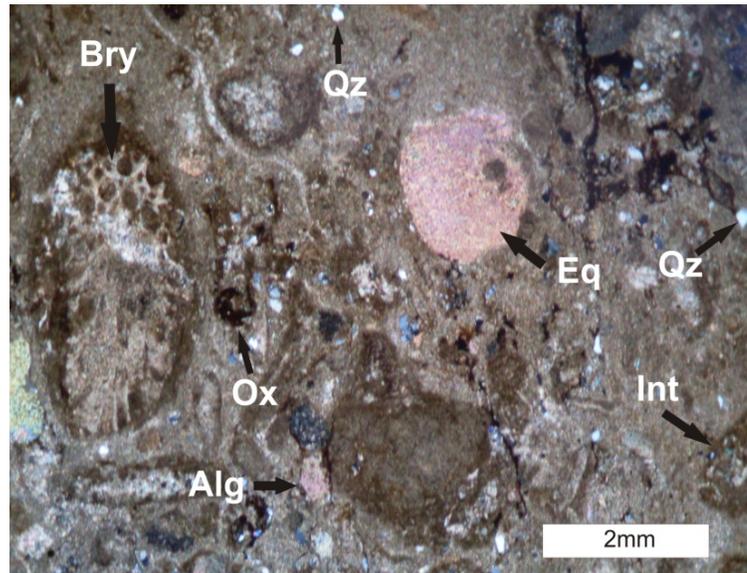


Figura 51 Microfacies 14. Packstone biomicrocítico con intraclastos que contiene intraclastos (Int), briozoos (Bry), placas de equinodermos (Eq), algas (Alg), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox). NX

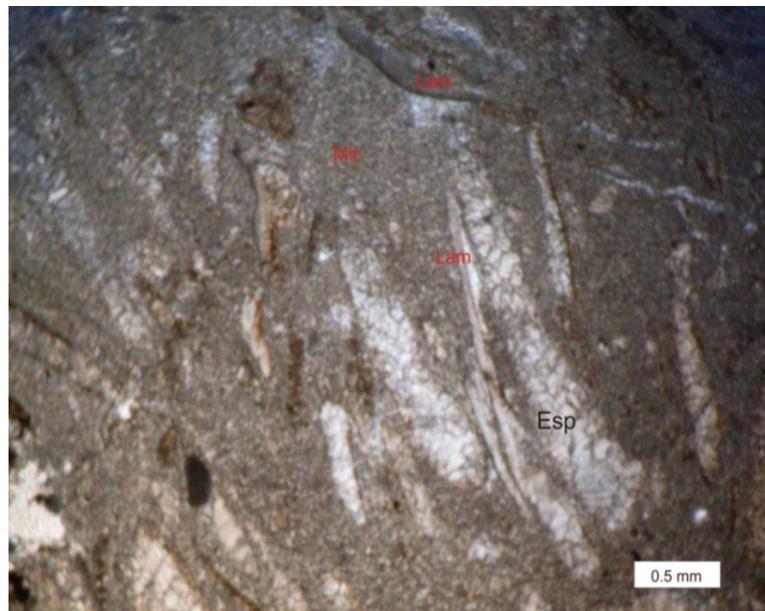


Figura 52. Microfacies 15. Floatstone biomicrocítico compuesta principalmente de micrita (Mic), y bioclastos como lamelibranquios (Lam) algunos recrystalizados por esparita (Esp). NX

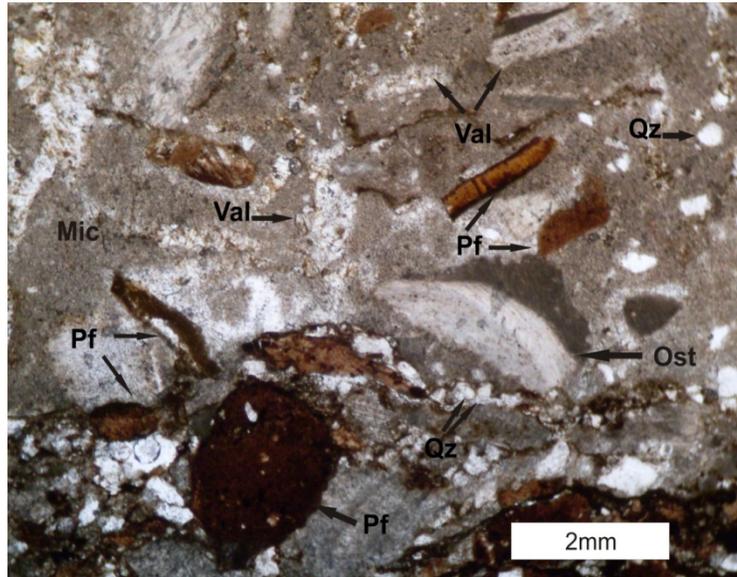


Figura 53 Microfacies 16. Floatstone biopelmicrítico fosfático que contiene ostreídos (Ost), partículas fosfáticas (Pf), valvas (Val), cuarzo (Qz). NII

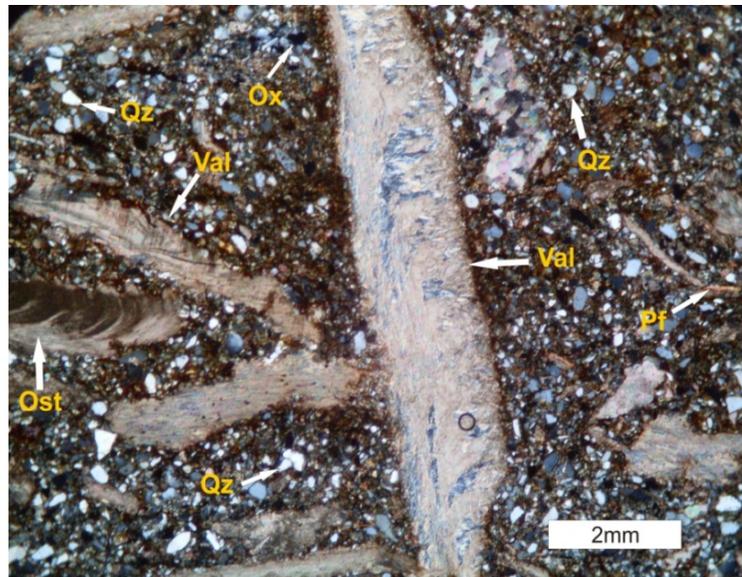


Figura 54 Microfacies 17. Cuarzoarenita calcárea con fragmentos de ostreídos (Ost), partículas fosfáticas (Pf), valvas recristalizadas (Val) y óxidos de hierro (Ox).

NX

8.5.3 Interpretación

Los niveles calcáreos de la Formación Churuvita se formaron en condiciones de alta energía en donde las valvas están desarticuladas y con signos de abrasión, por lo que se infiere que fueron transportadas en suspensión durante las tormentas. La abundante proporción de partículas de equinodermos, bivalvos, peloides y algunos bioclastos fosfatizados, sugieren que las partículas fueron retrabajadas.

El retrabajo posterior a partir de corrientes generadas durante las tormentas permitió el transporte hacia zonas más profundas.

Según Leeder (1999) la presencia de fosfatos ocurre en sitios de presente o pasada surgencia oceánica/plataforma (*upwelling*) y marca períodos de enriquecimientos en fosfatos por la mortalidad en masa de organismos planctónicos ricos en este.(Figura 55)

La Formación Churuvita es coetánea con la Formación Areniscas de Chiquinquirá la cual según Terraza y Tchegliakova (2005) proponen eventos rápidos de sedimentación relacionados con tormentas (capas de tormenta, tormentitas o "storm beds"), acumulados en ambientes costeros (planicies intermareales arenosas o mixtas), y de costa afuera proximal y distal. (Figura 56)

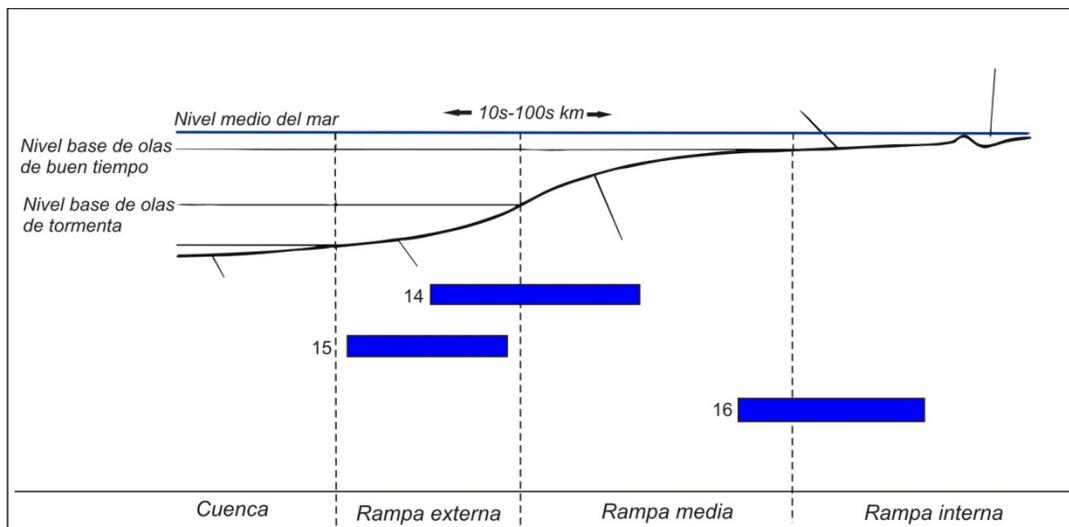


Figura 55. Asociación de Microfácies carbonatadas de la Formación Churuvita

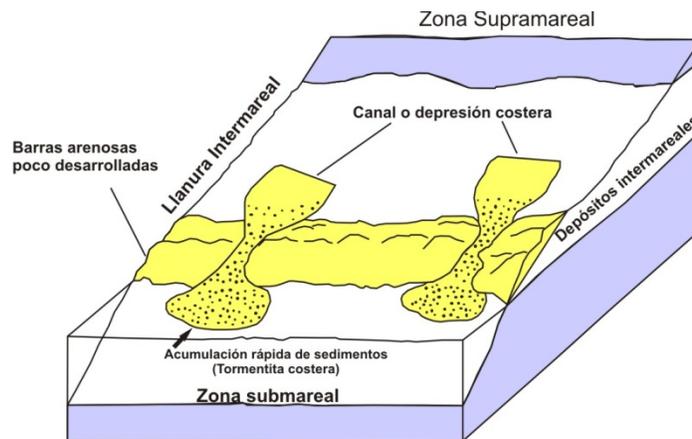


Figura 56. Bloque diagrama del posible ambiente de depósito de la Formación Churuvita.

8.6 FORMACIÓN CONEJO

Para la Formación Conejo se determinaron 4 microfacies:

Microfacies 18. Wackestone Intramicrítico

Está compuesta por intraclastos en gran proporción, placas de equinodermos y crinoideos, bivalvos, valvas, serpúlidos, algas, material terrígeno y óxidos de hierro en pocas proporciones inmersos en una matriz de micrita.

Los intraclastos son de composición micrítica y biomicrítica, con tamaños aproximados a 1mm y de formas subangulares a subredondeados; las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita, los bivalvos están representados por ostreidos y otras formas representadas por conchas enteras. Los serpúlidos se presentan en corte basal y dispersos con tamaños mayores a 2mm en poca proporción.

El material terrígeno está compuesto de cuarzo subangular de tamaño limo y una escasa porosidad en canal y vugular. (Figura 57)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 4 y un tipo RMF 9 desarrollada en una rampa media a exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye granos desgastados, pueden consistir en bioclastos derivados localmente e intraclastos previamente cementados; puede incluir cuarzo u otros tipos de

fragmentos de carbonato y se asocia a un ambiente depositado en la base del *foreslope* (zona de facies 3).

Microfacies 19. Wackestone biopelmicrítico con foraminíferos

Se compone de peloides, foraminíferos planktónicos, bivalvos, valvas y óxidos de hierro inmersos en una matriz micrítica.

Los peloides son de tamaños entre 0.02 y 0.05mm y compuestos por micrita, los foraminíferos corresponden al género *Globigerina* y se encuentran rellenos de esparita.

Los bivalvos están representados por ostreídos con tamaños mayores a 2mm; las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y recristalizadas por esparita. Presenta escasa porosidad vugular.(Figura 58)

Esta facies es similar al tipo SMF 3-For y un tipo RMF 4 desarrollada en una rampa exterior de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), el tipo de fósil pelágico dominante es indicado por letras: SMF 3-For (foraminíferos); está asociado a un ambiente de plataforma profunda (zona de facies 2).

Microfacies 20. Packstone biomicrítico

Está constituido por foraminíferos, braquiópodos y valvas en poca proporción, material terrígeno y óxidos de hierro inmersos en una matriz de micrita.

Los foraminíferos corresponden al género *Globigerina* y se encuentran rellenos de esparita; las valvas se encuentran fragmentadas, desarticuladas y algunas recristalizadas por esparita; los braquiópodos presentan una microestructura biestratificada.

El material terrígeno está constituido por cuarzo angular a subangular de tamaño limo en cantidad considerable, presenta porosidad vugular y en canal en poca proporción y los óxidos de hierro se observan cementados.(Figura 59)

Esta facies es similar al tipo SMF 10 y un tipo RMF 7 desarrollada en una rampa media de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004), la cual incluye bioclastos gastados y cubiertos dentro de una matriz de grano fino (micrita) y se asocia a un ambiente de plataforma de mar abierto (zona de facies 2).

Microfacies 21. Packstone bioesparítico con foraminíferos

Se compone de foraminíferos planctónicos en gran proporción inmersos en una matriz recristalizada por esparita.

Los foraminíferos están representados por globigerínidos rellenos de esparita, óxidos de hierro en mediana proporción y una porosidad vugular en poca proporción. (Figura 60)

Esta microfacies es similar al tipo SMF 11 y un tipo RMF 13 desarrollada en una rampa interna de acuerdo al modelo propuesto por Flügel (2004) asociada a un ambiente de plataforma retrabajada (*winnowed platform*) (zona de facies 6) (Figura 8).

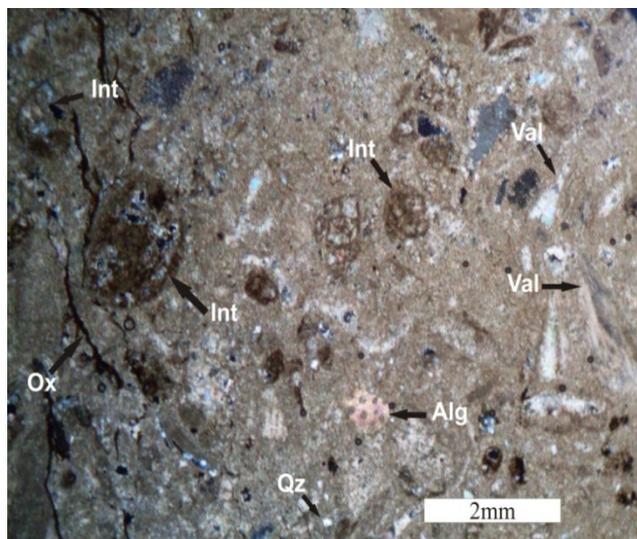


Figura 57. Microfacies 18. Wackestone Intramicrítico compuesto por intraclastos (Int), valvas recristalizadas (Val), algas (Alg), cuarzo (Qz) y óxidos de hierro (Ox).
NX

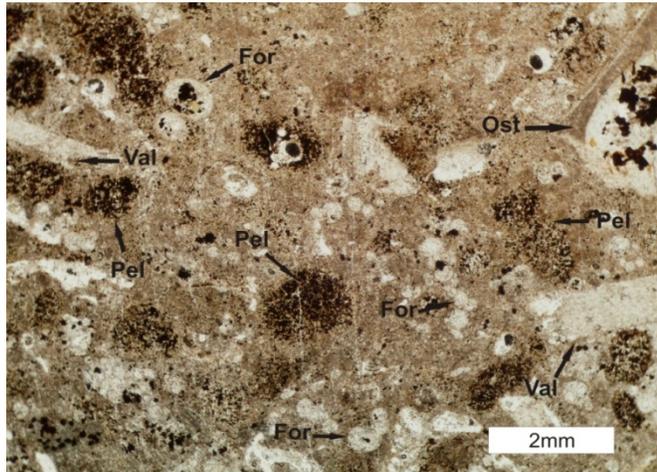


Figura 58. Microfacies 19. Wackestone biopelmicrítico con foraminíferos compuesto principalmente por intraclastos (Int), foraminíferos (For) del género *Globigerina*, ostreídos (Ost) y valvas (Val). NII

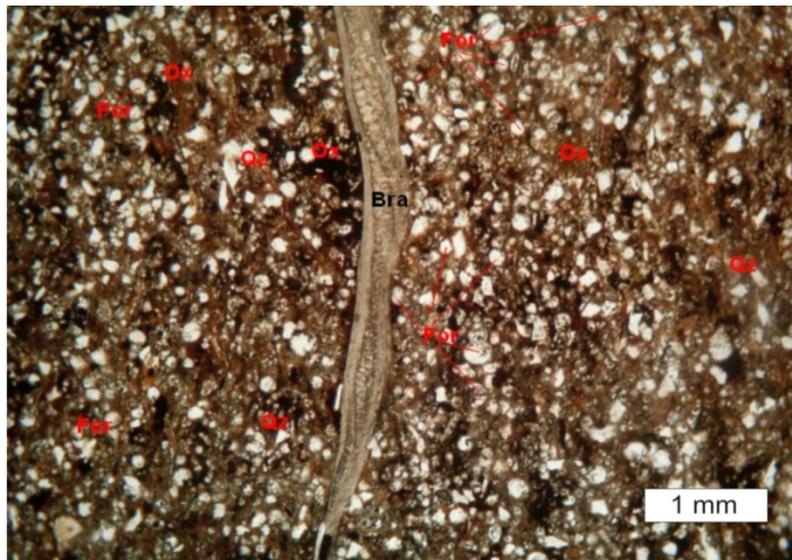


Figura 59. Microfacies 20. Packstone biomicrítico compuesto principalmente de micrita (Mic), óxidos de hierro (Ox), foraminíferos globigerinidos (For) braquiópodos (Bra) y Fragmentos de cuarzo (Qz). NII.

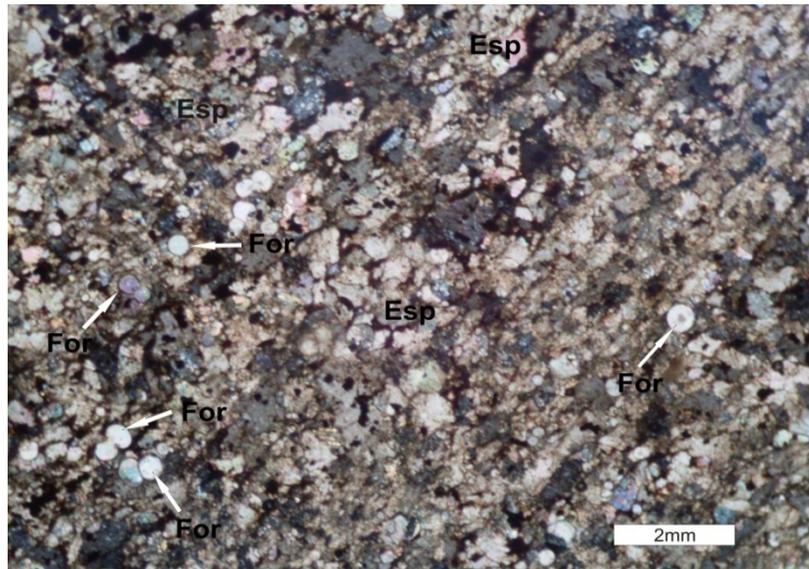


Figura 60. Microfacies 21. Packstone bioesparítico con foraminíferos que contiene foraminíferos (For) globigerínidos en una matriz esparítica (Esp). NX

8.6.1 Interpretación

Los niveles calcáreos de la Formación Conejo se depositaron en un ambiente de plataforma media a exterior con condiciones de relativa agitación, donde los sedimentos fueron transportados en suspensión por debajo del nivel de acción de las olas; en el cual el material detrítico fue aportado por esporádicas corrientes y posteriormente depositado sin retrabajamiento.

El hallazgo de foraminíferos planctónicos del género *Globigerina*, braquiópodos, bivalvos, serpúlidos, equinodermos y algas sugieren unas condiciones en las cuales la vida estaba presente tanto en la columna inferior como en la columna superior de agua.

La Formación Conejo presenta facies lodosas que evidencian condiciones anóxicas y facies carbonatadas con alta actividad biológica las cuales sugieren cambios periódicos en el nivel del mar. (Figura 61)

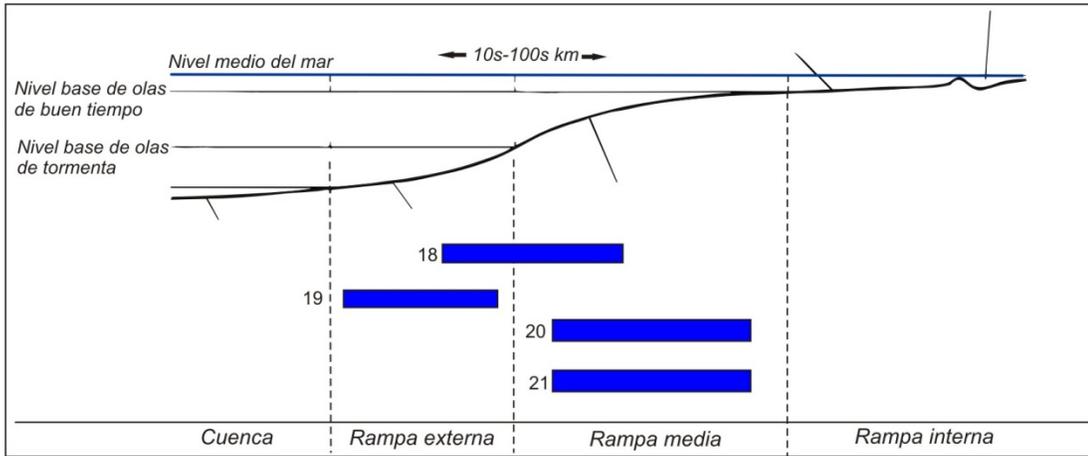


Figura 61. Asociación de Microfacies carbonatadas de la Formación Conejo.

9. ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL GENERAL

La depositación de estos niveles calcáreos fue en un ambiente de plataforma mixta posiblemente amplia y de pendiente muy suave evidenciado tanto en la presencia de carbonatos como de material terrígeno. Los fondos se encontraban bajo el nivel base de olas, aunque ocasionalmente se vieron afectados por el oleaje de tormentas, lo que produjo el lavado de parte del lodo carbonatado (micrita) y la acumulación de bioclastos en pequeños niveles.

El mar tenía carácter oscilatorio notorio evidenciado en la superposición de ambientes de plataforma externa o cercana a ellos sobre ambientes de plataforma interna y viceversa; esta plataforma al parecer fue abierta y de bajo ángulo, pues no se identificaron grandes bancos arrecifales u otros tipos de barreras que restringieran la circulación de agua hacia la línea de costa

Según Ramírez y Ramírez (1994) en estudios realizados sobre el origen de los carbonatos del Cretácico Superior en el Valle Superior del Magdalena sugieren que la diversidad de restos fosilíferos que caracterizan estos niveles calcáreos tanto a nivel de afloramiento como en sección delgada y unida al hecho de que sean texturalmente bioclásticos (biomicritas y bioesparitas), demuestran que los antiguos fondos de depósito del área de estudio se desarrolló una intensa actividad biológica; de acuerdo a lo anterior se interpreta que las variaciones faciales laterales implican ambientes contiguos de depositación contrastantes, unos en donde la actividad biológica fue más intensa y otros donde el aporte de terrígenos fue mayor.

Se inicia la sedimentación para la Formación Arcabuco a través de un ambiente continental a transicional (llanura deltáica), según Galvis y Rubiano (1985). A continuación se depositaron los carbonatos de la Formación Rosablanca en un dominio submareal de baja energía reflejado por la ausencia de estructuras sedimentarias y el tamaño de grano fino. Según Cardozo y Ramírez (1985) se inició en condiciones de suave circulación de las aguas y a una profundidad del mar de unos 200 metros como máximo. Seguida de ésta comenzó la depositación de la Formación Ritoque, la cual se desarrolló en un ambiente de plataforma poco profunda y de baja energía asociada con un subambiente restringido o de *lagoon*, con conexión al mar abierto. Posteriormente se inició la depositación

correspondiente a la Formación Paja en un ambiente de plataforma interna a media. Según Etayo- Serna (1968) la Formación Paja permite concluir épocas intermitentes de menor comunicación con el mar libre mostrando por lo menos evidencias de una regresión marina y posteriormente una transgresión. Luego para el Grupo San Gil, según Etayo-Serna (1968) la sedimentación corresponde a un ambiente poco profundo por debajo de la acción de las olas y con condiciones reductoras (facies de lutitas) que cesaron intermitentemente para dar cabida a la vida bentónica. Para la Formación Churuvita la depositación ocurrió tanto en ambientes poco profundos como en ambientes profundos con un régimen marino oscilatorio de transgresiones y regresiones y por último la Formación Conejo que fue depositada en un ambiente de plataforma media a exterior donde hubo pequeñas y periódicas variaciones en el nivel del mar, evidenciado en las condiciones anóxicas (facies lutíticas y de calizas lodosas) en donde la actividad biológica fue baja, variando a condiciones relativamente oxigenadas (facies lodolita arenosa calcárea) según Barbosa y López (2009). (Figura 62)

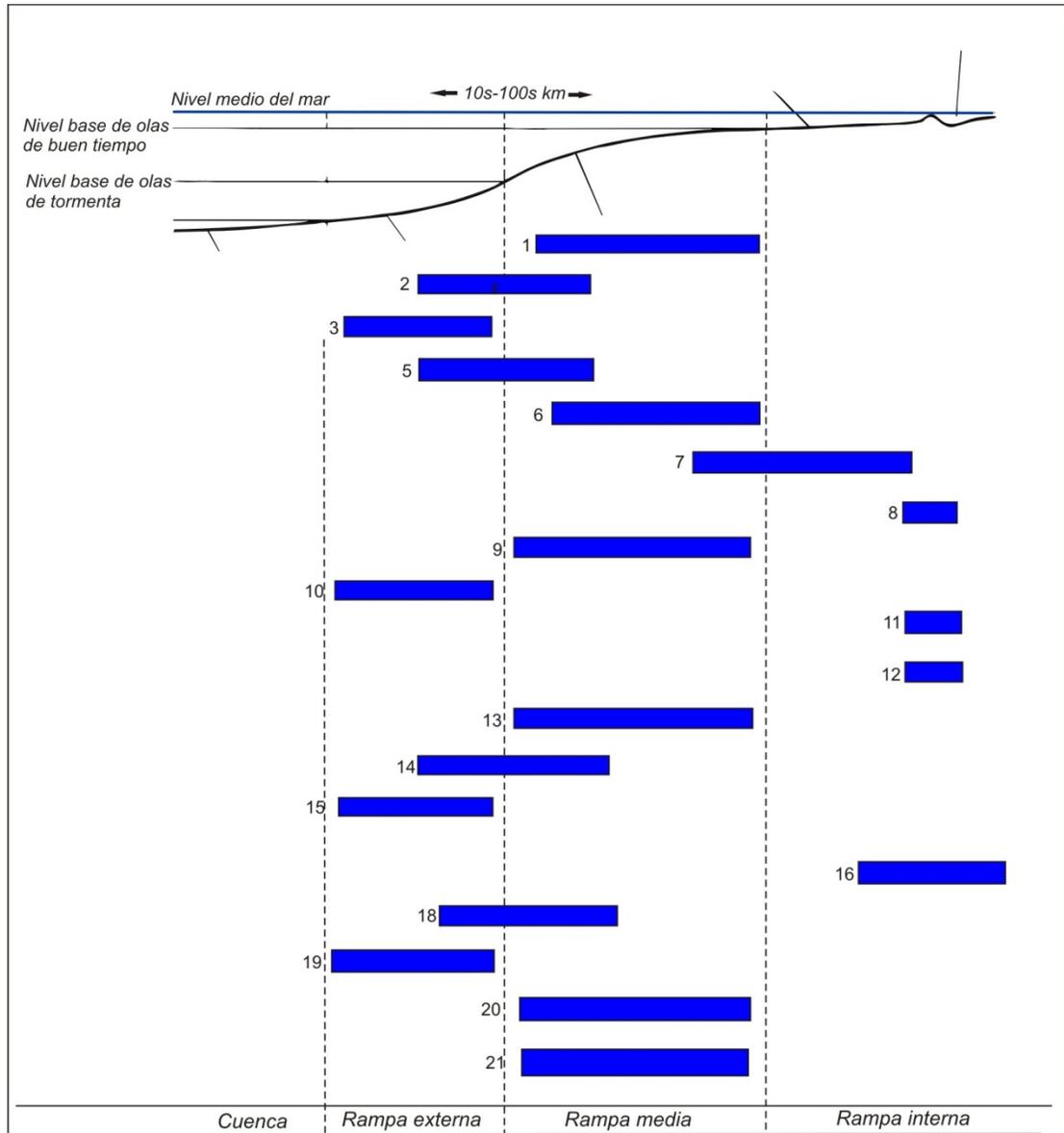


Figura 62. Asociación general de las Microfacies carbonatadas.

10. CONCLUSIONES

En general las muestras analizadas corresponden a biomicritas, biomicruditas, intramicritas y en menor proporción micritas fosilíferas, biopelmicritas, bioesparitas y arenitas calcáreas.

Las microfacies establecidas para cada formación y su posterior correlación con el modelo propuesto por Flügel (2004) sugieren que en el sector de Villa de Leyva se desarrolló un ambiente de rampa homoclinal de carbonatos.

Las características petrográficas y microfaciales de los niveles carbonatados de las Formaciones Rosablanca, Ritoque, Paja, San Gil, Churuvita y Conejo permiten definir una plataforma carbonatada a mixta tipo rampa en un medio marino abierto con variaciones en el nivel del mar reflejada en la presencia de otras facies como arenitas, shales, lodolitas, lodolitas silíceas.

Los carbonatos de la Formación Rosablanca corresponden principalmente a microfacies Wackestone biomicrítico, Wackestone/ Packstone intramicrítico, Packstone biopelmicrítico y en menor proporción microfacies Limolita calcárea, que se depositaron en una rampa media a exterior.

Los carbonatos de la Formación Ritoque corresponden a microfacies Mudstone, Wackestone/Floatstone biomicrítico y Packstone Bioesparítico, depositados en un ambiente de rampa interna (lagoon) a rampa media.

Los carbonatos de la Formación Paja corresponden a microfacies Wackestone/Floatstone biomicrítico y Packstone con foraminíferos, que comprenden ambientes de lagoon (rampa interna) hasta ambientes de rampa externa.

Los carbonatos de la Formación Churuvita corresponden principalmente a microfacies Packstone biomicrítico con intraclastos, Floatstone biomicrítico, Floatstone biopelmicrítico fosfático y en menor proporción microfacies Cuarzoarenita calcárea, que se depositaron en un ambiente de rampa media a exterior.

Los carbonatos de la Formación Conejo corresponden a microfacies Wackestone intramicrítico y biopelmicrítico con foraminíferos y Packstone biomicrítico y biosparítico con foraminíferos que se depositaron en un ambiente de rampa media a exterior.

El contenido de fosfatos en algunas muestras de la Formación Churuvita indica períodos en los cuales se produjo la muerte de organismos ricos en este componente, lo cual produce un enriquecimiento en el agua que posteriormente reemplaza fases carbonatadas previas, asociado a corrientes de surgencia oceánica/plataforma (*upwelling*).

11. RECOMENDACIONES

Ya que para el Grupo San Gil solo se analizaron 2 secciones delgadas se recomienda elaborar un mayor número de estas con el fin de realizar un análisis microfacial más detallado y establecer un ambiente de depósito más claro.

Realizar un análisis de los procesos de diagénesis que han afectado las formaciones estudiadas para así establecer los ambientes diagenéticos que han operado en términos generales.

Realizar un estudio bioestratigráfico de los foraminíferos encontrados en la Formación Conejo con los cuales se podrían definir las características de salinidad, oxigenación y profundidades de la cuenca para dicha formación.

12. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, J. and C. E. M. Ulloa (2002). Mapa geológico del Departamento de Cundinamarca. Memoria explicativa. Bogotá, Ingeominas: 112.
- Adams, A., W. Mackenzie, et al. (1997). Atlas de Rocas Sedimentarias. Barcelona.
- Alfonso, C. (1985). Los episodios evaporíticos de la Formación Rosablanca. Proyecto Cretácico. Bogotá, Publicaciones Geológicas especiales del Ingeominas.
- Ballesteros, C. I. T. and A. J. G. Nivia (1985). La Formación Ritoque: Registro sedimentario de una albufera de comienzos del Cretácico. Proyecto Cretácico. F. Etayo-Serna and F. M. Laverde. Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas: XIV1-XIV17.
- Barbosa, A. y. L., P. (2009). Análisis facial de las secuencias del Cretácico Superior correspondientes a las formaciones San Rafael, Conejo y Plaeners aflorantes en sectores aledaños a Villa de Leiva (Departamento de Boyacá, Colombia). Programa de Geología. Manizales, Universidad de Caldas.
- Boggs, S. (1992). Petrology of Sedimentary Rocks. Ohio, Merrill.
- Bürgl, H. (1954). "El Cretácico Inferior en los alrededores de Villa de Leiva (Boyacá)." Boletín Geológico 1(1): 5-22.
- Cardozo, E. P. and C. Q. Ramírez (1985). Ambientes de depósito de la Formación Rosablanca: Area de Villa de Leiva. Proyecto Cretácico. F. Etayo-Serna and F. Laverde. Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas: XIII1-XIII13.
- Corrales Zarauza, I., J. Rosell Sanuy, et al. (1977). Estratigrafía. Madrid, Editorial Rueda.
- Etayo-Serna, F. (1964). "Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos." Boletín de Geología UIS 16-17: 1-142.
- Etayo-Serna, F. (1968). "Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas." Boletín de Geología UIS 21: 19-32.

Etayo-Serna, F. (1979). "Zonation of the Cretaceous of central Colombia by ammonites." Publicaciones Especiales del Ingeominas **2**: 1-186.

Etayo-Serna, F., D. Barrero, et al. (1986). Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Bogotá.

Flügel, E. (2004). Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application, Springer.

Forero, H. O. and L. R. Sarmiento (1985). La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leiva. Proyecto Cretácico. F. Etayo-Serna and F. Laverde. Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas. **16**: XVII1-XVII16.

Galvis, N. and J. Rubiano (1985). Redefinición estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis facial. Proyecto Cretácico, Publicaciones Geológicas especiales del Ingeominas. **N. 16**: p. 1-16.

Hubach, E. (1931). Contribuciones a las unidades estratigráficas de Colombia. Compilación de estudios Geológicos oficiales en Colombia. Informe 1212. Bogotá, Instituto Geológico Nacional. **16**.

Hubach, E. (1953). Condiciones geológicas de las variantes de carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba. Bogotá, Servicio Geológico Nacional

Julivert, M. (1958). Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá. Boletín de Geología. Bucaramanga. **N.2**: 33-47.

Julivert, M. (1968). Lexique stratigraphique, Amérique Latine. Colombie (première partie), Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque, et intrusions d'âge mésozoïque-tertiaire. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.

Kietzmann, D., R. Palma, et al. (2008). Facies y microfacies de la rampa Tithoninana-Berriasiana de la cuenca Neuquina (Formación Vaca Muerta) en la sección del arroyo Loncoche-Malargüe, provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina. **63**: 696-713.

Leeder, M. (1999). Sedimentology and Sedimentary Basins: From Turbulence to Tectonics, Blackwell Publishing.

Montoya, D. and G. Reyes (2005). Geología de la Sabana de Bogotá. Informe Técnico del Ingeominas. Bogotá.

Morales, L. G. (1958). General geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. En Habitat of oil. A.A.P.G. Oklahoma, Colombian Petroleum Industry. **Symposium**: p 643-648.

Patarroyo, P. and M. Moreno (1997). "Nuevas condiciones en torno al Cabeceo del Anticlinal de Arcabuco, en cercanías de Villa de Leyva-Boyacá." Geología Colombiana **N. 22**: p. 27-34.

Perez, G. and A. Salazar (1978). "Estratigrafía y Facies del Grupo Guadalupe." Geología Colombiana **N. 10**: p. 7-113.

Ramirez, N. and H. Ramirez (1994). Estratigrafía y origen de los carbonatos del Cretácico Superior en el Valle Superior del Magdalena, Huila (Colombia). Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena. **Capítulo V**: p. 1-15.

Reading, H. G. (1996). Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy, Blackwell Science.

Renzoni, G. (1981). "Geología del cuadrángulo J-12 Tunja. Informe 1546." Boletín Geológico Ingeominas **24(2)**: 33-48.

Scheibe, E. A. (1938). Estudios geológicos y paleontológicos sobre la cordillera oriental de Colombia. Bogotá, Min. Ind y Trab. **Parte I**.

Scholle, P. and D. Ulmer-Scholle (2003). A Color Guide to the petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. Tulsa, The American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir 77.

Terraza, R. and N. Tchegliakova (2005). "Registro de Tormentitas en la Formación Areniscas de Chiquinquirá, región central de la Cordillera Oriental, Colombia." Geología Colombiana **30**: 41-48.

Toussaint, J. F. (1996). Evolución geológica de Colombia durante el Cretácico. Medellín, Universidad Nacional de Colombia: 277.

Tucker, M. E. and V. P. Wright (1990). Carbonate sedimentology. Oxford, Blackwell Science.

Wheeler (1929). Mapa geológico del departamento de Boyacá memoria explicativa. Ingeominas.

ANEXO A. PETROGRAFÍA FORMACIÓN ROSABLANCA

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS										CLASIFICACIÓN						
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS								INTRA-CLASTOS	PELOIDES	QZO	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	Sensu Espinel y Hurtado	
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	BIV	OSTR									
BL006-6	•	§	§	⌘								§		§	micrita fosilifera	micrita fosilifera	Wackestone		
BL006-7	•		<	<	§	§						*		§	intramicrita	intramicrita empaquetada	Packstone		
BL009-2	•	§	⌘	*								§	*	§	bioplemicrita	biopelmicrita empaquetada	Packstone		
BL006-1	•	§	§	⌘					§			o	§	§	intramicrita	intramicrita empaquetada	Packstone		
BL006-8	o	§	§	§			§	§				o	§	§	intramicrita	intramicrita empaquetada	Packstone		
BL009-7	•	⌘	§	§			§				§	o		§	intramicrita	intramicrita empaquetada	Packstone		
BL006-2	⌘		§	§			§							•				Arenita calcárea	Limolita calcárea

•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente < -- escaso ⌘-- raro § muy raro

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro

ANEXO B. PETROGRAFÍA FORMACIÓN RITOQUE

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS										CLASIFICACIÓN						
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS									INTRA-CLASTOS	PELOIDES	QZO	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	ESPINEL Y HURTADO (2010)
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	BRA	BIV	OSTR								
BL002-7	•	§	§	§			§	§			§	§			micrita fosilífera	micrita fosilífera	mudstone	caliza arenosa	micrita fosilífera arenosa
BL005-2	•	§	§	§			§	§			§	§			micrita fosilífera	micrita fosilífera	mudstone		
BL002-5	•	§	⌘	*	§		§				§			§	biomicrita	biomicrita esparcida	wackestone		
BL002-3	•	§	⌘	⌘	§		§		§		§	§	§		Biomicrudita	biomicrudita esparcida	floatstone		
BL003-4	•	§		⌘					§	§				⌘	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	floatstone		
BL003-6	•	§	§	⌘	§	§					§	§		§	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	floatstone		
BL002-8	o	<	§	§	§						§	§		§	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	floatstone		
BL002-8.1	o	<	§	§	§						§	§		§	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	floatstone		
BL002-4	•	<	<	⌘			§				§	§	§	§	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	wackestone		
BL003-9	§	o	⌘	<			§	§	§		§		§	§	Bioesparita	bioesparita seleccionada	Packstone		

•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente <-- escaso ⌘-- raro § muy raro

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro

ANEXO C. PETROGRAFÍA FORMACIÓN PAJA

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS								CLASIFICACIÓN							
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS							INTRA-CLASTOS	PELOIDES	QZO	ÓXIDOS	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	Sensu Espinel y Hurtado
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	BIV									
BL004-6	•	<	§	§								∅		biomicrita	biomicrita esparcida	Wackestone		
KCV 179	o			§				•				§		Biomicrita	Biomicrita empaquetada	Packstone		
KCV 157	<	§	∅	§	§				§			*	o	Biomicrudita	Biomicrudita esparcida	Floatstone	Caliza arenosa	Biomicrudita esparcida arenosa
BL 004-8.1	o	∅	∅	§				§		o	§	§	∅	Biomicrudita	biomicrudita esparcida	Floatstone	caliza arenosa	biomicrudita esparcida arenosa
KCV 172	*											§		Biomicrudita	Biomicrudita empaquetada	Floatstone		

•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente < -- escaso ∅-- raro § muy raro

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro

ANEXO D. PETROGRAFÍA GRUPO SAN GIL

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS										CLASIFICACIÓN								
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS										INTRACLASTOS	PELOIDES	QZO	ÓXIDOS	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	ESPINEL Y HURTADO 2010
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	BRA	BIV	OSTR										
KCV 184	§	⌘	§	§							§			§	•	micrita fosilífera	micrita fosilífera	mudstone			
BL 000	•	⌘	§	⌘		⌘	§					*		§		Intramicrita	Intramicrita esparcida	Wackestone			
•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente < -- escaso ⌘-- raro § muy raro																					

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro

ANEXO E. PETROGRAFÍA FORMACIÓN CHURUVITA

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS										CLASIFICACIÓN									
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS										INTRACLASTOS	PELOIDES	QZO	ÓXIDOS	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	Sensu Espinel y Hurtado	
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	SERP	BRA	BIV	OSTR										
CJ 2.5	•		⌘	§			⌘							<		⌘	§	Biomicrocrista	Biomicrocrista empaquetada	Packstone		
CJ 2.8	•	§		*					§		§	§		§			§	biomicrocrista	biomicrocrista esparcida	floatstone		
CJ 2.5-1	•		§	*			§	§						§	<	<		Biomicrocrista	biomicrocrista esparcida	Floatstone	Caliza arenosa	Biomicrocrista fosfática arenosa
CJ 3.6	*	§		<							⌘					•	§	Cuarzoarenita (Folk, 1974)	Cuarzoarenita (Folk, 1974)		Arenita calcárea	Cuarzoarenita calcárea
CJ 3.1	⌘			<								⌘				•					Arenita calcárea	Cuarzoarenita calcárea

•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente < -- escaso ⌘-- raro § muy raro

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro

ANEXO F. PETROGRAFÍA FORMACIÓN CONEJO

MUESTRA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS										CLASIFICACIÓN								
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS										INTRACLASTOS	PELOIDES	QZO	ÓXIDOS	FOLK COMPOSICIONAL (1972)	FOLK TEXTURAL (1962)	EMBRY Y KLOVAN (1972)	VATAN (1967)	sensu ESPINEL Y HURTADO 2010
			EQUI	VAL	GAST	BRIO	ALG	FOR	SERP	BRA	BIV	OSTR									
AP 17H	o	<		§				•							§		Biomicrocrista	Biomicrocrista empaquetada	Packstone		
AP 17'	•			¤				<			¤					¤	Biomicrocrista	Biomicrocrista esparcida	wackestone		
KCV 135-1	•	§	<	§			§		¤				o		§		intramicrita	intramicrita esparcida	wackestone		
KCV135-2	•	§	<	§			§		¤		§		*		§		Intramicrita	Intramicrita esparcida	Wackestone		
AP 18	•			§				o	§		¤			o	§		Biopelmicrocrista	Biopelmicrocrista esparcida	Wackestone		
AP 18D		•						o									Bioesparita	Bioesparita no seleccionada	Packstone		
KCV 189	•	§		§				o		§				§		o	biomicrocrista	biomicrocrista esparcida	packstone	caliza arenosa	biomicrocrista esparcida arenosa

•-- muy abundante o-- abundante *-- frecuente <-- escaso ¤-- raro § muy raro

> 50% muy abundante
50 - 25% abundante
24 -16% frecuente
15 - 11 % escaso
10 - 6% raro
5-1% muy raro