

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y SEDIMENTOLOGÍA DE LAS FACIES TURBIDÍTICAS DEL FLYSCH EOCENO DE LA ISLA DE MARGARITA, EDO. NUEVA ESPARTA, VENEZUELA**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la ilustre  
**Universidad Central de Venezuela**  
Por los Bachilleres:  
Campos S., Corina y  
Guzmán G., Oswaldo  
Para optar al título de  
Ingeniero Geólogo

CARACAS, JUNIO DE 2002.

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# **ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y SEDIMENTOLOGÍA DE LAS FACIES TURBIDÍTICAS DEL FLYSCH EOCENO DE LA ISLA DE MARGARITA, EDO. NUEVA ESPARTA, VENEZUELA**

Tutor Académico: Ing. Geólogo Víctor Padrón  
Tutor Industrial: Dra. Celia Bejarano

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la ilustre  
**Universidad Central de Venezuela**  
Por los Bachilleres:  
Campos S., Corina y  
Guzmán G., Oswaldo  
Para optar al título de  
Ingeniero Geólogo

CARACAS, JUNIO DE 2002.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, fuente eterna de sabiduría y comprensión.

A nuestros hermanos, por estar siempre, sin esperar nada a cambio.

A Celia y Víctor por guiarnos hacia el camino de las ideas.

A Bárbara y Alejandro por tendernos sus manos en los momentos más difíciles.

**Campos, S. Corina  
Guzmán, G. Oswaldo, J.**

## **ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y SEDIMENTOLOGÍA DE LAS FACIES TURBIDÍTICAS DEL FLYSCH EOCENO DE LA ISLA DE MARGARITA, EDO. NUEVA ESPARTA, VENEZUELA**

**Tutor Académico: Ing. Víctor Padrón. Tutor Industrial: Dra. Celia  
Bejarano. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de  
Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. 2002, 186 p.**

**Palabras Claves:** Turbiditas, Estratigrafía, Margarita.

### **Resumen**

Los objetivos principales del presente Trabajo Especial de Grado son realizar una caracterización sedimentológica y estratigráfica de las facies turbidíticas del “flysch” Eoceno de la Isla de Margarita. Para la posterior definición de litofacies, asociaciones de facies, elementos arquitecturales, y secuencias estratigráficas, con el fin de hacer una interpretación de los posibles subambientes turbidíticos, presentes en cada una de las secciones compuestas estudiadas.

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector nororiental de Venezuela, específicamente en la zona sur y sureste del estado Nueva Esparta. Localizándose los afloramientos en la población de Pampatar y los caseríos de La Isletas y Las Bermúdez –El Manglillo.

Se definieron tres Secciones Estratigráficas Compuestas, dos en la Formación Pampatar y una en el Grupo Punta Carnero. Las secciones estratigráficas de la Formación Pampatar se caracterizan por estar constituida principalmente por conglomerados y areniscas turbidíticas, mientras que las del Grupo Punta Carnero son en su mayoría calizas y arcilitas hemipelágicas.

Con base en los análisis petrográficos de los principales litotipos presentes tanto en la Formación Pampatar como en el Grupo Punta Carnero, así como los datos de campo, se establecieron catorce litofacies, mediante las cuales se definieron once asociaciones de facies y ocho elementos arquitecturales. Lográndose establecer la distribución de los subambientes turbidíticos dentro de las secuencias estratigráficas estudiadas.

Sobre la base de los estudios bioestratigráficos realizados en el Grupo Punta Carnero, se definió la edad de la secuencia turbidítica presente en la Isla de Margarita, como Eoceno Medio tardío.

Se determinaron tres zonas bioestratigráficas, entre las cuales está la zona de *Globigerinatheka*. s. *subconglobata*, definida en su tope por la ultima aparición de la *Clavigerinella akersi*. Una segunda zona definida como zona de *Morozovella lehneri*, delimitada en su base por la ultima aparición de *Clavigerinella akersi*, y en su tope por la ultima aparición del *Globigerinoides higginsi*. La ultima zona definida fue la de *Orbulinoides beckmanni*, cuya base es la primera aparición del *Orbulinoides beckmanni*.

Se aplicó por primera vez la estratigrafía secuencial a las facies turbidíticas del “flysch” Eoceno de la Isla de Margarita, determinándose cuatro secuencias estratigráficas de frecuencia alta en la Formación Pampatar y tres en el Grupo Punta Carnero.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1-. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	1
1.2-. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
1.3-. METODOLOGÍA.....	4
1.3.1-. Recopilación Bibliográfica y Cartográfica.....	4
1.3.2-. Trabajo de campo.....	4
1.3.2.1-. Ubicación de Secciones Estratigráficas.....	4
1.3.2.1-. Levantamiento de Secciones Estratigráficas.....	4
A) Mapas Bases.....	4
B) Medición y Descripción de Secciones Estratigráficas.....	5
C) Recolección y Nomenclatura de Muestras.....	5
1.3.3-. Etapa de Laboratorio.....	7
1.3.3.1-. Análisis petrógráfico convencional.....	7
1.3.3.2-. Difracción de rayos x.....	8
1.3.3.3-. Análisis micropaleontológico.....	9
A) Estudio de Foramíniferos.....	9
B) Estudio de Nanoplancton Calcáreo.....	9
1.3.4-. Etapa de Oficina.....	9
1.4-. TRABAJOS PREVIOS.....	9
1.5-. AGRADECIMIENTOS.....	12
<b>CAPÍTULO II: GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	<b>14</b>
2.1-. PLATAFORMA DE MARGARITA – TOBAGO.....	14
2.2-. EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA PLATAFORMA DE MARGARITA.....	15
2.3-. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	23

Grupo Juan Griego.....	25
Formación El Piache.....	26
Formación Los Robles.....	26
Formación Los Frailes.....	27
Grupo Punta Carnero.....	29
Caliza de Los Bagres.....	31
Formación Las Bermúdez.....	33
Formación El Dátil.....	34
Formación Punta Mosquito.....	35
Formación Pampatar.....	37
Formación Cubagua.....	39
Formación Castillo de Araya.....	40
Formación Coche.....	41
Formación Arenas de Falca.....	42
Formación El Manglillo.....	43
CAPÍTULO III: GEOLOGÍA LOCAL.....	44
3.1.- ESTRATIGRAFÍA.....	44
3.1.1.- Descripción Estratigráfica de la Formación Pampatar.....	44
3.1.1.1. Sección Estratigráfica de Punta Gorda (Sección Estratigráfica Compuesta I).....	44
3.1.1.2. Sección Estratigráfica de Pampatar (Sección Estratigráfica Compuesta II).....	50
3.1.1.3-. Contactos de la Formación Pampatar .....	57
3.1.2.- Descripción Estratigráfica del Grupo Punta Carrnero .....	57
3.1.2.1-. Sección Estratigráfica de Las Bermúdez – El Manglillo (Sección Estratigráfica Compuesta III).....	58
3.1.1.3-. Contactos del Grupo Punta Carnero.....	66

3.2-. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	67
3.2.1-. Formación Pampatar.....	67
3.2.2-. Grupo Punta Carnero.....	68
3.3-. PETROGRAFÍA.....	71
3.3.1-. Petrografía de Siliciclásticos.....	71
3.3.1.1-. Limolitas.....	71
A) Características Texturales.....	71
B) Composición.....	72
C) Clasificación.....	72
3.3.1.2-. Areniscas de Grano fino a muy fino.....	74
A) Características Texturales.....	74
B) Composición.....	76
C) Clasificación.....	78
3.3.1.2.1-. Areniscas de Grano fino a muy fino (Calcáreas).....	78
A) Características Texturales.....	78
B) Composición.....	79
C) Clasificación.....	79
3.3.1.3-. Areniscas de Grano medio a grueso.....	82
A) Características Texturales.....	82
B) Composición.....	82
C) Clasificación.....	85
3.3.1.4-. Conglomerados.....	86
A) Características Texturales.....	86
B) Composición.....	86
B.1) Composición de la matriz.....	87
B.2) Composición de clastos.....	88
B.3) Composición de cemento.....	89
C) Clasificación.....	90
3.3.2-. Petrografía de Carbonatos.....	93
3.3.2.1-. “Mudstone”, “wackstone” y “packstone” .....	93

A) Características Texturales.....	93
B) Composición.....	94
C) Clasificación.....	95
3.3.2.2-. “Packstone” y “rudstone”.....	97
A) Características Texturales.....	97
B) Composición.....	97
C) Clasificación.....	99
3.4-. DIAGÉNESIS.....	101
3.4.1-. Diagénesis de siliciclásticos.....	101
3.4.2-. Diagénesis de carbonatos.....	104
3.4.3-. Étapa diagenética de los depósitos turbidíticos presentes en la Isla de Margarita.....	107
3.5-. PALEONTOLOGÍA Y EDAD.....	110
<b>CAPÍTULO IV: LITOFACIES Y ASOCIACIONES DE FACIES.....</b>	<b>113</b>
4.1-. Descripción de Litofacies.....	114
Litofacies G1.....	114
Litofacies G2.....	114
Litofacies S1.....	115
Litofacies S2.....	116
Litofacies S3.....	116
Litofacies S4.....	117
Litofacies SL.....	118
Litofacies SH1.....	118
Litofacies SH2.....	118
Litofacies L1.....	119
Litofacies L2.....	119
Litofacies L3.....	120
Litofacies L4.....	120
Litofacies L5.....	121

Litofacies L6.....	121
Litofacies Ft.....	121
4.2-. ASOCIACIONES DE FACIES.....	122
Asociación de Facies 1.....	124
Asociación de Facies 2.....	125
Asociación de Facies 3.....	128
Asociación de Facies 4.....	129
Asociación de Facies 5.....	131
Asociación de Facies 6.....	133
Asociación de Facies 7.....	135
Asociación de Facies 8.....	136
Asociación de Facies 9.....	138
Asociación de Facies 10.....	139
Asociación de Facies 11.....	140
CAPÍTULO V: ELEMENTOS ARQUITECTURALES.....	143
5.1-. GENERALIDADES.....	143
5.2-. Descripción de Elementos Arquitecturales.....	144
5.2.1-. Capas tabulares de Grano Grueso.....	144
5.2.2-. Capas Amalgamadas.....	145
5.2.3-. Capas Interestratificadas.....	147
5.2.4-. Arcilitas y/o limolitas con menor presencia de arenisca.....	148
5.2.5-. Canales Conglomeráticos.....	149
5.2.6-. Canales de Arenas.....	151
5.2.7-. Lóbulos de Arenas.....	151
5.2.8-. Depósitos Caóticos.....	153
5.3-. Interpretación Ambiental y Ubicación de los Elementos Arquitecturales dentro del Abanico Submarino.....	154
5.3.1-. Disposición de los Elementos Arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda).....	154

5.3.2-. Disposición de los Elementos Arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar).....	158
5.3.4-. Disposición de los Elementos Arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez - El Manglillo).....	158
<b>CAPÍTULO VI: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL.....</b>	<b>162</b>
6.1-. CONSIDERACIONES.....	163
6.2-. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS SECUENCIAL.....	166
6.3-. ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PAMPATAR.....	167
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA I.....	167
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA II.....	168
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA III.....	169
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA IV.....	169
6.4-. ANÁLISIS SECUENCIAL DEL GRUPO PUNTA CARNERO.....	170
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA I.....	170
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA II.....	171
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA III.....	172
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....</b>	<b>173</b>
<b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>178</b>
<b>CAPÍTULO IX: REFENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>179</b>
<b>CAPÍTULO X: APÉNDICE A</b>	
<b>CAPÍTULO XI: ANEXO</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Regional y Local del Área de Estudio.....	3
Figura 2. Ubicación Regional de La Plataforma de los Testigos.....	14
Figura 3. Paleogeografía del Paleoceno Temprano.....	15
Figura 4. Paleogeografía del Eoceno Temprano.....	16
Figura 5. Paleogeografía del Eoceno Medio tardío.....	17
Figura 6. Paleogeografía Eoceno Tardío temprano.....	18
Figura 7. Paleogeografía del Oligoceno Tardío.....	19
Figura 8. Paleogeografía Mioceno Temprano tardío.....	20
Figura 9. Paleogeografía Mioceno Medio tardío.....	21
Figura 10. Estructura de la Plataforma de las Testigos.....	22
Figura 11. Cuadro Cronoestratigráfico del Estado Nueva Esparta.....	23
Figura 12. Distribución Geográfica del Grupo Punta Carnero.....	30
Figura 13. Distribución Geográfica del la Formación Pampatar.....	37
Figura 14 A. Mapa de Ubicación de Secciones .....	45
Figura 14 B. Mapa de Ubicación de Muestras.. .....	45
Figura 15. Cuerpo interestratificado de ftnanitas y tobas.....	46
Figura 16. Estructuras de bolas y almohadillas.....	47
Figura 17. Cuerpos de conglomerados y areniscas.....	48
Figura 18. Areniscas amalgamadas con morfología de canal.....	49
Figura 19. Conglomerados basales de Punta Moreno.....	52
Figura 20. Deformación plastica de capa de arenisca.....	53
Figura 21. Secuencias de Punta Ballena.....	54
Figura 21A. Estructuras sedimentarias.....	55
Figura 21B. Estructuras sedimentarias.....	56
Figura 23. Contacto basal Grupo Punta Carnero.....	58
Figura 24. Cuerpos litológicos de la Formación las Bermúdez.....	59
Figura 25. Niveles de concreciones.....	61
Figura 26. aumento de espesores de arcilitas.....	62

Figura 27. Características de la Formación Punta Mosquito.....	65
Figura 28. Discordancia.....	66
Figura 29. Formación El Dátil.....	69
Figura 30A. Fotomicrografía de siliciclásticos.....	91
Figura 30B. Fotomicrografía de siliciclásticos.....	92
Figura 31. Fotomicrografía de carbonatos.....	100
Figura 32. Fotomicrografía de efectos diagenéticos.....	108
Figura 33. Fotomicrografía de litofacies G1.....	114
Figura 34. Fotomicrografía de litofacies G2.....	115
Figura 35. Fotomicrografía de litofacies S1.....	115
Figura 36. Fotomicrografía de litofacies S2.....	116
Figura 37. Fotomicrografía de litofacies S3.....	117
Figura 38. Fotomicrografía de litofacies S4.....	117
Figura 39. Fotomicrografía de litofacies SL.....	118
Figura 40. Fotomicrografía de litofacies LI.....	119
Figura 41. Fotomicrografía de litofacies L2.....	119
Figura 42. Fotomicrografía de litofacies L3.....	120
Figura 43. Fotomicrografía de litofacies L4.....	120
Figura 44. Fotomicrografía de litofacies L5.....	121
Figura 45. Fotomicrografía de litofacies L6.....	121
Figura 46. Fotomicrografía de litofacies Ft.....	122

Figura 47. Clasificación de fluidos gravitacionales.....	123
Figura 48. Asociación de facies 1.....	124
Figura 49. Asociación de facies 2.....	125
Figura 50. Asociación de facies 3.....	128
Figura 51. Asociación de facies 4.....	129
Figura 52. Asociación de facies 5.....	131
Figura 53. Asociación de facies 6.....	133
Figura 54. Asociación de facies 7.....	135
Figura 55. Asociación de facies 8.....	137
Figura 56. Asociación de facies 9.....	138
Figura 57. Asociación de facies 10.....	139
Figura 59. Asociación de facies 11.....	141
Figura 60. Areniscas amalgamadas.....	146
Figura 61. Capas interestratificadas.....	148
Figura 62. Arcilitas dominando areniscas.....	149
Figura 63. Canales de conglomerados.....	150
Figura 64. Canales de areniscas.....	152
Figura 65. Modelo de abanico Submarino.....	154
Figura 66 A,B,C. Disposición Ambiental en Sección Estratigráfica Compuesta I.....	156
Figura 66 D,E. Disposición Ambiental en Sección Estratigráfica Compuesta I.....	157
Figura 67 A,B,C. Disposición Ambiental en Sección Estratigráfica Compuesta II.....	159
Figura 68 A,B,C,D. Disposición Ambiental en Sección Estratigráfica Compuesta III.....	160
Figura 69 A. Esquema depositacional asociado con los cambios relativos Del nivel del mar.....	163
Figura 69B. Esquema depositacional asociado con los cambios relativos Del nivel del mar.....	164
Figura 69C. Esquema depositacional asociado con los cambios relativos Del nivel del mar.....	165

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características texturales y composición general de limolitas.....	73
Tabla 2. Composición de granos en limolitas.....	73
Tabla 3. Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y Clasificación de limolitas.....	74
Tabla 4. Características texturales y composición general de areniscas de grano fino y muy fino.....	75
Tabla 5. Composición de granos de areniscas de grano fino y muy fino.....	77
Tabla 6. Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y clasificación de areniscas de grano fino y muy fino.....	80
Tabla 7. Características texturales y composición general de areniscas de mezclas.....	81
Tabla 8. Composición de siliciclasticos, ortoquímicos y aloquímicos de las areniscas de mezcla.....	81
Tabla 9. Tipos de porosidad y clasificación de areniscas de mezclas.....	81
Tabla 10. Características texturales y composición general de areniscas de grano medio y grueso.....	83
Tabla 11. Composición de granos de areniscas de grano medio y grueso.....	84
Tabla 12. Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y Clasificación de areniscas de grano medio y grueso.....	85
Tabla 13. Características texturales y composición general de conglomerados.....	87
Tabla 14. Composición de la matriz de los conglomerados.....	88
Tabla 15. Composición de clastos y cemento de los conglomerados.....	90
Tabla 16. Tipos de porosidad y clasificación de conglomerados.....	90
Tabla 17. Composición general, siliciclasticos y ortoquímicos de “mudstone”, “wackstone” y “packstone”.....	94

Tabla 18. Composición de aloquímicos de “mudstone”, “wackstone” y “packstone”.....	96
Tabla 19. Clasificación y porosidad de “mudstone”, “wackstone” y “packstone” .....	96
Tabla 20. Composición general, siliciclasticos y ortoquímicos de “packstone” y “rudstone”.....	98
Tabla 21. Composición de aloquímicos de “packstone” y “rudstone”.....	99
Tabla 22. Tipo de porosidad y clasificación de “packstone” y “rudstone”.....	100
Tabla 23. Principales procesos diagenéticos en siliciclásticos .....	107
Tabla 24. Principales procesos diagenéticos en carbonatos.....	108

## LISTA DE APÉNDICES

**Apéndice A.1.** Clasificación de tamaño de grano de UDDEN (1914)- WENTWORTH, (1922)

**Apéndice A.2.** Clasificación textural para rocas de grano fino y sedimentos PICARD, (1971)

**Apéndice A.3.** Clasificación de areniscas según su composición de PETTIJOHN, et al. (1972)

**Apéndice A.4.** Clasificación de areniscas de FOLK, et al. (1974)

**Apéndice A.5.** Clasificación de conglomerados según su fábrica por COLLINSON Y THOMPSON, (1982)

**Apéndice A.6.** Clasificación composicional de los conglomerados según la composición de los clastos según BOGGS, (1992)

**Apéndice A.7.** Clasificación textural de carbonatos de DUNHAM, (1962) modificada por EMBRY Y KLOVAN (1971)

**Apéndice A.8.** Clasificación de rocas de carbonáticas de mezcla según MOUNT, (1985)

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el estudio sedimentológico y estratigráfico de tres secciones de superficie compuestas de las diferentes facies turbidíticas del “flysch” que aflora en la Isla de Margarita en las localidades de Las Bermúdez - El Manglillo, La Isleta y Pampatar. Se efectuó un análisis petrográfico con el cual se definieron las litofacies más representativas para luego definir las asociaciones de facies, que conjuntamente con el análisis bioestratigráfico realizado y la definición de los elementos arquitecturales de los depósitos, conllevó a la interpretación ambiental y secuencial de las secciones antes mencionada.

## 1.1-. OBJETIVOS Y ALCANCE

Los principales objetivos de este trabajo son:

- 1-. Realizar un análisis petrográfico y bioestratigráfico, con la finalidad de caracterizar sedimentológicamente y estratigráficamente las facies turbidíticas presentes en la zona.
- 2-. Analizar e individualizar las litofacies, asociaciones de facies y elementos arquitecturales, presentes en los depósitos turbidíticos del área de estudio.
- 3-. Realizar una interpretación de los posibles subambientes turbidíticos, presentes en cada una de las secciones compuestas estudiadas.
- 4-. Definir las principales secuencias estratigráficas de La Formación Pampatar y el Grupo Punta Carnero, ubicadas en la zona de estudio.

El alcance principal de este trabajo es la aplicación, por primera vez, de la estratigrafía secuencial en las facies turbidíticas del “flysch” Eoceno de la Isla de Margarita para determinar la importancia, como potenciales trampas estratigráficas, de los flujos turbidíticos que dieron origen a la secuencia. Así como también que la metodología empleada pueda ser aplicable a trabajos posteriores tanto en subsuelo como en superficie de estas facies turbidíticas.

Además el presente Trabajo Especial de Grado, constituye el último requisito contemplado en el pensum de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Central de Venezuela, para optar al Título de Ingeniero Geólogo.

## **1.2.- UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector nororiental de Venezuela, específicamente en la zona sur y sureste del estado Nueva Esparta, dentro de los municipios Maneiro, Mariño y Díaz, adyacente a la poblaciones de Pampatar y caseríos de La Isleta y Las Bermúdez-El Manglillo (Figura1).

Las zonas de afloramiento ubicadas en Pampatar están limitadas en su parte oriental y meridional por el Mar Caribe, hacia el norte con la Laguna de Gasparico y hacia el oeste con las poblaciones de Los Cerritos, El Pilar y Mundo Nuevo. Estas zonas se encuentran dentro de las coordenadas U.T.M.: 1.218.500N –1.214.000N - 415.400E y 410.000E.

Las áreas de afloramiento localizadas en La Isleta y Las Bermúdez-El Manglillo, limitan con el Mar Caribe en su parte meridional y oriental, en el norte con la población de El Silguero, la Laguna Las Maritas y la población Las Bermúdez, mientras que al este por los caseríos de Las Vasquez, y

Orinoco. Estos afloramientos se encuentran delimitados por las coordenadas U.T.M.: 1.207.500N – 1.204.600N - 403.-300 y 391.000E.

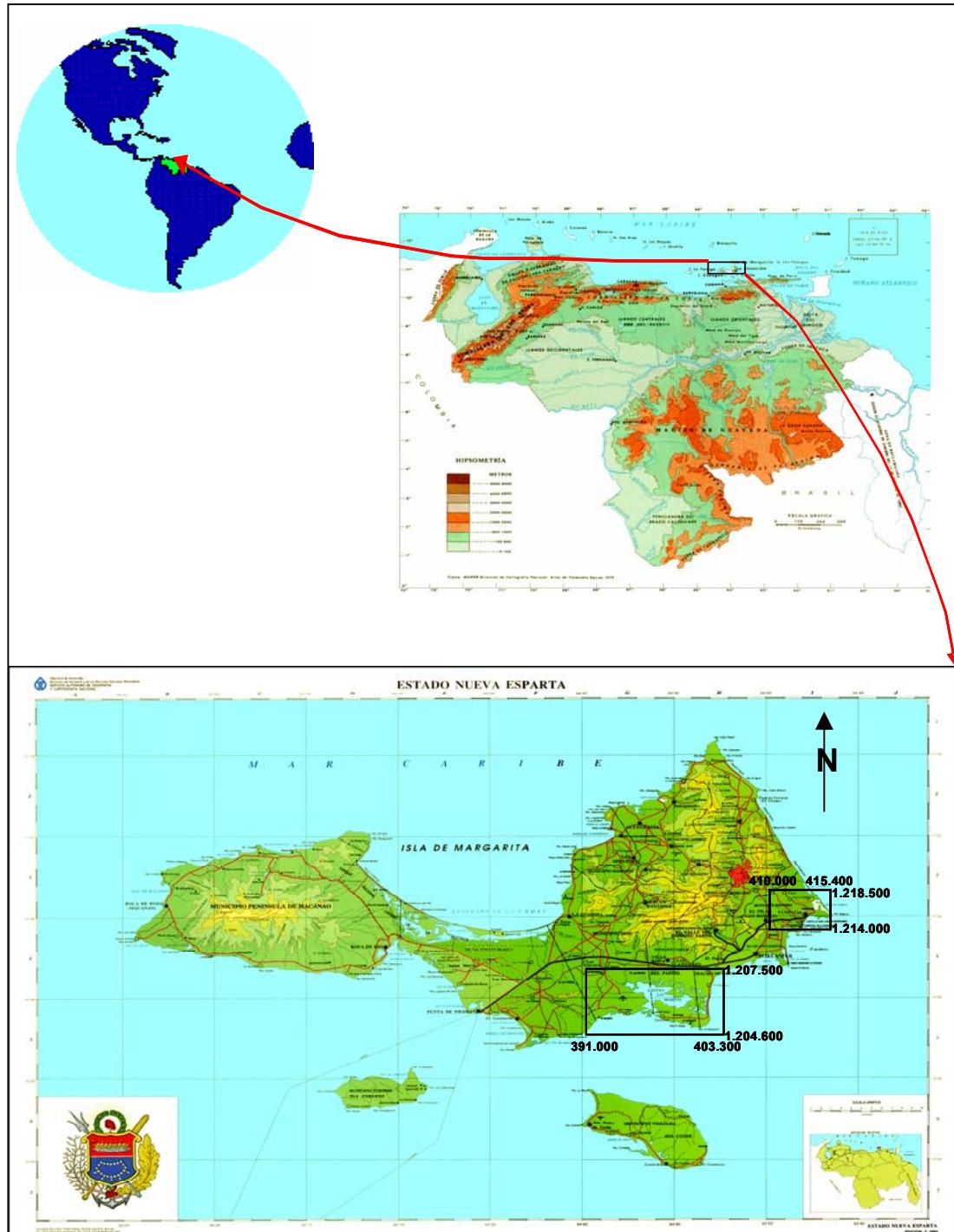


Figura 1. Ubicación regional y local del área del estudio.

## **1.3-. METODOLOGÍA**

La ejecución del presente trabajo se realizó en cuatro etapas principales, las cuales se describen a continuación:

### **1.3.1-. Recopilación Bibliográfica y Cartográfica:**

Consistió en la búsqueda, recolección y estudio, de la documentación existente de la zona de trabajo, así como también de la selección de las hojas topográficas, que sirvieron como mapa base de la zona de estudio.

Igualmente se estudiaron diversos artículos y publicaciones, referentes a sistemas turbidíticos, petrografía, sedimentología, bioestratigrafía y estratigrafía secuencial, con la finalidad de tener un conocimiento general de los conceptos aplicados en el trabajo.

### **1.3.2-. Trabajo de Campo:**

#### **1.3.2.1-. Ubicación de Secciones Estratigráficas**

En esta etapa se realizó como trabajo inicial el reconocimiento general del área de estudio, para la ubicación y descripción general de las secciones estratigráficas a estudiar, para ello se utilizaron como mapas referenciales, de MORENO y CASAS, (1986), y LORENZ, (1949) de estudios anteriores realizados a esta secuencia turbidítica.

#### **1.3.2.2-. Levantamiento de Secciones Estratigráficas**

##### **A) Mapas Bases**

Se realizó el levantamiento de nueve secciones estratigráficas, las cuales presentaban la mayor continuidad estratigráfica posible, utilizándose como

mapas base las hojas topográficas a escala 1:25.000 que a continuación se mencionan:

- 7449-III-SE-La Asunción.
- 7448-IV-NE-Portlamar.
- 7448-IV-NO-San Antonio Sur.
- 7448-IV-SO-La Isleta.

#### **B) Medición y Descripción de Secciones Estratigráficas**

En cada sección estratigráfica se realizaron mediciones de espesores de capas, describiéndose para cada una de ellas, características texturales, color, geometría, variación lateral, contactos, estructuras sedimentarias, secuencia Bouma, ichnofósiles, así como cualquier otra característica que sirviera para una mejor descripción de la sección.

En caso que el afloramiento presentara en un intervalo de gran espesor, una intercalación monótona de capas de poco espesor, se realizó un levantamiento menos detallado, donde se separaba por paquetes y en ellos se contaba el número de capas totales para cada tipo litológico, variación y promedio de los espesores a lo largo de todo el paquete e igualmente se describieron los aspectos sedimentológicos mencionados con anterioridad

#### **C) Recolección y Nomenclatura de Muestras**

Se utilizaron diferentes criterios de recolección de muestras, dependiendo principalmente del tipo litológico y del análisis a realizar posteriormente.

Para rocas clásticas (exceptuando arcilitas) y rocas carbonáticas, se muestrearon las capas que representaban cambios en la continuidad de la secuencia en los siguientes aspectos: litológicos, texturales, laterales, y de color. En base a estos criterios se tomaron un total de 140 muestras aproximadamente.

En el muestreo de las bases de las secciones de Punta Gorda y Las Bermudez-El Manglillo, donde se presentan estratos rocosos de grandes dimensiones y con notables diferencias respecto a la secuencia que suprayacente, se muestreo lateral y verticalmente. En estos sectores se tomaron un total de 6 muestras.

Las arcilitas se muestrearon en aquellas zonas donde se podría hallar una superficie clave para la realización de la correlación estratigráfica secuencial. En aquellos intervalos donde el espesor arcilloso era de grandes dimensiones, se muestreo cada 5 metros, a excepción de el sector ubicado en la cabecera de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Santiago Mariño de acceso restringido. En total se tomaron 103 muestras de estos tipos litológicos.

También se tomaron diferentes clastos pertenecientes a los distintos conglomerados que están presentes en las secciones estratigráficas.

En relación a la nomenclatura de las muestras recolectadas, se dividieron estas en dos grupos: las muestras de las localidades de Pampatar y sus alrededores, se les asigno las siglas PAM, seguidas por un guión y el número de la muestra (Ej.: PAM-001), mientras que a las muestras de las localidades de Las Bermúdez-El Manglillo y La Isleta, se les estableció las siglas GPC, igualmente seguidas por un guión y el número de la muestra (Ej.: GPC-001). A las muestras de arcilitas y clastos se les identifico siguiendo la misma metodología, pero agregándole una letra “A” ó “C” (subíndices) respectivamente a las primeras tres siglas (Ej.: PAM<sub>A</sub>-001; PAM<sub>C</sub>-001).

### **1.3.3-. Etapa de Laboratorio:**

En esta etapa se realizaron varios tipos de análisis con la finalidad de caracterizar las muestras recolectadas de acuerdo a sus propiedades texturales, composicionales, litológicas y efectos diagenéticos principalmente, para luego definir las principales facies y asociaciones de facies.

#### **134.3.1-. Análisis petrográfico convencional**

El estudio petrográfico se realizó utilizando un microscopio de luz polarizada modelo Zeiss MC100, mediante el cual se analizaron 118 muestras , las cuales dependiendo del tipo litológico se le estudiaron las siguientes características:

*Limolitas, Areniscas y Conglomerados:* Tamaño de grano, escogimiento, redondez, contactos, relaciones granos-matriz ó grano-cemento, orientación de granos y/o clastos, porosidad, madurez textural, composición general; bien sean clastos y/o granos, matriz, cemento, también como procesos diagenéticos presentes en la roca.

*Carbonatos puros y de mezclas:* Tamaño de grano, escogimiento, porosidad, contactos, composición general de los elementos; bien sean siliciclásticos, ortoquímicos ó aloquímicos, así como los procesos diagenéticos presentes, entre los cuales se encuentran: procesos orgánicos, cementación, neomorfismo, reemplazamiento, compactación, presión-solución, asignándole posteriormente la etapa diagenética a la que pertenecen.

Además se analizaron 3 secciones finas de clastos conglomeráticos y 5 de conglomerados, donde se definió el tipo de roca que representaba los clastos

presentes. Estos análisis se realizaron conjuntamente con los Profesores Ricardo Alezones y Sebastián Grande.

Se utilizaron las siguientes clasificaciones de rocas:

- Según el tamaño de grano, la clasificación de UDDEN (1914) – WENTWORTH (1922) (Apéndice A.1)
- Para rocas de granos finos, Clasificación textural de las rocas de granos finos y sedimentos de PICARD, (1971) (Apéndice A.2).
- Las areniscas fueron clasificadas mediante la Clasificación composicional de PETTIJOHN, *et al.* (1972) y luego se subclasicaron las areniscas líticas según FOLK, *et al.* (1974) en BOGGS, (1982) (Apéndices A.3 y A.4).
- Para los conglomerados se utilizó una combinación entre la Clasificación según su fábrica de COLLINSON Y THOMPSON, (1982) y la Clasificación en base a la composición de los clastos de BOGGS, (1992) (Apéndices A.5 y A.6).
- La Clasificación textural de DUNHAM, (1962), modificada por EMBRY Y KLOVANN, (1971) en NICHOLS, (1999) se utilizó para los carbonatos puros (Apéndice A.7).
- Clasificación para rocas de mezclas de MOUNT, (1985) (Apéndice A.8).

### **1.3.3.2-. Difracción de Rayos X**

Mediante esta técnica se analizaron 11 muestras de areniscas y 03 muestras de arcilitas. Las areniscas se seleccionaron luego de realizarles el análisis petrográfico y se escogieron aquellas con mayor porcentaje de minerales de arcillas y distribuidas a lo largo de todas las secciones estratigráficas estudiadas.

### **1.3.3.3-. Análisis Micropaleontológico**

Se realizó dos tipos de estudios, los cuales se mencionan a continuación:

**A) Estudio de Foraminíferos**

Se analizaron un total de 103 muestras en arcilitas y/o limolitas, donde se procedió al lavado de las mismas y al posterior montaje e identificación de faunas por parte del Dr. Max Furrer y el Profesor Víctor Padrón.

**B) Estudio de Nanoplancton Calcáreo**

Los análisis de nanoplancton fueron realizados a un total de 33 muestras de arcilitas y/o limolitas, de las cuales 08 pertenecen a los afloramientos de Pampatar y 25 a los ubicados en las zonas de La Isleta y Las Bermúdez-El Manglillo. Estos análisis fueron realizados por la Bioestratigráfico Isbelia Durán.

### **1.3.4-. Etapa de Oficina:**

En está última etapa se realizó la integración e interpretación de los datos obtenidos en campo con los resultados de los estudios de laboratorio, que conjuntamente con la información bibliográfica, nos condujo a la elaboración del presente trabajo.

## **1.4-. TRABAJOS PREVIOS**

Las facies turbidíticas de la secuencia “flysch” de la isla de Margarita, han sido estudiada por varios autores, por lo que a continuación se citan los

principales trabajos realizados, haciendo una breve síntesis de cada uno de ellos:

WALL, (1860, en BERMÚDEZ y GÁMEZ, 1966), por primera vez menciona la presencia de areniscas y lutitas en las cercanías de área de Pampatar.

RUTTEN, (1940, en BERMÚDEZ y GÁMEZ 1966) realiza el primer trabajo referente a la geología de Margarita, menciona brevemente las rocas sedimentarias y le asigna una edad Eoceno, debido a la presencia de orbitoides.

GONZÁLEZ DE JUANA ,(1947, en BERMÚDEZ y GÁMEZ, 1966) realiza el estudio de las relaciones estructurales entre la isla de Margarita y la porción continental del Oriente venezolano, propuso el nombre de Grupo Punta Carnero y Formación Las Bermúdez, Formación El Dátil y Formación Punta Mosquito, aunque sin publicarlos, para los sedimentos de una pequeña cuenca de edad Eocena al sureste de la isla, atribuyéndole un espesor aproximado de 1.100 m.

LORENZ, (1949), en su tesis de grado hace un estudio de las formaciones sedimentarias de la Isla de Margarita, siendo el resultado de las investigaciones realizadas en dos zonas de la costa Sur Oriental de la misma. Realiza un excelente cartografiado en base a plancheta.

DE RIVERO, (1956), describe detalladamente el Grupo Punta Carnero y se encarga de analizar los datos acumulados sobre los sedimentos del Eoceno de Margarita. Menciona por primera vez los nombres de las formaciones Las Bermúdez, El Dátil y Punta Mosquito.

JAM Y MÉNDEZ (1962), realizaron una compilación de los trabajos realizados en la isla de Margarita, Coche y Cubagua, en esta compilación también se integraron las tesis de grado presentadas en la Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología para los años de 1949 a 1962.

BERMÚDEZ Y GÁMEZ (1966) realizan un estudio paleontológico de una sección del Eoceno del Grupo Punta Carnero, en el cual estudian las faunas de foraminíferos, representadas en la sección de Las Bermúdez - El Manglillo, al suroeste de la isla de Margarita. La sección comprende un perfil que se extiende desde La Represa a la fila Las Bermúdez. Los autores describen por primera vez la especie *Matanzia margaritensis* provenientes de la formación Punta Mosquito y realizan una zonación bioestratigráfica.

PAIVA (1969), hace un estudio de las rocas del Eoceno de la Isla De Margarita, en su Tesis de Grado en la Universidad Central de Venezuela.

MUÑOZ (1972), en su tesis doctoral hace un estudio sedimentológico a las rocas del Eoceno de Margarita las cuales revelaron pertenecer, según el autor a una secuencia “flysch” depositada en una cuenca geosinclinal marina profunda y que representan diversas variaciones de facies, expuestas en dos áreas diferentes. El autor introduce el nombre de Formación Pampatar, para diferenciar las rocas del área de Pampatar, con sus grauvacas e interestratificación de lutitas, y describe las capas de calcarenitas turbidíticas formadas exclusivamente por orbitoides gradados, pertenecientes al Grupo Punta Carnero.

MORENO Y CASAS (1986), en su trabajo especial de grado, realizaron un estudio petrográfico y estadístico de la secuencia “flysch” del Eoceno de la Isla de Margarita el cual fue de gran importancia debido a su aporte en

el estudio petrográfico modal de secciones finas, con la finalidad de determinar posibles rocas fuentes.

## **1.5-. AGRADECIMIENTOS**

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

A PDVSA Exploración y Producción, por darnos la oportunidad de realizar este proyecto.

A nuestros tutores Celia Bejarano y Víctor Padrón por su constante apoyo y confianza, para con nosotros en el desarrollo del presente.

Al Dr. Max Furrer, por su delicada atención hacia nosotros.

A Isbelia Durán y Max Furrer, por su gran aporte en el estudio bioestratigráfico.

A Franco y Gustavo, por su disponibilidad, paciencia y orientación hacia nosotros.

A Heriberto, Diego, Tarlos, Juan, Freddy, Isabel, quienes con su desinteresada colaboración nos proporcionaron valiosas ayudas en el desarrollo del presente trabajo.

A los Profesores Ricardo Alezones, Paúl Romero, Olga Rey, Aitor Ichaso, Lilian Navarro, Omar Rojas, Ramón González, Rafael Falcón, Frank Audemard, Sebastián Grande, Armando Quintero, Alfredo Mederos María

Eugenia Sandoval, Egleé Zapata, José Peña, quienes aportaron sus conocimientos en nuestra formación universitaria.

A Amparo y Juan José, por su capacidad para estar presentes en los aquellos momentos que los necesitamos.

A Oswaldo y Berdiana, por otorgarnos toda su experiencia y sabiduría, brindadas.

A Mama Cori, Soledad, María Fernanda, Teresa, Juana, Mariana, Alexis, Robinson, Noris, por su apoyo incondicional

A Miriankhis, Ileana, Osbermy, Juan Darío, Javier, por su entusiasmo e impulso para hacer realidad todo esto.

A María Fernanda, Valentina, Juan Darío y Anaidreb, por el solo hecho de formar una de las razones de ser feliz.

A Barbara Casal y Alejandro Ledo, siempre disponible para con nosotros.

A Erica Morales, Carla Díaz, William Olaya, por brindarnos su amistad.

A Mauricio Hernández, Ebelio Espínola, Clara Viana, Iván Arias, Alexis Goméz, Erick Calderón, Adrian León, Matías Araujo, Juan Carlos Souza, Gilberto Soto, Iván Baritto, Nelson, Angel, por su amistad otorgada.

A, Jorhan Contreras, Reinaldo Ollarves, Silvano D'Alessio, , María A. Rojas, Santiago Yépez, Mariela Noguera, por su desinteresada colaboración.

## CAPÍTULO II: GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.1.- PLATAFORMA DE MARGARITA- TOBAGO

La Plataforma Margarita-Tobago tiene una extensión de 250 Km<sup>2</sup> dentro del territorio venezolano, estando delimitada por el meridiano 61° 50', la isla de Margarita y extendiéndose al este hasta llegar a la isla Tobago. Esta plataforma esta enmarcada dentro del Margen continental de Venezuela el cual comprende varias cuencas sedimentarias, una cadena de islas, una prominencia amplia y varias zonas de gran desarrollo de plataforma continental, alguna de ellas con islas (GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* 1980).

En esta plataforma se localizan un gran numero de islas de gran extensión como es el caso de Margarita, Cubagua, Coche, Islotes de Lobos, Los Frailes, La Sola y Los Testigos, además de dos rasgos geomorfológicos distintivos como son: el Banco de Cumberland y el Valle Submarino de Carúpano.

El Banco de Cumberland es también conocido como Plataforma de Los Testigos, se ubica al sur del archipiélago Los Testigos, presentando fondos irregulares que en conjunto forman una amplia plataforma somera de menos de 20 m de profundidad que incluye las islas de Margarita, Los Frailes y Los Testigos (MALONEY, 1967. en GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* 1980). (Figura 2).

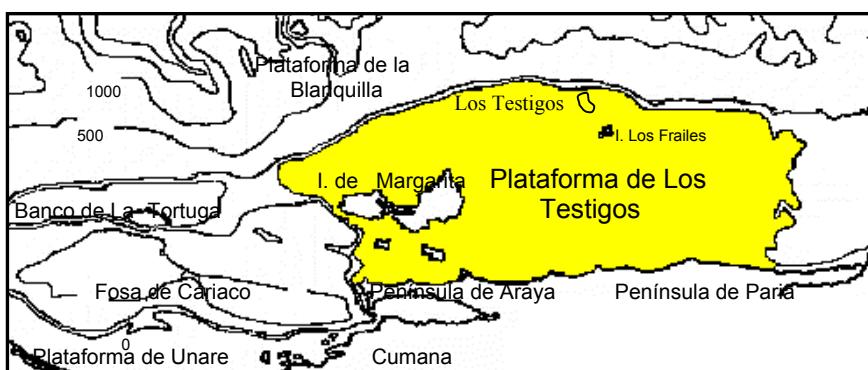


Figura 2. Ubicación Regional de La Plataforma de los Testigos.

Tomado y modificado de González de Juana, *et al.* 1980.

## 2.2.- EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA PLATAFORMA DE MARGARITA

La formación de la plataforma de Margarita está íntimamente ligada con la interacción de las placas de Suramérica y del Caribe. (SPEED, 1976; CHEVALIER, *et al.* 1988; PINDELL, *et al.*, 1998). Esta interacción entre ambas placas tiene su origen a principios del Paleoceno, donde se produce la colisión entre las Antillas Mayores desde el noroeste hacia la esquina oeste del margen pasivo de Suramérica (desarrollado durante el Cretácico) (STEPHAN, *et al.* 1990, en PINDELL, *et al.* 1998). Para este período cesa la actividad magmática en la zona de colisión de la placa del caribe con Suramérica y comienza el régimen de extensión en la cuenca retroarco de Granada, según PINDELL, *et al. op cit.* (Figura 3).

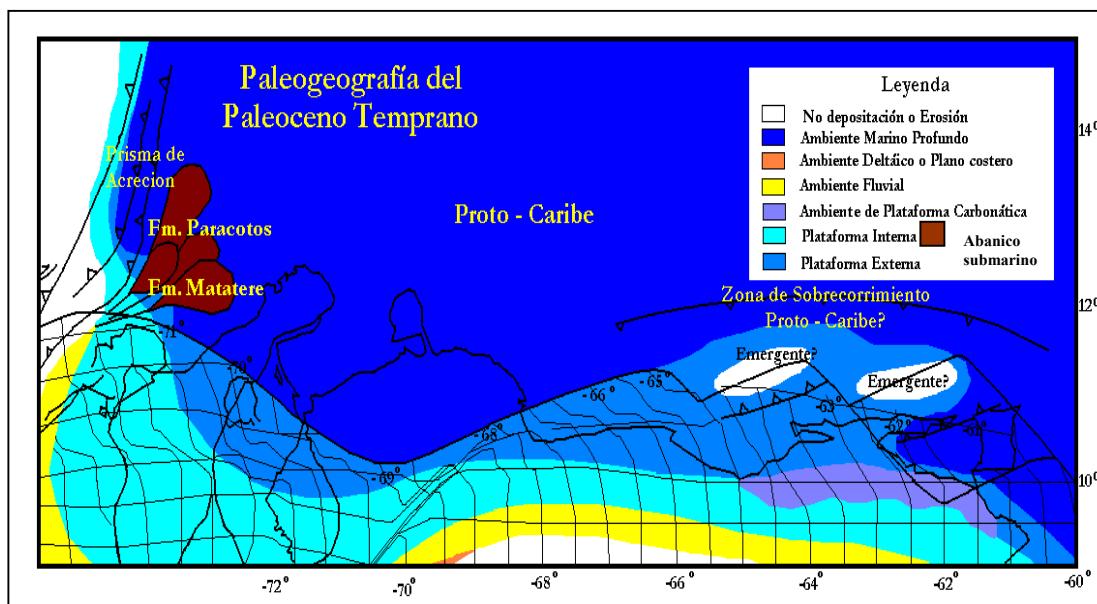


Figura 3. Paleogeografía del Paleoceno Temprano.  
Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

El mismo autor señala que el Paleoceno Temprano marca una importante fase de levantamiento en los terrenos del arco del Caribe, verificándose esta fase en las secciones sísmicas y estratigráficas de las antillas menores con el comienzo de la deposición en el Eoceno sobre un basamento profundamente erosionado, compuesto por rocas ígneas metamorfizadas y volcánicas.

En el Eoceno Temprano (Figura 4), la extensión de las cuencas retroarcos de Bonaire y Granada se acentúa. Aunque estas dos cuencas se encuentran ahora separadas por la batimetría y la estructura constriccional de Margarita.

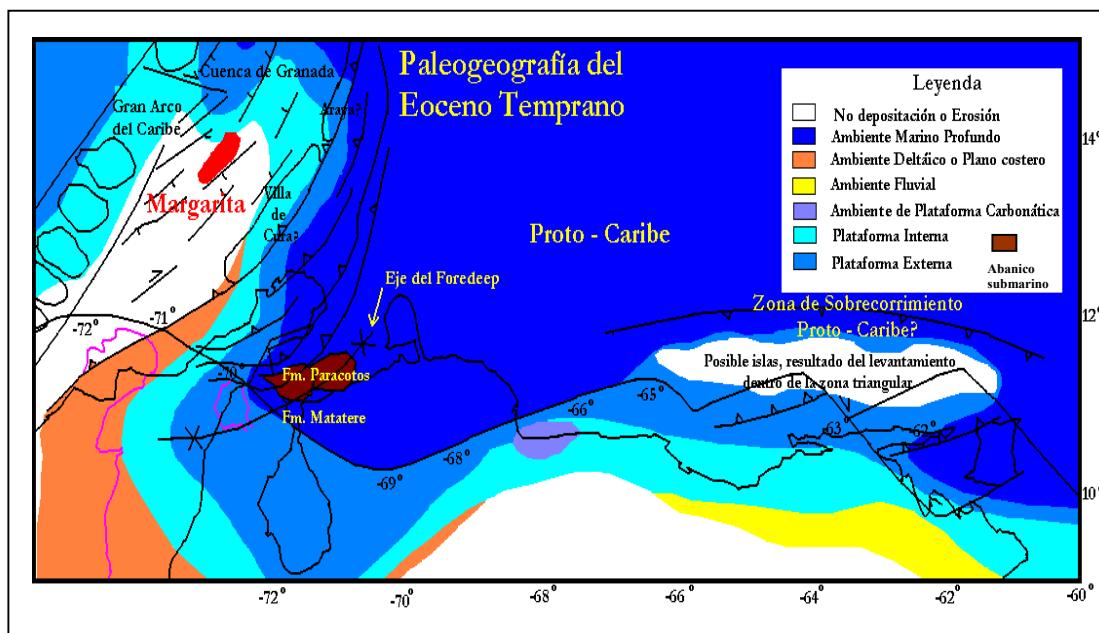


Figura 4. Paleogeografía del Eoceno Temprano.

Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

Durante el Eoceno Medio tardío, Margarita estuvo situada en la transición entre la cuenca oceánica de Granada y la cuenca de Bonaire, inicializándose la deposición de las turbiditas calciclásticas y terrígenas del Grupo Punta

Carnero y Formación Pampatar, sobre las rocas metamorfizadas de las formaciones Los Robles y Los Frailes. (Figura 5).

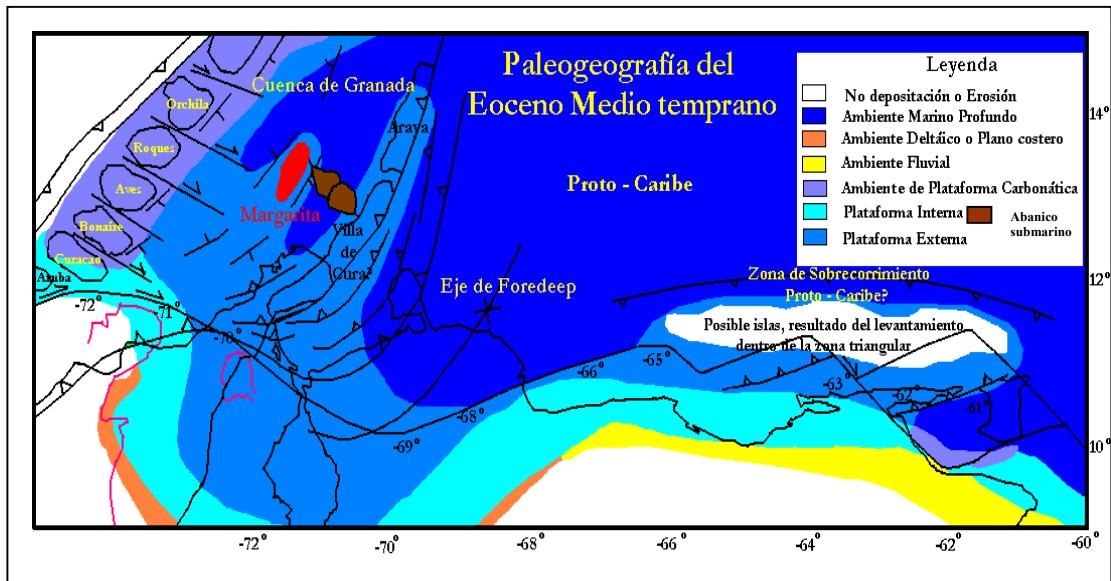


Figura 5. Paleogeografía del Eoceno Medio temprano.

Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

Desde el Eoceno Medio tardío al Eoceno Tardío temprano, el Grupo Punta Carnero representa la sedimentación temprana en la cuenca de Bonaire durante la extensión del retroarco (MuÑOZ, 1973; BIJU-DUVAL *et al.*, 1982, en PINDELL, *et al.* 1998). Estos autores señalan que la subsecuente subsidencia termal, propicia la sedimentación en aguas profundas y que los foraminíferos transportados presentes en las calciturbiditas de la Formación Punta Mosquito coinciden con la depositación del Eoceno Medio tardío de las otras islas que componen las Antillas Menores así como en la cuenca oriental de Venezuela, representada por las calizas de la Formación Peñas Blancas y el Miembro Tinajitas (GALEA, 1992, en PINDELL, *et al.* 1998). Estos carbonatos indican que las islas de las antillas menores estuvieron emergidas o cerca de un alto, representando este alto una opción de fuente de sedimentos de las calciturbiditas, la cual también podría estar representada por un banco

carbonático ubicado en la periferia de las napas de Villa de Cura. La extensión, migración (hacia el sureste) y rotación en sentido horario de la placa de Caribe continua, tipificando la evolución de los terrenos alóctonos del Caribe. (Figura 6).

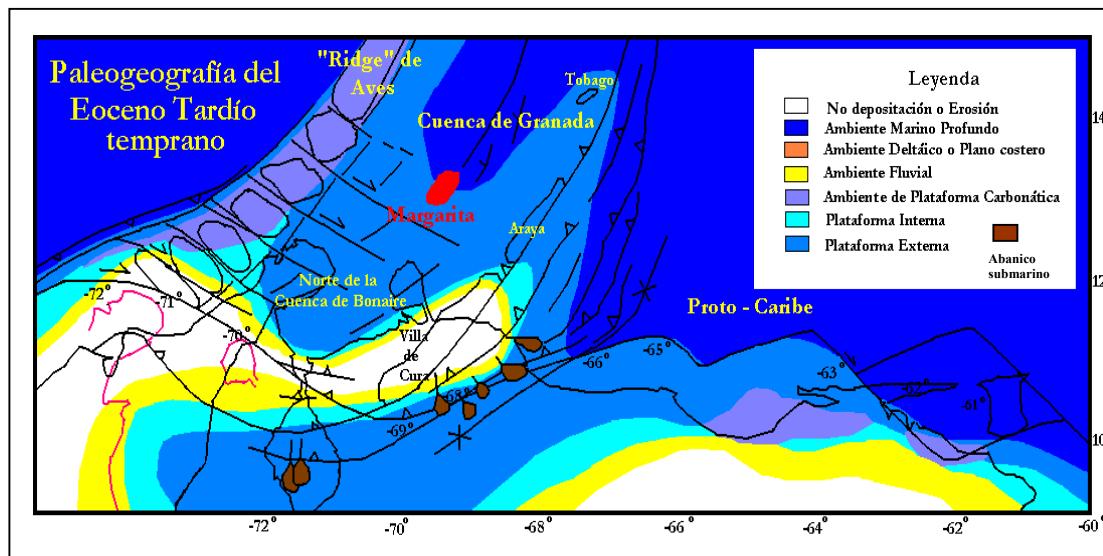


Figura 6. Paleogeografía Eoceno Tardío temprano.

Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

Para El Oligoceno Tardío (Figura 7), las islas de las Antillas Menores se encuentran ubicadas directamente al norte de Falcón. Estas conjuntamente con los terrenos alóctonos sufren una deformación compleja, producida por la ruptura en bloques de las antillas menores a través de fallas de diferentes movimientos, algunas sinestrales que provocan la rotación de los bloques en sentido de las agujas del reloj y otras dextrales que sirven para el emplazamiento oblícuo del alóctono en el margen sur del caribe, originándose probablemente el límite de placa sur del Caribe en la zona de Falcón.

A su vez ocurre un cese en la extensión de la cuenca de Granada, este proceso quizás esta relacionado con la aparición de un arco magmático en el sur de las Antillas Menores (SpEED, 1993 en PINDELL, *et al.* 1998).

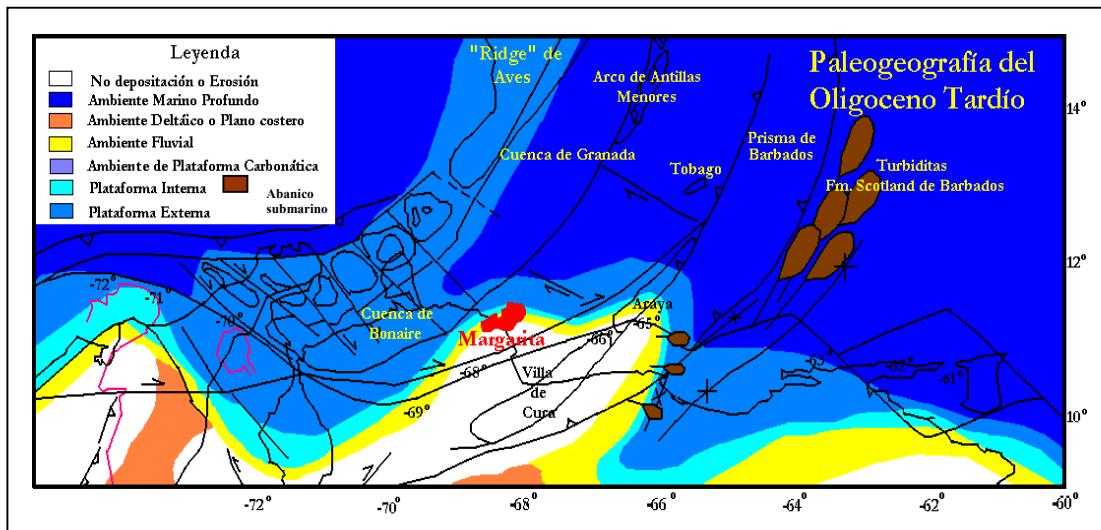


Figura 7. Paleogeografía del Oligoceno Tardío.

Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

En el Mioceno Temprano tardío (17 Ma), ocurre el levantamiento de los cinturones alóctonos ubicados al frente de las áreas de Villa de Cura, Golfo de Barcelona, Margarita y sus alrededores, Cuenca de Carúpano, Serranía del Interior y el norte de Trinidad (Figura 8). Este levantamiento fue causado por la flotabilidad de la corteza continental de Suramérica en su entrada a la fosa del Caribe, originándose un proceso de erosión con la subsecuente generación de una discordancia que cubre todas estas áreas. (BIJU- DUVAL, *et al.*, 1982; BELLIZZIA, 1986, en PINDELL, *et al.* 1998.).

La colisión entre la placa de Caribe y la Suramericana continúa, ubicándose el cinturón orogénico al norte. Margarita se encuentra al sur de la Cuenca de Granada (BIJU- DUVAL, *et al.*, 1982; SpEED, 1993 en PINDELL, *et al.* 1998), reduciendo la continuidad entre la Cuenca de Granada y Bonaire. En la zona

ubicada entre el alto de las Aves y las Antillas Menores, posiblemente ocurre una rotación en sentido horario, originándose un rompimiento entre las dos zonas y un levantamiento que da origen a la isla de la Blanquilla. Continua la depositación de sedimentos de aguas profundas en la cuenca de Tobago, Granada y Bonaire, mientras el arco magmático (iniciado en el Oligoceno) y la depositación de carbonatos prosigue en el sur de la Plataforma de las Antillas Menores y el alto de las Aves respectivamente.

Debido a la presencia en el área de secuencias de grandes espesores depositadas desde el Mioceno Tardío hasta sedimentos del Reciente, proponen un cambio en la subsidencia para esta época, pasando a ser más rápida (BIJU-DUVAL, *et al.*, 1982; SpEED, 1993 en PINDELL, *et al.* 1998).

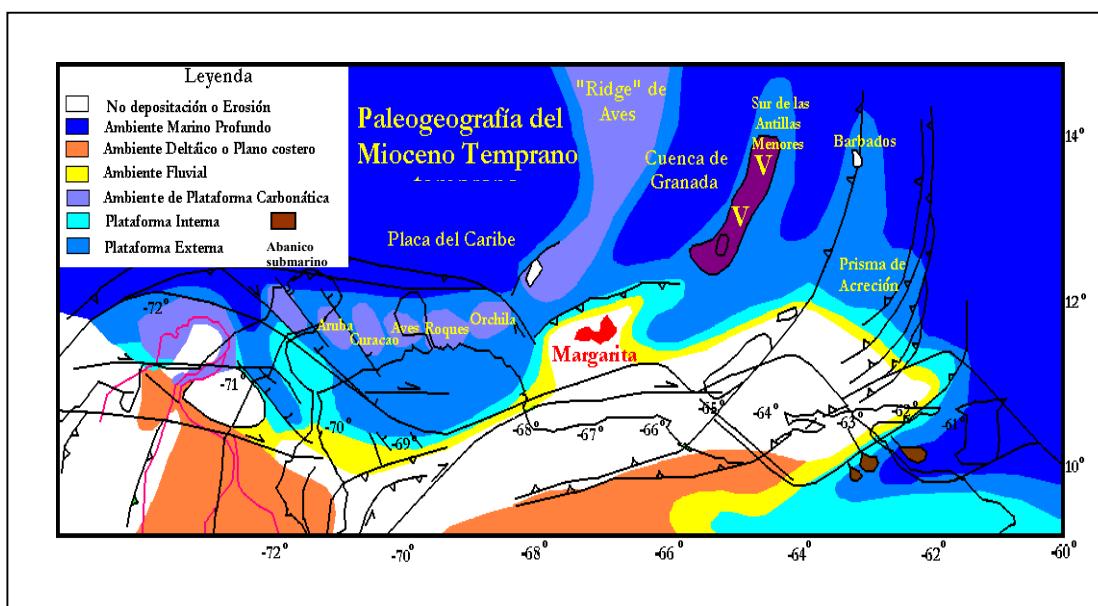


Figura 8. Paleogeografía Mioceno Temprano .

Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

Durante el Mioceno Medio tardío (Figura 9) hay un cambio en el movimiento relativo de la placa del Caribe, pasando de una dirección sureste a una este-oeste, produciéndose desde el Mioceno Tardío hasta el reciente un período de tectónica generalmente transcurrente destral, la cual lleva a la isla de Margarita a su posición actual.

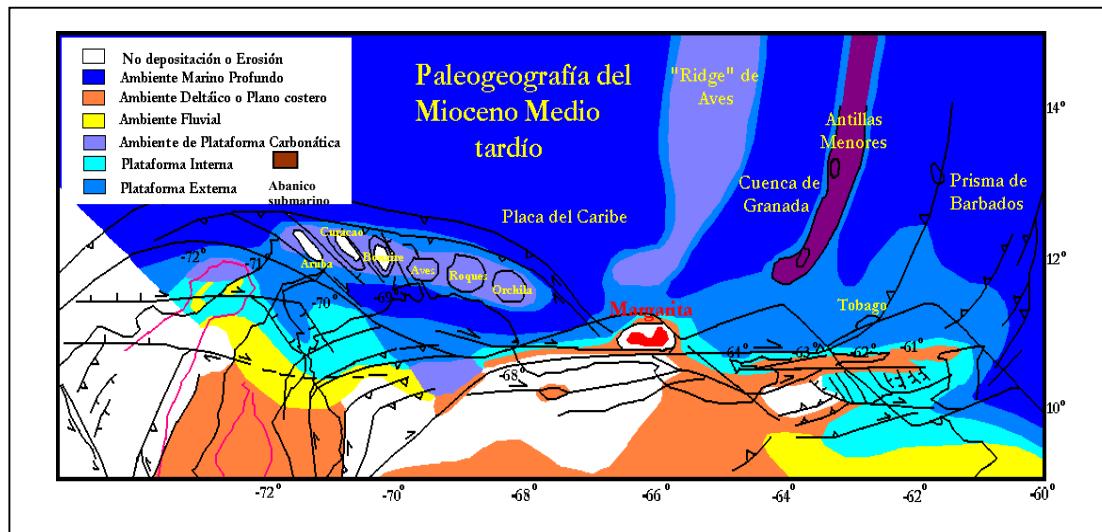


Figura 9. Paleogeografía Mioceno Medio tardío.  
Tomado y modificado de PINDELL, *et al.* (1998).

La Plataforma de Margarita ha sido estudiado por diversos autores entre ellos figuran: LATTIMORE, *et al.* (1971); WEEKS, *et al.* (1971) y MORELOCK, *et al.* (1972), todos en GONZÁLEZ de JUANA, *et al.* (1980). Los cuales determinaron por medio de análisis sismográficos que el rasgo geomorfológico de la Plataforma de los Testigos coincide con un alto del basamento que se continúa con las islas Margarita y Coche; además que rocas ígneas y metamórficas constituyen el basamento de la cuenca sedimentaria desarrollada en la plataforma.

FEOCODECIDO, (1977, en GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* 1980) indica que en esta cuenca hay cerca de 58.000 KM<sup>3</sup> de sedimentos del Terciario, con un espesor que puede exceder los 6.000 metros.

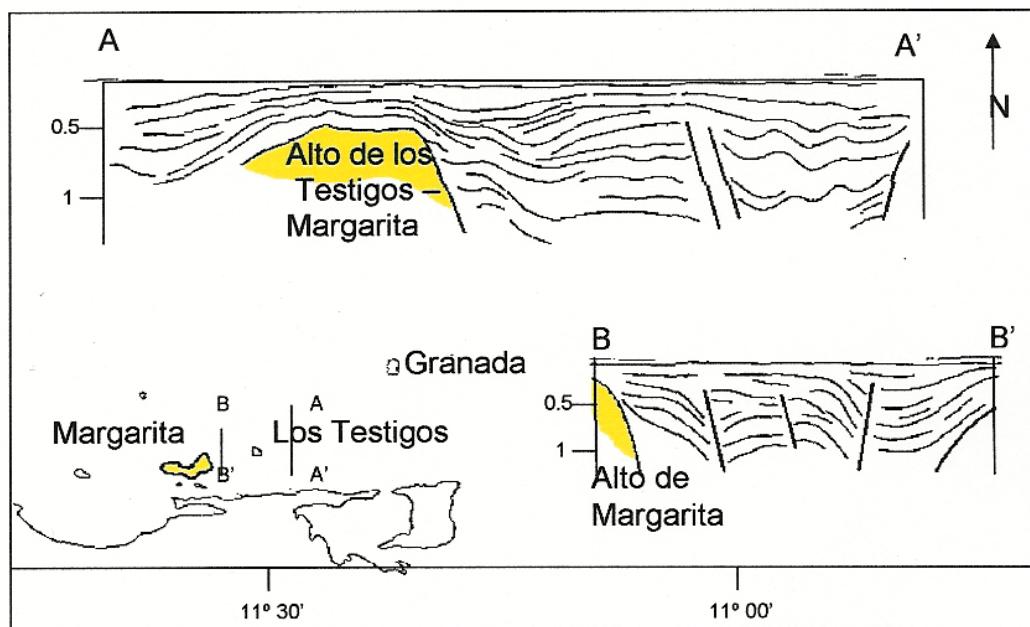


Figura 10. Estructura de la Plataforma de los Testigos.  
Tomado y Modificado de MORELOCK, *et al.* 1972, en González de Juana,(1980)

## 2.3-. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

La estratigrafía regional de la isla de Margarita, se divide principalmente en cuatro ciclos estratigráficos, los cuales se encuentran delimitados por las tres discordancias del Caribe. La primera y más profunda de las discordancias separa el basamento de una secuencia de sedimentos turbidíticos muy tectonizados correlativos con el “flysch” del Grupo Punta Carnero, los cuales pueden alcanzar espesores por el orden de 4.000 m, estos se acuñan contra la Plataforma de Los Testigos donde están ausentes.

Esta secuencia a su vez está truncada por la erosión y recubierta por un tercer ciclo estratigráfico, cuyos caracteres sismográficos sugieren facies de caliza intercaladas con arcilitas y areniscas, esta secuencia es de probable edad Oligoceno y se desconoce su naturaleza. La secuencia se acuña contra la plataforma de Los Testigos en donde está ausente ya sea por no haberse sedimentado o por erosión posterior (GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* 1980).

El último ciclo estratigráfico (más joven) recubre discordantemente la Plataforma de Los Testigos con un espesor que varía entre 300 y 1.000 metro, el cual se considera correlativa con la Formación Cubagua.

A continuación se presenta una síntesis de las formaciones presentes en la isla de Margarita (figura 11), la cual se realizó tomando como referencia la compilación realizada por GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* (1980) y el Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura (CIEN, 2002, web)

EDAD		NUEVA. ESPARTA		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA			
CENOZOICO	RECENTE						
	PLEISTOCENO	Fm. EL MANGILLO Fm. FALCA ↗ Fm. COCHE ↗ Fm. CASTILLO		MARGAS ARENOSECAS Y COQUINAS ARENASCAS/CONGLOMERADOS/ CALCARINAS			
	PLIOCENO	Mb. LAS HERNANDEZ		ARCILLAS MARGOSAS			
	Tardío	Mb. LA TEJITA		CONGLOMERADOS-ARENASCAS CALIZAS DE POCAS ELEVACIONES LIMOLITAS-ARCILLAS			
	Medio	Mb. LA GUICA					
	Temprano						
	OLIGOCENO						
	Tardío	Gp. PUNA CANERO	Fm. PIA MOSQUITO	CALEAS CREPIDOIDALES	CONGLOMERADOS		
	Medio		Fm. EL DATIL	ARCILLAS Y CALIZAS	ARENASCAS		
	Temprano		Fm. LAS BERMUDEZ	CONGLOMERADOS/ CALIZAS ARRECIALES	ARCILLAS LIMOLITAS		
MESOZOICO	PALEOCENO						
	Maastrichtiense	Fm. LOS FRAILES		TOBAS VOLCÁNICAS Y FTANITAS			
	Campaniense						
	Santoniense						
	Coniaciense						
	Turoniense						
	Cenomaniense						
	Albiense	Fm. LOS ROBLES		ESQUISTOS, FILITAS Y CUARCITAS			
	Aptiense			+			
	Barremiense						
	Hauteriviense						
	Valanginiense						
	Berriacience	Fm. EL PIACHE		MARMOLES INTERCALADOS CON ESQUISTOS Y FILITAS			
	JURASICO	Gp. JUAN GRIEGO		GNEIS, ESQUISTOS, CUARCITAS FACIES DE LOS ESQUISTOS VERDES			

Tomado y Modificado de CIEN, 2002, Web.

## GRUPO JUAN GRIEGO

**Edad:** Jurásico-Cretácico (Barremiense-Aptiense).

**Autores:** HESS Y MAXWELL, 1949, en CIEN, 2002, web

**Litología:** El Grupo Juan Griego está compuesto principalmente por rocas de origen sedimentario metamorfizadas en la facies de los Esquistos Verdes. Estando integrada principalmente por los siguientes litotipos: gneises, esquistos y cuarcitas. Los gneises son primordialmente gneises cuarcíticos y gneises cuarzo-feldespáticos los cuales se caracterizan por poseer un bandeamiento desde ligero a pronunciado, duras, compactas, de grano fino a mediano. Ciertas variedades contienen granates que pueden alcanzar tamaños hasta de 1 cm. Los esquistos principalmente cuarzo-feldespáticos, esquistos cuarzo-micáceos, esquistos grafitosos y esquistos granatíferos, presentan foliación bien marcada y colores variables, según su composición, son de grano grueso y fino, y presentan variaciones en la proporción relativa de micas, que hace que aparezcan interdigitados con los paragneises o gradando lateralmente a estos. JAM Y MÉNDEZ, (1962), mencionan asimismo, otros litotipos de menor carácter, tales como esquistos clorítico-epidóticos y conglomerados, así como CHEVALIER, (1987), en CIEN, (2002), web, señala la presencia de anfibolitas. Modernamente se incluye en el tope del grupo, a los Mármoles Masivos de El Piache.

CHEVALIER, (1987), en CIEN, (2002), web, divide al Grupo Juan Griego en cuatro unidades; una unidad basal, cuarzo feldespática que contiene anfibolitas derivadas posiblemente de lavas básicas y tobas. Sigue hacia arriba una unidad micaesquistosa carbonatada, con mármoles en capas disímétricas y lentes centimétricos. Este intervalo está cubierto por una unidad grafitosa, compuesta por esquistos grafitosos con intercalaciones de esquistos micáceos y de cuarcitas en la base, y por ultimo la unidad superior (Formación El Piache), constituida por mármoles masivos.

**Paleoambiente:** Según CHEVALIER, 1987, en CIEN, 2002, web, esta sección fue depositada en un ambiente de plataforma del paleomargén continental de Sudamérica.

## FORMACIÓN EL PIACHE

**Edad:** Cretácico (Barremiense-Aptiense)

**Autores:** HESS Y MAXWELL, 1949, en CIEN, 2002, web.

**Litología:** Esta unidad está formada principalmente por mármoles de tamaño de grano fino y colores que varían entre blanquecinos, grises, verdes, y otros; intercalados con esquistos y filitas. Los mármoles se presentan en capas individuales, de espesor variable entre 30 y 90 cm, con delgadas intercalaciones cloríticas y actinolíticas. En la localidad tipo se diferencian dos tipos de mármoles, uno verde, clorítico, y uno blanco, dolomítico; ambos se exhiben con intercalaciones de filitas cuarzo-cloríticas y cuarzo-sericíticas.

**Paleoambientes:** JAM Y MÉNDEZ, (1962) indican un origen arrecifal para estas calizas. Mientras que CHEVALIER, (1987) en CIEN, (2002), web, cree que esta unidad fue depositada en ambiente de plataforma del paleo-margen continental de Sudamérica. Esta litofacies, así como las cuarcitas de la Formación Manicuare, implica un regreso a condiciones oxigenadas, de mar abierto, posterior a la deposición de la unidad de esquistos grafitosos en condiciones euxínicas.

## FORMACIÓN LOS ROBLES

**Edad:** Cretácico (Cenomaniense)

**Autores:** HESS Y MAXWELL, 1949, en CIEN, 2002, web.

**Reseña Histórica:** Este nombre es publicado por primera vez en el CIEN, 2002, web, para designar la unidad pelítica superior del antiguo Grupo Los

Robles el cual quedó restringido a esta sola unidad, al excluir del mismo a la Formación El Piache. Como integrante del grupo, la secuencia había sido denominada Formación El Cauca (González de Juana *et al.*, 1980), pero se prefiere el término Los Robles, por su mayor antiguedad y difusión.

**Litología:** Según GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* (1980) esta formación se distingue por presentar dos secuencias dentro de la misma unidad. Una primera unidad basal pelítica compuesta por filitas cuarzo-sericítico-cloríticas, las cuales se hacen más calcáreas hacia el contacto con la Formación El Piache (infrayacente). La unidad forma suelos de coloración verde-amarillento y pardo-rojizo, lo que lo hace fácilmente distintivo de la secuencia superior, la cual está representada por esquistos cuarzo-micáceo-cloríticos, con plagioclasa, epidoto y sericita, y en menor porcentaje, por cuarcitas micáceo-epidóticas y algunos metaconglomerados cuarzo-albíticos, la cual genera suelos que meteoriza en color gris blanquecino a gris amarillento.

**Paleoambiente:** Según CHEVALIER, (1987) en CIEN, (2002), web. Las rocas sedimentarias que dieron origen a esta secuencia, fueron depositadas en ambiente de plataforma en el paleo-margen continental de Sudamérica.

## FORMACIÓN LOS FRAILES

**Edad:** Cretácico Tardío (Maastrichtiense)

**Autor:** DE RIVERO, 1956.

**Litología:** La formación Los Frailes está constituida principalmente por tobas volcánicas estratificadas, típicas de sedimentación submarina y una secuencia de coladas basálticas, que localmente son almohadilladas; esta asociación se halla seriamente intrusionada por basaltos y diabases toleíticas. De base a tope se encuentran tobas cristalinas afaníticas, estratificadas seguidas de una delgada capa de tobas líticocristalinas de

grano fino. Estas tobas fueron cubiertas por coladas sucesivas de basaltos toleíticos afaníticos, microporfídicos o equigranulares así como también por basaltos toleíticos, porfídicos, faneríticos y holocrystalinos y de basaltos toleíticos alveolares porfídicos con matriz hialopilitica.

Estas coladas tienen un espesor variable, el cual en algunos casos alcanzaba los 10 m de espesor, representando el tope de la secuencia y que a menudo se encontraba densamente cargado de cuantiosos xenolitos (flujo de brecha basáltica). Estas unidades estratiformes fueron originariamente intrusionadas por gruesos sills y diques de diabasa toleítica de tamaño de grano medio a fino, que ulteriormente fueron abundantemente invadidas por basalto toleítico porfídico con matriz afanítica. Culminando con el emplazamiento de potentes diques verticales de diabases gabroides.

La sección de Punta Gorda (isla de Margarita) se compone de una intercalar de fítanitas con rocas volcánicas efusivas y tobas, las cuales fueron penetradas por diques subvolcánicos. De base a tope, se encuentran tres unidades litológicas: La primera es una fítanita de color gris a negro, laminada, en capas de menos de 1 m de espesor, toda esta secuencia tiene 3 ó 4 m de espesor, y se considerada como la roca no metamorfizada más antigua de Margarita. Siguen 8 ó 9 tobas interestratificadas con coladas de traquiandesitas y andesitas porfídicas holocrystalinas, de coloración verde oscuro, moteada de puntos blancos y con delgadas capas de chert negro. El tope de la unidad está formado por una brecha delgada de fragmentos angulares cementados por material piroclástico. Estas fítanitas no se han entrado en el archipiélago ya que los estratos dentro de esta formación, no muestran indicios de plegamientos y los pocos arqueamientos presentes son de origen acumulativo.

**Ambiente tectónico y petrogénesis:** Las secciones de la formación Los Frailes encontradas en el archipiélago de Los Frailes, el Grupo de Los Testigos, la isla La Sola, la porción de la Formación Los Frailes en Margarita y posiblemente los diques de rocas subvolcánicas en Macanao, constituyen una línea de actividad volcánica fisural contemporánea de tipo básico y sin embargo el arco volcánico de las Antillas Menores de Sotavento, parece formar la continuación natural de esa línea, su actividad volcánica es posterior (MOTICKA, 1972 en CIEN, 2002, web). En la isla de Margarita la intercalación de fíbanitas y rocas volcánicas indica la ocurrencia de erupciones volcánicas submarinas de carácter periódico, relacionadas con el depósito de sedimentos ocasionados por la precipitación coloidal de material silíceo, posiblemente de origen orgánico. (JAM Y MÉNDEZ, 1962).

#### GRUPO PUNTA CARNERO

**Edad:** Terciario (Eoceno)

**Autor:** GONZÁLEZ DE JUANA, 1947, en CIEN, 2002, web.

**Reseña Histórica:** Esta sección fue estudiada por primera vez en 1947 por González de Juana; asignándole en nombre de Grupo Punta Carnero (figura 12), el cual sugirió una división tripartita del grupo. Esta subdivisión fue publicada en el Léxico Estratigráfico, (1956) por Rivero como Formación Las Bermúdez, Formación El Dátil y Formación Punta Mosquito. Posterior a esto, muchos autores han estudiado tanto el grupo como sus formaciones, creándose polémica con respecto a su rango formacional. MUÑOZ en 1973, realizó un estudio sedimentológico detallado de esta secuencia, asignándole rango de Formación y restringiendo el término a los afloramientos del área de Punta Carnero y Punta Mosquito; posteriormente González de Juana, *et al.* en 1980, acepta esta restricción, excluyendo del Grupo Punta Carnero los afloramientos Eocenos pertenecientes a la región de Pampatar.

**Miembros:** Formación Las Bermúdez, Formación El Dátil y Formación Punta Mosquito.

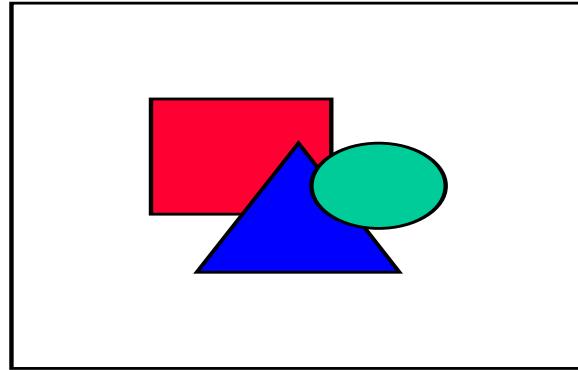


Figura 12. Distribución Geográfica del Grupo Punta Carnero.

Tomado del Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de Venezuela

<http://www.pdvsa.com/lexico/lexicoh.htm>

**Litología:** La base del grupo es la Formación Las Bermúdez la cual está constituida por un arreglo caótico de fragmentos de diferentes tamaños los cuales van desde bloques a partículas tamaño arenas, y de variada composición. Estos fragmentos están embebidos en una matriz arcillosa deformada. Incluye en su parte inferior, una mesa de caliza arrecifal lenticular, llamada Los Bagres, que ha sido considerada diversamente formación individual, miembro, capa o elemento alóctono. KUGLER, (1957) en CIEN, (2002), web, reseña el carácter de “flysch” salvaje, (“wildflysch”) de esta formación, al igual que MUÑOZ en 1973.

El intervalo medio denominado Formación El Dátil, consta de intercalaciones de capas delgadas de limolita, areniscas calcáreas y algunas calizas con orbitoides. Hacia el tope prevalecen las arcilitas con intercalaciones delgadas de areniscas calcáreas y arcillas. Distribuidas por toda la sección se encuentran concreciones ferruginosas. Mientras que la parte superior del grupo (Formación Punta Mosquito), está constituido por calizas orbitoidales en la base, intercaladas con calizas no arrecifales, areniscas calcáreas y

arcilitas. Hacia la parte superior, predominan las limolitas y arcilitas calcáreas intercaladas con areniscas calcáreas y arcilitas pelágicas. En esta parte de la sección abunda la materia orgánica carbonosa.

**Contactos:** Este grupo se encuentra en contacto discordante con los esquistos del grupo Los Robles o las ftanitas y andesitas de la Formación Los Frailes, los cuales se encuentran en contacto basal con el Grupo Punta Carnero. El contacto superior es con la Formación El Manglillo o con aluviones recientes, este contacto al igual que el inferior es discordante.

**Fauna y Edad:** La fauna de este intervalo es muy abundante principalmente esta constituida por foraminíferos los cuales pueden ser del Eoceno medio, Eoceno inferior y Paleoceno, este amplio rango de edad encontrado se debe a la presencia de fauna autóctona, retrabajada así como fauna contenida en bloques exóticos. MUÑOZ en 1973, basándose en el estudio de la fauna obtenida de las arcilitas pelágicas no retrabajadas indica que la edad del Grupo es Eoceno Medio, en su parte superior.

**Correlación:** Esta secuencia es correlacionable con la Formación Pampatar, Formación Caratas (Oriente de Venezuela), Formación Tigrillo (subsuelo cuenca de Carúpano), así como la sección del Eoceno superior de la cuenca de Cariaco. Fuera de Venezuela se considera equivalente a la Formación Navet (Trinidad), Formaciones Scotland y Oceanic (Barbados).

#### **CALIZA DE LOS BAGRES (Formación Las Bermúdez) – INFORMAL**

**Edad:** Terciario (Eoceno).

**Autores:** HESS Y Maxwell, 1949, en CIEN, 2002, web.

**Reseña histórica:** Los primeros en mencionar la caliza de los Bagres fueron HESS Y MAXWEL (1949) en CIEN, (2002), web. Ellos la mencionaron como

"caliza basal de Los Vagres", la cual estaba dentro de la Formación Punta Carnero. En este momento no se hizo una descripción detallada de esta. BUCHER, (1952) en CIEN, (2002), web. la describió someramente pero sin nombrarla. DE RIVERO, (1956), hizo mención de la Caliza de Los Bagres como una caliza lenticular local la cual no presenta rango de miembro. KUGLER, (1957) en CIEN, (2002), web, indica que los microfósiles de la "caliza Los Vagres" son principalmente *Tremastegina* o *Amphistegina senni* por lo cual el sugiere una edad Paleoceno o Eoceno Temprano, mientras que la fauna de corales corresponde al Oligoceno.

TAYLOR, 1960 en CIEN, 2002, web indicó que la edad de la "Formación Los Bagres" era Eoceno Temprano. JAM Y MÉNDEZ en 1962 hicieron un resumen de los trabajos publicados y en el Cuadro de Correlación del Primer Congreso Venezolano del Petróleo (Soc. Venez. Ing. Petról., 1963) aparecen Los Bagres como miembro basal de la Formación Las Bermudez, este razonamiento fue seguido por González de Juana (1968). Mientras que MUÑOZ en 1973 considera la Caliza de los Bagres como bloques de arrecifes complejos del Paleoceno y Eoceno Inferior deslizados dentro de la cuenca en el Eoceno Medio.

**Litología:** Esta caliza ha sido descrita por HESS y MAXWELL, (1949) en CIEN, (2002), web como una caliza conglomerática, con cantos de rocas ígneas y volcánicas. TAYLOR, (1960) en CIEN, (2002), web, señaló una arenisca basal, areniscas líticas, ortocuarцитas duras y calizas de color gris oscuro, finamente cristalinas, con una proporción variable de fragmentos cristalinos y restos de algas, que mayormente se encuentran reemplazados por calcita negra, con un espesor total de 30 metros.

## FORMACIÓN LAS BERMÚDEZ

**Edad:** Eoceno

**Autor:** DE RIVERO 1956.

**Litología:** Fue publicada por primera vez con rango formacional en el Léxico Estratigráfico de Venezuela por DE Rivero, (1956). En 1962 fue descrita a detalle por JAM Y MÉNDEZ (1962). MUÑÓZ, (1973) redefinió la unidad como miembro basal de la Formación Punta Carnero. Esta formación se distingue por presentar un carácter de “wildflysch”; el cual se caracteriza por mostrar un arreglo caótico de diferentes unidades litológicas, entre las cuales tenemos: una matriz arcillosa que envuelve a conglomerados polimicticos, paraconglomerados de guijarros en lodo, brechas de fragmentos de calizas arrecifales y capas de areniscas-grauvacas. Los conglomerados son de color rojizo y marrón, están conformados principalmente por fragmentos de cuarzo, rocas volcánicas andesíticas, fítnita, diorita, otras rocas ígneas, grauvacas y calizas. Los clastos presentan variación en el tamaño de grano, esta variación va desde clastos de más de un metro de diámetro, hasta tamaño arena. Estos conglomerados pueden estar intercalados con arcilitas y areniscas mayormente verde oliva y marrón. En toda la sección se pueden encontrar fragmentos de color blanco-grisáceos de calizas arrecifales coralinas y algáceas los cuales son conocidos como Caliza de Los Bagres, la cual en base al estudio de su contenido fosilífero indica una edad Paleoceno o Eoceno Inferior, por lo tanto estos fragmentos se consideran elementos alóctonos deslizados a la cuenca, por procesos de deslizamiento submarino (Muñoz, 1973).

**Fauna y Edad:** El contenido fosilífero de la formación evidencia una mezcla tanto ecológica, como cronológica. No obstante, se estima que la sedimentación de la unidad tuvo lugar en el Eoceno Medio.

**Correlación:** Esta formación se correlaciona con la parte basal de la Formación Pampatar, de Margarita oriental, y presenta un parecido con los conglomerados de grano grueso, encontrados en el subsuelo de la subcuenca de Cubagua (margen continental de Venezuela) de edad Eoceno, y parcialmente con las formaciones Navet y Lizard Springs de Trinidad (L.E.V., 1970, en CIEN, 2002, web.).

## FORMACIÓN EL DÁTIL

**Edad:** Terciario (Eoceno).

**Autor:** DE RIVERO, 1956.

**Litología:** La Formación El Dátيل es la unidad intermedia del Grupo Punta Carnero; en su parte basal está compuesta principalmente por limolitas gris-verdoso, arcilitas calcáreas y areniscas calcáreas grises, con ciertas intercalaciones de calizas con orbitoides. En la parte superior, prevalecen las intercalaciones de areniscas de grano fino calcáreas con arcilitas de color gris claro que meteorizan a amarillento. El intervalo presenta también cristales de yeso y concreciones ferruginosas elipsoidales y discoidales, de color rojizo a purpúreo.

Según Muñoz, (1973) la secuencia es un “flysch” calcarenítico, compuesto por una intercalación monótona de calizas bioclásticas (biocalcarenitas, biocalcilitas, biocalciarcilitas) y arcilitas pelágicas, con ciertas intercalaciones de grauvacas calcáreas. En la parte inferior de la sección, la estratificación es más gruesa y con mayor proporción de biocalcarenitas de color gris, mientras que en la parte superior, la estratificación es más fina, con predominio de arcilitas, biocalcilitas y biocalciarcilitas de color amarillento.

**Edad:** Sobre la base del contenido fosilífero la edad de esta Formación ha sido asignada como Eoceno Medio; BERMÚDEZ Y GÁMEZ, (1966) la definieron como zona de *Globigerapsis kugleri* y *Globorotalia lehneri*, JAM y MÉNDEZ,(1962) plantean que las especies *Gumbelina goodwini*, *Nonion micrus* y *Bolivina taylori*, son características del Eoceno Medio. Mientras que MUÑOZ considera la sección turbidítica y señala que gran parte de la fauna es redepositada, asignando la secuencia al Eoceno Medio superior; zona de *Truncorotaloides rohri*, basándose en la fauna contenida en arcilitas que parecen ser realmente pelágicas, no redepositadas.

CASTRO, (1997), en CIEN, 2002, web, en comentarios enviados al Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura, indica que en la base y hacia la parte media de la formación, la nannoflora calcárea es de edad Eoceno Medio, límite entre las zonas NP15 y NP16 de MARTINI 1971, zonas de *Chiphragmalithus alatus* y *Discoaster tani nodifer*. Perch-Nielsen (1985), en CIEN, (2002), web, ubica la muestra en la zona de *Nannotetrina fulgens*, que incluye la zona NP15 y la base de NP16. En la parte superior el conjunto floral indica una edad comprendida entre el Eoceno Medio y el Tardío, zonas NP16 y NP20 de Martini 1971, zonas de *Discoaster tani nodifer* y *Sphenolithus pseudoradians*.

**Paleoambientes:** El contexto depositacional de esta secuencia fue un ambiente marino profundo de mar abierto, en condiciones de inestabilidad tectónica.

## FORMACIÓN PUNTA MOSQUITO

**Edad:** Terciario (Eoceno)

**Autor:** DE RIVERO, 1956.

**Litología:** Esta formación es considerada la unidad superior del Grupo Punta Carnero, estando constituida principalmente en su parte basal por calizas orbitoidales grises, arenosas, en capas que pueden medir hasta un metro de espesor, intercaladas con arcilitas arenosas, capas delgadas de arenisca laminada calcárea y lentes conglomeráticos. En la sección superior, prevalecen arcilitas y limolitas oscuras laminadas, micáceas y esporádicamente ligníticas, las cuales están intercaladas con areniscas finas, de color gris verdoso, usualmente calcáreas; en menor proporción se presentan capas delgadas de caliza arenosa orbitoidal. Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, (1980) la Formación Punta Mosquito, constituye una facie más clástica que la formación El Dátil (infrayacente a esta formación). MUÑOZ (1973), considera que la secuencia aflorante en Punta Mosquito, es una facies de “flysch” calcarenítico, muy similar a la de la Formación Punta Carnero, en el área de Las Bermúdez-El Manglillo. La cual, según el mismo autor está constituida por capas gruesas de calizas arrecifales bioclásticas, de grano muy grueso, intercaladas con arcilitas pelágicas y biocalciarcilitas laminadas.

**Discusión de Edad:** BERMÚDEZ Y GÁMEZ (1966), señalan que la sección pertenece a la zonas de *Truncorotaloides rohri*, los cuales son del Eoceno Medio Tardío. Mientras que CASTRO, (1997), en CIEN, 2002, web, en base al estudio del conjunto floral indica una edad Eoceno Tardío, entre las zonas NP18 y NP20, zonas de *Chiasmolithus oamaruensis* y *Sphenolithus pseudoradians* de Martini 1971. En el tope el conjunto floral presente es del Eoceno Tardío parte mas superior, zona NP20, Zona de *Sphenolithus pseudoradians* de Martini 1971.

**Paleoambiente:** Muñoz (1973), apunta que el intervalo, como el resto de la Formación Punta Carnero, fue depositada en un ambiente marino profundo, de mar abierto, bajo un régimen tectónico inestable.

## FORMACIÓN PAMPATAR

Edad: Terciario (Eoceno)

Autor: MUÑOZ, 1973.

Litología: El nombre de Formación Pampatar fue introducido por primera vez por Muñoz en 1973, cuando señaló que existían diferencias marcadas tanto a nivel de características sedimentarias como litológicas de esta formación con respecto al Grupo Punta Carnero, señalándola como una unidad separada de este grupo. El señala que esta Formación aflora principalmente en el área de Agua de Vaca, Punta Gorda y Salina de Pampatar, al norte-noreste de la unidad de Pampatar (figura 13).

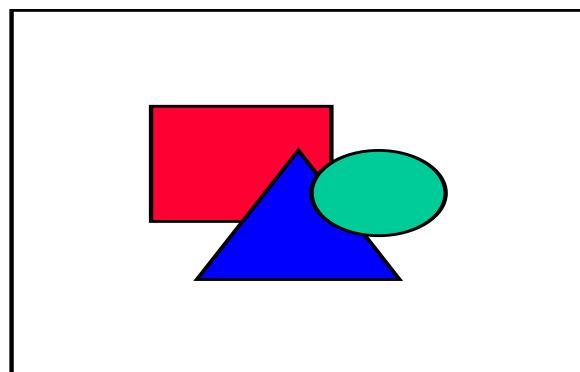


Figura 13. Distribución Geográfica de la Formación Pampatar.  
Tomado del Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de  
Venezuela

<http://www.pdvsa.com/lexico/lexicoh.htm>

La sección tipo se encuentra en el flanco norte de un sinclinal cuyo eje es este- oeste. La sección comienza con un olistolito de fítnita cuyas capas se presentan finamente estratificadas y laminadas, este cuerpo mide

aproximadamente 15 m de espesor. En contacto con las fíbanitas se encuentran conglomerados de guijarros envueltos en una matriz arcillosa así como capas gruesas, gradadas, de conglomerados a areniscas y grauvacas de grano grueso y fino. En general los conglomerados se encuentran gradados y exhiben una mala selección del tamaño de grano. Sus clastos son de composición heterogénea, predominando los de rocas volcánicas extrusivas, cuarzo y fíbanita. Posteriormente se encuentra una alternancia de arcilitas y grauvacas, las cuales se ven interrumpidas por un intervalo de arcilitas arenosas de color marrón las cuales poseen bloques exóticos así como una alternancia de limolitas y arcilitas (de fractura astilosa) con areniscas grauvacas.

En el flanco sur del sinclinal se ven evidenciados los cambios locales de facies los cuales se expresan en diferencias litológicas. Al igual que en el flanco norte del sinclinal, la sección sur presenta una base constituida por conglomerados polimictos, por encima se encuentra un intervalo turbidítico de capas gruesas de grauvacas y calcarenitas de tamaño de grano grueso, con estructuras de deslizamiento, estratificación cruzada y relleno de canales, seguidos por una secuencia de conglomerados llenando canales así como un intervalo finamente estratificado de grauvacas limolitas y arcilitas carentes de una secuencia turbidítica. Gradualmente se pasa a una secuencia de intercalaciones monótonas recurrentes de grauvacas y arcilitas de carácter turbidítico.

En toda la sección tanto en flanco sur como en el norte del sinclinal son comunes las estructuras primarias de deslizamiento.

**Fauna:** Según Muñoz, (1973), la fauna de la Formación Pampatar es escasa y en el caso de los fósiles encontrados se considera mezclados y retrabajados por corrientes de turbidez. A pesar de esto entre los microfósiles

encontrados se mencionan *Globigerina* sp., *Discocyclina* sp., *Operculinoides* sp., *Eoconuloides* sp. y *Globorotalia* sp., además de micromoluscos, fragmentos de equinoideos y algas (*Lithothamnium* sp.) En los conglomerados de Punta Moreno, se han reportado macromoluscos como *Turritella* sp. y *Ostrea* sp. y restos de pelecípodos. El estudio de este contenido faunal arroja como Edad Eoceno medio-tardío.

**Correlación:** La Formación Pampatar en su facies “flysch”, se puede considerar como equivalente lateral del “flysch” calcarenítico de la Formación Punta Carnero. Así como también se puede comparar con la sección eocena del subsuelo de la isla de Cubagua, y en su parte basal, con los conglomerados de grano grueso encontrados en el subsuelo de la subcuenca de Cubagua, en el margen continental de Venezuela. Esta formación ha sido correlacionada también con las formaciones Caratas, de Venezuela oriental, Paují y Mene Grande del occidente de Venezuela, y Navet, de Trinidad.

**Paleoambientes:** La sección se depositó en un ambiente marino profundo, en condiciones de pronunciada inestabilidad tectónica.

## FORMACIÓN CUBAGUA

**Edad:** Mioceno Tardío a Plioceno Tardío

**Autor:** DALTON, 1912, en CIEN, 2002, web.

**Miembros:** La Guica, La Tejita, Las Hernandez.

**Litología:** La sección superior de esta formación está constituida principalmente por calizas arrecifales sacaroideas, bancos de moluscos y bivalvos, areniscas cuarzosas, areniscas calcáreas, calcarenitas, calizas micríticas, calizas bioclásticas interestratificadas con arcilitas, arcillas y limolitas grises. En la parte inferior de la formación se encuentran arcilitas grises con glauconita y abundantes nódulos de pirita, junto con limolitas

grises así como algunos intervalos arenosos interdigitados con clásticos más finos.

**Paleoambientes:** La parte superior de la formación es típica de ambientes de aguas tropicales someras de mar abierto así como de detrás de arrecifes, bancos de moluscos y briozoarios. El ambiente de sedimentación está comprendido entre nerítico interno a medio de plataforma abierta el cual va pasando transicionalmente a batial.

**Descripción de los miembros:** este grupo está constituido por tres miembros. El Miembro La Guica de edad Mioceno medio el cual se caracteriza por ser una secuencia limosa arcillosa, generalmente calcárea, escasamente consolidada.

El Miembro La Tejita de edad Mioceno Tardío-Plioceno Temprano, siendo principalmente una secuencia conglomerática-arenosa-calcárea la cual formaba calizas de poca elevación; y final mente el Miembro Las Hernandez de edad Plioceno temprano el cual es principalmente una secuencia de arcillas margosas no consolidadas y limolitas de color crema amarillento y anaranjado rica en fauna de foraminíferos planctónicos.

## FORMACIÓN CASTILLO DE ARAYA

**Edad:** Pleistoceno

**Autor:** MACSOTAY, 1965, en CIEN, 2002, web.

**Litología:** En su localidad tipo esta formación se compone de dos secciones. Una sección inferior que esta constituida por calcarenitas cuarzosas y limosas de color blanco amarillento que generalmente se presentan bien compactada; en ellas se pueden encontrar fragmentos de algas calcáreas, briozoarios y fragmentos de conchas. Y una sección

superior la cual está formada por una coquina conglomerática de color blanco y crema caracterizada por poseer algas calcáreas ramosas e incrustantes, conchas de moluscos enteras y fragmentadas y pequeñas colonias del coral *Siderastrea radians* que se encuentran hacia el tope de la sección. Localmente dentro de la formación se consiguen fragmentos cuyo tamaño varía de gravas a peña, de calizas, cantos de cuarzo redondeados, y algunos ejemplares de pelecípodos los cuales son fósiles procedentes de la erosión de la Formación Barrigón, topográficamente más elevada. Localmente en la base se encuentra un conglomerado marino, lenticular, y frecuentes galerías tipo *Domicnia*.

**Paleoambientes:** Por medio del estudio de la fauna fosilífera se pudo determinar un ambiente marino de aguas muy someras que van de 2 a 4 m de profundidad. La energía del oleaje fue moderada lo que permitió un desarrollo de bancos calcáreos. En esta línea de playa se desarrollaron facies de rocas de playa con incrustaciones de algas calcáreas, características de una mayor energía del oleaje. Se desarrollaron corales en pequeñas colonias aisladas, lo cual es indicativo de la existencia de un oleaje moderado y profundidades muy someras, cercanas a la línea de playa.

## FORMACIÓN COCHE

**Edad:** Pleistoceno

**Autor:** PATRICK, 1959, en CIEN, 2002, web.

**Litología:** Esta formación está constituida principalmente por conglomerados tipo pudinga (mal escogidos), areniscas y arcillas. Todas estas litologías se encuentran distribuidas en partes iguales. Patrick, (1959) así como JAM Y MÉNDEZ, (1962) indican que areniscas son de grano fino a grueso, con cemento arcilloso, gris y marrón, meteorizando en amarillo o rojo, las arcillas son grises o azules, meteorizando en tonos abigarrados,

generalmente arenosas y contienen guijarros de diversas rocas y cuarzo, siendo localmente carbonosas. JAM Y MÉNDEZ, (1962) y BERMÚDEZ Y GÁMEZ, (1966) indican que los conglomerados se componen de guijarros, peñas y peñones subangulares a subredondeados, en los que predominan rocas ígneas, metamórficas, arenisca, cuarzo y, menos frecuentes, fíbanitas y calizas, en una matriz arenosa poco coherente. Ambas litologías son típicas.

**Paleoambientes:** PATRICK, (1959), en CIEN, 2002, web, describió que esta formación expuesta en la isla de Coche se acumuló en un ambiente continental, durante un solo evento de sedimentación, por procesos fluvio-torrenciales, en presencia de un clima tropical desértico. DANIELO, (1976), en CIEN, 2002, web, indica que durante el Pleistoceno se produjeron en la isla de Margarita abanicos aluviales de carácter morfoclimático, especialmente durante los lapsos de glaciación.

## FORMACIÓN ARENAS DE FALCA

**Edad:** Pleistoceno

**Autor:** TAYLOR, 1960, en CIEN, 2002, web.

**Litología:** Arenas cuarzosas, sin consolidar, muy bien escogidas, de grano fino, angular a subangular de color rojizo y marrón amarillento. Este color rojizo se debe a hematita y goetita. Su composición es de hasta un 98% de cuarzo; la fracción fina nunca es superior al 2% y los accesorios observados son clorita, anfíbol y granate.

**Paleoambientes:** BERMÚDEZ Y GÁMEZ (1966), indica que las arenas (Formación Arenas de Falca), posiblemente sean antiguas dunas. Las características texturales de arenas muy bien escogidas y su composición de hasta 98% de cuarzo, parece indicar un ambiente sedimentario eólico, con

mantos de arenas desplazándose por la acción del viento desde la línea de costa hacia tierra adentro.

## FORMACIÓN EL MANGLILLO

**Edad:** Pleistoceno Tardío

**Autor:** JAM Y MÉNDEZ, 1962.

**Litología:** Está constituida principalmente por margas arenosas impuras y zonas conchíferas localmente coralígenas, moderadamente fosilíferas así como arenas arcillosas grisáceas mal consolidadas, localmente conglomeráticas. Estas litologías varían paulatinamente de una a otra tanto en sentido vertical como horizontal. Hacia la costa la compactación de la roca aumenta, tomando el aspecto típico de una roca de playa; en sentido opuesto se pasa a sedimentos más arenosos y conglomeráticos de tamaño de grano grueso cuya compactación es una relación directa con el material carbonático que contiene.

Esta formación puede ser catalogada como una clásica terraza marina marginal, donde se observa un desarrollo pobre de algas calcáreas, corales in situ, con conchas de moluscos infaunales. Mientras que hacia la base, se observan conglomerados de grano redondeado, con tamaños que van de grava a peña, de la roca infrayacente.

**Paleoambientes:** Ambiente marinos costeros a muy someros con profundidades comprendidas entre 1 y 6 m., sin la influencia de sedimentos fluviales. La variación faunal indica ambientes de costas abiertas con buena circulación de las aguas, y en otros casos corresponde a lagunas o ensenadas de la línea de costa

## CAPÍTULO III: Geología Local

### 3.1-. Estratigrafía

#### 3.1.1-. Descripción Estratigráfica de la Formación Pampatar:

Esta unidad aflora en los alrededores de la población de Pampatar, esta compuesta por una sección basal conglomerática la cual pasa a unos cuerpos de areniscas con morfología de canal que luego transicionalmente continúan con una intercalación monótona de areniscas y limolitas, en su mayoría turbiditas, caracterizándose así la Formación Pampatar. Las diferencias litológicas-estratigráficas, presentes en los afloramientos ubicados en la región de Punta Gorda y los situados al sur de la Salina de Pampatar y zonas aledañas, son evidencias que la Formación Pampatar se compone de dos secciones estratigráficas compuestas las cuales se describen a continuación.

#### 3.1.1.1-. Sección Estratigráfica de Punta Gorda (Sección Estratigráfica Compuesta I) (Anexo 1):

Esta sección se ubica en el Sureste de la Isla de Margarita, aflorando desde el límite norte de la Laguna de Gasparico, pasando por la zona de Punta Gorda (constituida por el Cerro de Gasparico) hasta llegar a la parte media de la Salina de Pampatar (Figura14). Presenta un espesor de 851 m medidos en afloramiento y constituye la sección continua más representativa de la Formación Pampatar.

En su parte basal comienza con un cuerpo de fíltanita interestratificada con tobas, la cual se encuentra deformada (plegado y muy fracturada), con variaciones de color entre gris negruzco y marrón oscuro (Figura 15). Tiene

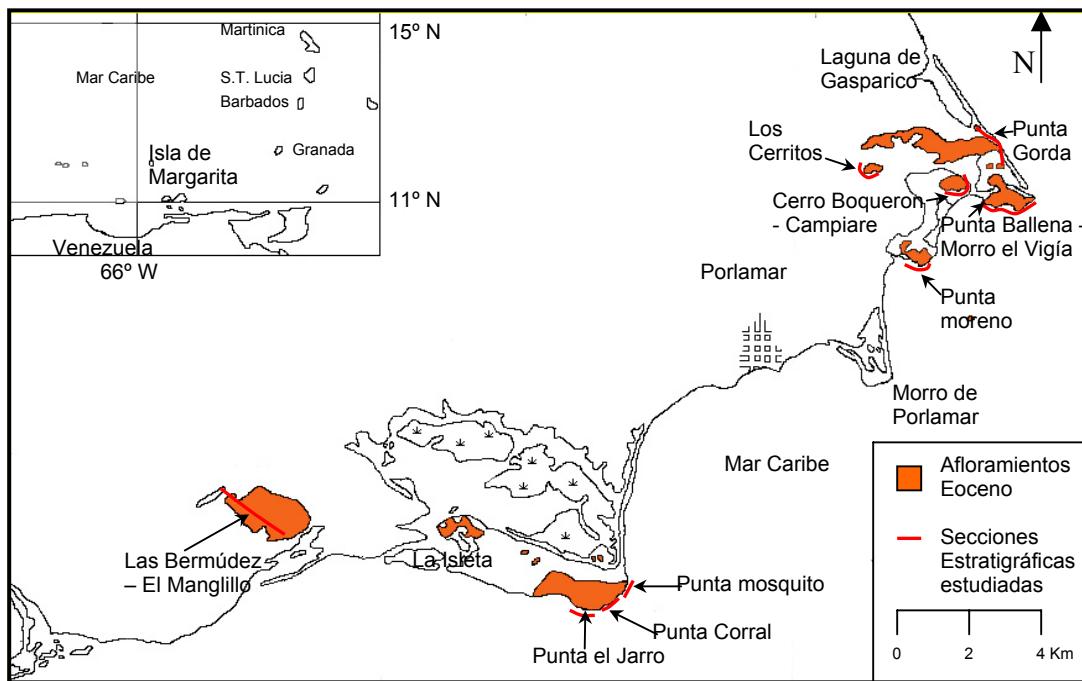


Figura 14A. Mapa de Ubicación de Secciones Estratigráficas estudiadas. Mapa base, tomado y modificado de Muñoz, 1973.

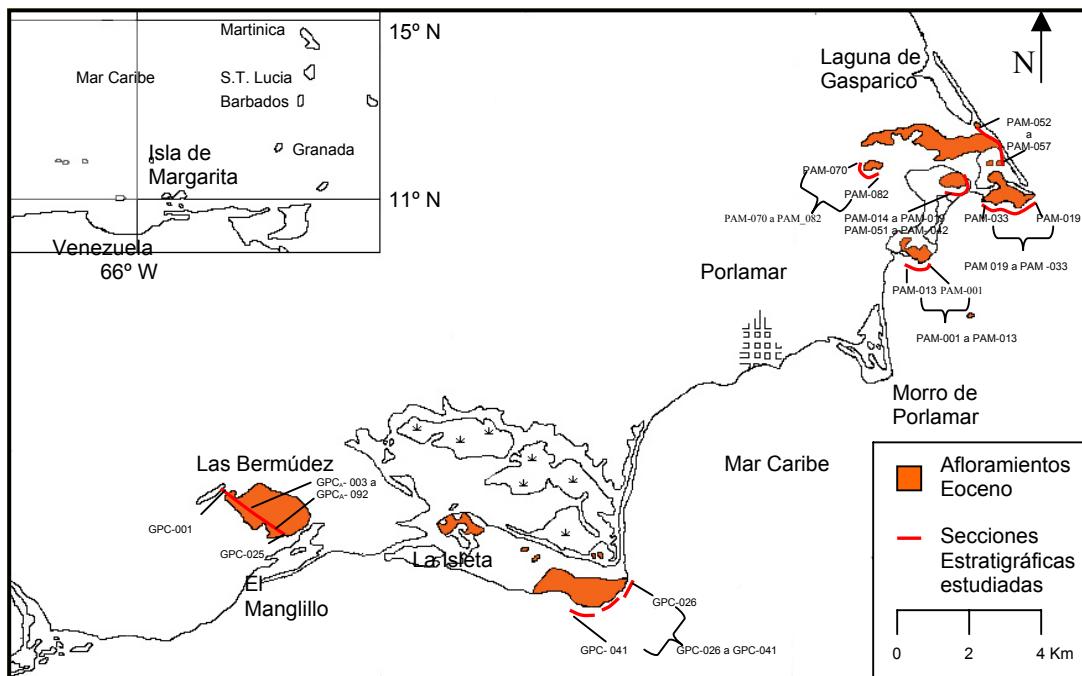


Figura 14B. Mapa de Ubicación de muestras. Mapa base, tomado y modificado de Muñoz, 1973.

un espesor aproximado de 20 m. Este cuerpo fue considerado originalmente perteneciente a la Formación los Frailes y de edad Cretácico Tardío (Maestrichtiense) por LORENZ, (1949) y DE RIVERO, (1956), luego MUÑOZ, (1973) lo considera como un bloque alóctono proveniente de la Formación Los Frailes y depositado en la base de la Formación Pampatar.

Para efecto del presente trabajo este cuerpo se va a considerar como un bloque alóctono presente en la base de la Formación Pampatar, debido a las relaciones de campo, es decir su poca continuidad lateral, poco espesor, desconocimiento de su contacto inferior y contacto superior aparentemente concordante con una secuencia conglomerática que lo suprayace.



Figura 15. Cuerpo interestratificado de feldspárrita y tobas, presente en la parte basal de la sección de Punta Gorda.

A este cuerpo lo suprayace unos 40 m de conglomerados de gránulos y guijarros, soportados por matriz de tamaño de grano arena muy gruesa a limo fino. Los clastos son mayormente redondeados a subredondeados, los cuales son principalmente fragmentos de chert, rocas ígneas volcánicas,

metamórficas, sedimentarias y guijarros de cuarzo. En algunos casos estos conglomerados pueden gradar a areniscas gruesas las cuales pueden presentar estructuras de almohadillas y bolas (Figura 16), apreciándose varios ciclos rítmicos.

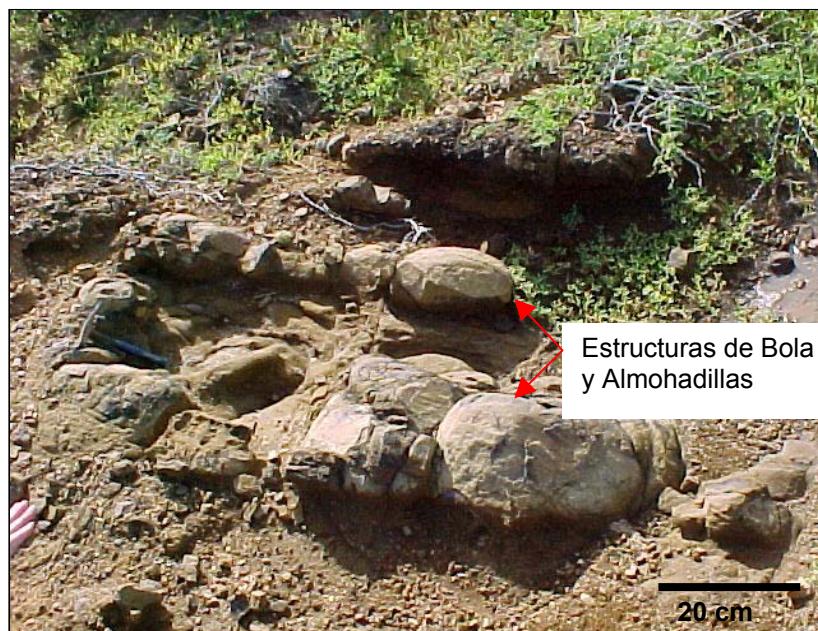


Figura 16. Estructuras de Bolas y Almohadillas presentes en las areniscas basales de Punta Gorda.

Por encima de los conglomerados básales, se encuentra un intervalo de aproximadamente 275 m de espesor, muy mal expuesto, el cual esta constituido por cuerpos de conglomerados de gránulos, areniscas de grano grueso, fracturadas y disgregadas, las cuales meteorizan a amarillo y negro. Todos estos cuerpos se encuentran envueltos dentro de una matriz arcillosa y en algunos casos arenosa que en sectores se encuentra cubierta, los cuerpos de conglomerados y areniscas presentan poca continuidad lateral, están muy meteorizados, fracturado y debido a esto es difícil identificar estructuras de orden interno (Figura 17).



Figura 17. Cuerpos de conglomerados y areniscas, de poca continuidad lateral envueltos dentro de una matriz arcillosa-arenosa. Presentes en la sección de Punta Gorda.

Por encima de esta sección se encuentran 66 m de arcilitas de color gris oscuro y fractura astilosa intercalada con algunas limolitas y pocos lentes de areniscas de grano fino, calcáreas, estos lentes se hacen más gruesos hacia el tope alcanzando un máximo de 40 cm de grosor.

Este intervalo pasa transicionalmente a una secuencia que mide aproximadamente 50 m de espesor la cual está constituida por cuerpos de areniscas con morfología de canal, cuyos espesores varían entre 1 y 2,5 m, las cuales presentan estructuras de orden interno como son gradación normal, laminación paralela y estratificación cruzada., estos cuerpos de arenisca se encuentran intercalados con grandes espesores de arcilitas y limolitas los cuales presentan algunos lentes de areniscas que disminuyen de espesor hacia el tope.

Transicionalmente se pasa a unos 15 m de areniscas amalgadas con morfología de canal de tamaño de grano variable (de fino a grueso), presentan bases erosivas, contienen estructuras de orden interno como son gradación normal, laminación paralela, estratificación cruzada, estructuras de bolas y almohadillas, así como estructuras esferoidales generadas por la cementación diferencial (estructuras de forma esféricas que se encuentran dentro de los estratos, poseen la misma composición de la capa que lo contiene, diferenciándose solamente por el tipo de cemento calcáreo que presentan) (Figura 18). En el tope de la secuencia estas capas se encuentran muy deformadas y verticalizadas, corroborando la hipótesis que plantea Muñoz, (1973) de un plano de sobrecorrimento para esta zona.



Figura 18. Areniscas amalgadas con morfología de canal, presentan base erosivas y estructuras esferoidales de cementación diferencial, presentes hacia el tope de la Subunidad I.

Mas al tope de la secuencia y posterior a unos 200 metros de espesor cubiertos por la Salina de Pampatar se encuentra una sección caracterizada

por tener en la base 20 m de intercalaciones de areniscas de granulometría medias y gruesas, donde algunas areniscas poseen gradación normal, laminación paralela, con algunos lentes de limolitas, luego se pasa abruptamente a un secuencia de aproximadamente 5 m de espesor donde se tiene cuerpos de conglomerados y areniscas, con poca continuidad lateral y envueltos dentro de una matriz arcillo - arenosa. Se continua con una secuencia de areniscas intercaladas con las mismas características que las antes nombradas y con un espesor del paquete de 25 m, abruptamente prosigue una intercalación monótona de areniscas de grano fino y medio con limolitas, donde prevalecen las capas turbidíticas con secuencia Bouma Tac y Tbc.

### **3.1.1.2-. Sección Estratigráfica de Pampatar (Sección Estratigráfica Compuesta II) (Anexo 2):**

Esta sección estratigráfica esta compuesta por cinco secciones las cuales afloran en las zonas de Punta Moreno (Anexo 4), Punta Ballena - Morro el Vigía (Anexo 5), Cerro Boquerón Y Campiare (Anexo 6) y Los Cerritos (Anexo 7); presenta un espesor compuesto de 229 m.

Considerando los rasgos estructurales de la zona y la ubicación geográfica de las diferentes secciones aflorantes, se tomo la secuencia presente en la zona de Punta Moreno, como la sección más basal de la secuencia compuesta, debido a que en esta sección el rumbo y buzamiento, promedios de las capas ( $N85^{\circ}E45^{\circ}N$ ) es aproximadamente paralelo a los promedios obtenidos en las secciones de Punta Ballena - Morro el Vigía ( $N80^{\circ}E40^{\circ}N$ ), Cerro Boquerón ( $N84^{\circ}W43^{\circ}N$ ); por lo que al encontrarse la secuencia de Punta Moreno más a sur que las antes nombradas al extrapolar los datos de rumbo y buzamiento de las capas la secuencia de Punta Moreno conformaría la parte más basal de la sección estratigráfica compuesta de Pampatar.

La secuencia de Punta Moreno comienza en su parte basal con unos conglomerados soportados por clastos, los cuales se encuentran predominantemente redondeados y en algunos casos son subangulares, la granulometría y disposición de los clastos es caótica presentando tamaños comprendidos entre 2 cm hasta 1 m de espesor (Figura 19a-b-c).

Estos conglomerados presentan una matriz de granulometría arena gruesa a fina, con un empaquetamiento heterogéneo, en algunos casos a nivel de capa se pueden observar varios ciclos de gradación normal-inversa-normal y presencia de cordones conglomeráticos; mientras que a nivel de afloramiento presentan una gradación normal pasando a areniscas de grano grueso y algunas veces a areniscas de grano medio y fino (Figura 19a).

Estos conglomerados pasan transicionalmente a una secuencia de aproximadamente 9 m de espesor compuesta por capas tabulares de areniscas de grano grueso y medio con espesores entre 0,25 y 2,7 m, separadas entre sí por pequeños espesores de turbiditas (predominio de Bouma Tab) que en algunos casos son erosionadas por la capa de arenisca suprayacente. Presentan estructuras de orden interno tales como gradación normal, laminación paralela y laminación cruzada; estructuras esferoidales generadas por cementación diferencial. A esta secuencia le sigue un espesor de 1. 5 m de arcilitas el cual presenta una capa de arenisca deformada (Figura 20).

Posteriormente se observa una capa de arenisca de descripción similar a las anteriores la cual pasa abruptamente a un conglomerado de granulo soportado por clastos, redondeados y dispuestos caóticamente, tiene un espesor de 4 m y presenta gradación normal, pasando transicionalmente a una capa de arenisca de grano medio, seguida por una intercalación monótona de turbiditas donde predomina la secuencia Bouma Tab.

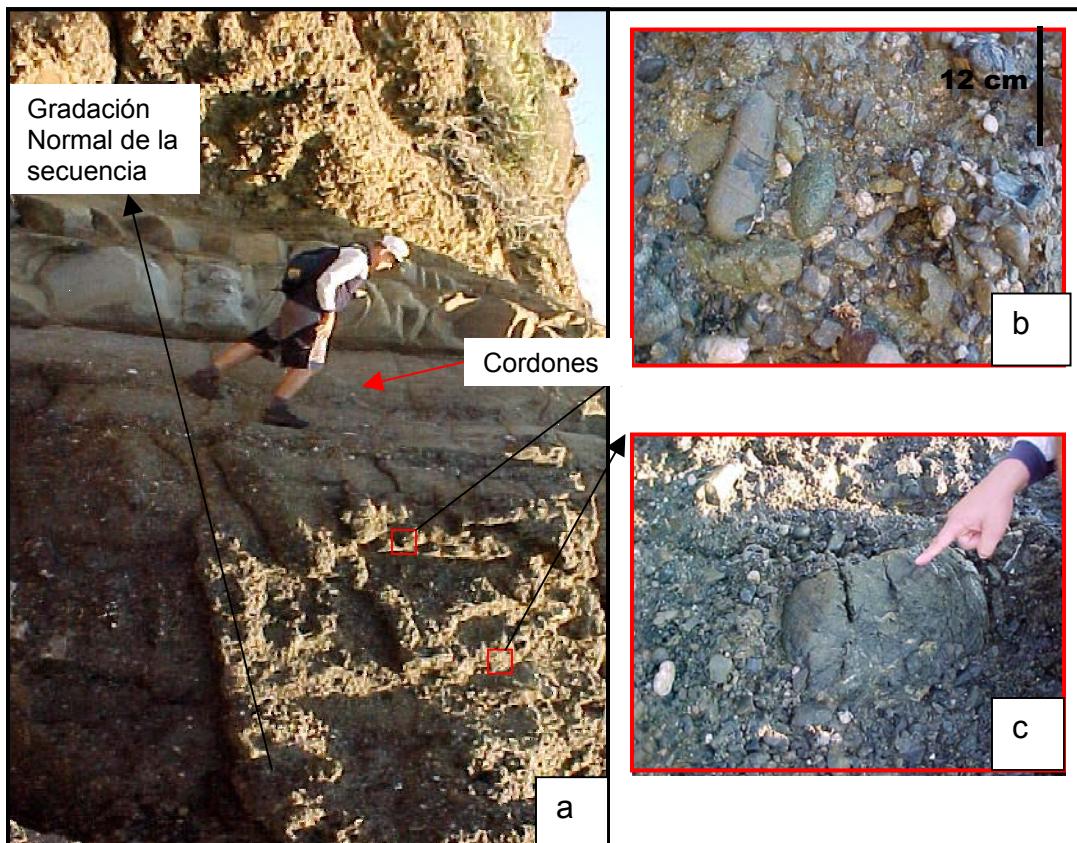


Figura 19. Secuencia Basal Conglomerática presente en la sección de Punta Moreno. (a) Notese la gradación normal a escala de afloramiento de los conglomerados pasando a areniscas de grano grueso, medio y fino hacia el tope. (b y c) Detalles del conglomerado. Soportado por clastos redondeados y dispuestos caóticamente.

Esta secuencia tiene un espesor promedio de 47,53 m, no se aprecia su contacto inferior y en su tope se encuentra un intervalo de aproximadamente 750 m de espesor cubierto, suprayacente se encuentra la sección de Punta Ballena – Morro el Vigía.

La sección de Punta Ballena – Morro el Vigía, tiene un espesor de 185 m aproximadamente (Anexo 4). Comenzando en su parte basal con un intervalo de areniscas calcáreas, de granulometría gruesa, de color fresco gris verdoso, con espesores que varían entre 3 y 23 cm, que continua

transicionalmente con cuatro ciclos (17 m de espesor) granocrecientes y que

aumentan de espesor hacia el tope, compuestos por areniscas con gradación inversa, variando de granulometría de fino a grueso intercaladas con arcilitas.



Figura 20. Deformación plástica en capa de arenisca dentro de un intervalo arcilloso (Plegue Slump). Observado en Punta Moreno.

Suprayacente se encuentran capas de areniscas de granulometría que varía entre fina y gruesa y excepcionalmente conglomerática, de color fresco gris claro, meteorizando a pardo las cuales en la mayoría de los casos presentan morfología de canal presentando en el tope intercalaciones de areniscas y arcilitas o limolitas (Figura 21a), las capas de areniscas en ciertos casos presentan bases erosivas, estructuras de orden interno tales como estratificación gradada normal, laminación paralela, laminación cruzada planar, laminación cruzada festoneada, estratificación convoluta, estructuras

de plato, clastos “rip up” y rizaduras asimétricas (Figura 22); también se pueden apreciar estructuras esferoidales generadas por la cementación diferencial.

Las asociaciones tipo Bouma más comunes en las intercalaciones que suprayacen las capas de areniscas son Tac y Tbc. Las arcilitas y limolitas por su parte se caracterizan por ser de color gris claro meteorizando a amarillo moteado, tiene fractura astilosa y en algunos casos presentan lentes de areniscas.

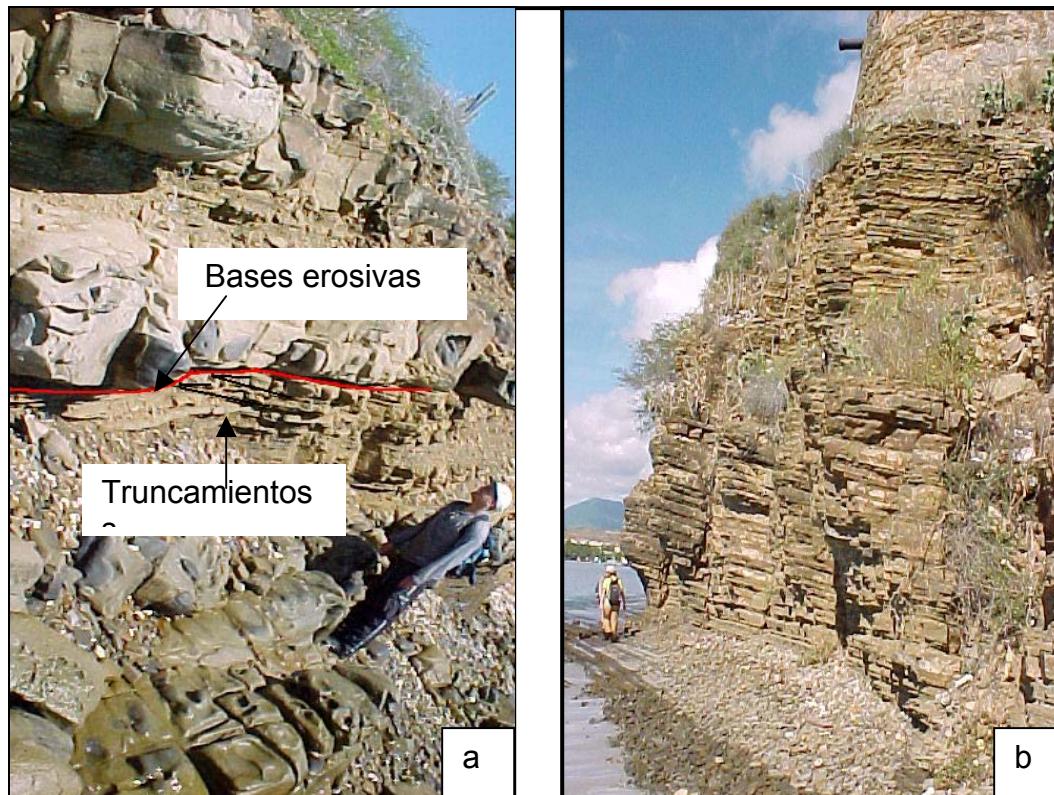


Figura 21. Características de las secuencias presentes en el sector de Punta Ballena – Morro el Vigía (Fortín de La Caranta). (a) Capas de areniscas con base erosivas con secuencia de turbiditas en el tope. Observadas en la zona de Punta Ballena. (b) Intercalación monótona de turbiditas, compuestas por areniscas y limolitas.

Transicionalmente se pasa a una intercalación monótona de areniscas y limolitas de color gris claro a oscuro y crema, donde prevalecen las capas de turbiditas (Figura 21.b), esta secuencia presenta engrosamientos locales en las capas de arenisca o limolitas los cuales pueden estar ubicados en cualquier parte de la sección, las areniscas presentan tamaño de granos que varían entre fino y medio, así como estructuras de orden interno entre las cuales se encuentran: gradada normal, laminación paralela, laminación cruzada planar, laminación cruzada festoneada, laminación flaser, estratificación convoluta, estructuras de plato, rizaduras asimétricas y huellas de carga; así como estructuras de plegamientos intraformacionales (Figura 22).

Las secuencias tipo Bouma más comunes son Tac y Tde en la base, Tab en la parte media y Tb en el tope. Esta secuencia tiene un espesor de 110 m aproximadamente.

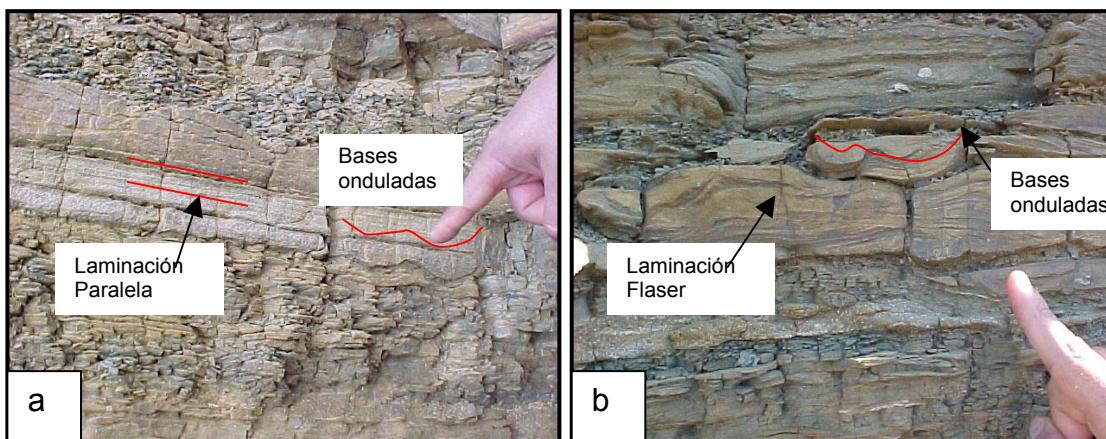


Figura 22A. Estructuras sedimentarias, presentes turbiditas de la sección Punta Ballena – Morro el Vigía. (a) Laminación paralela y base onduladas. Tac. (b) Laminación flaser y contactos ondulados (rizaduras).



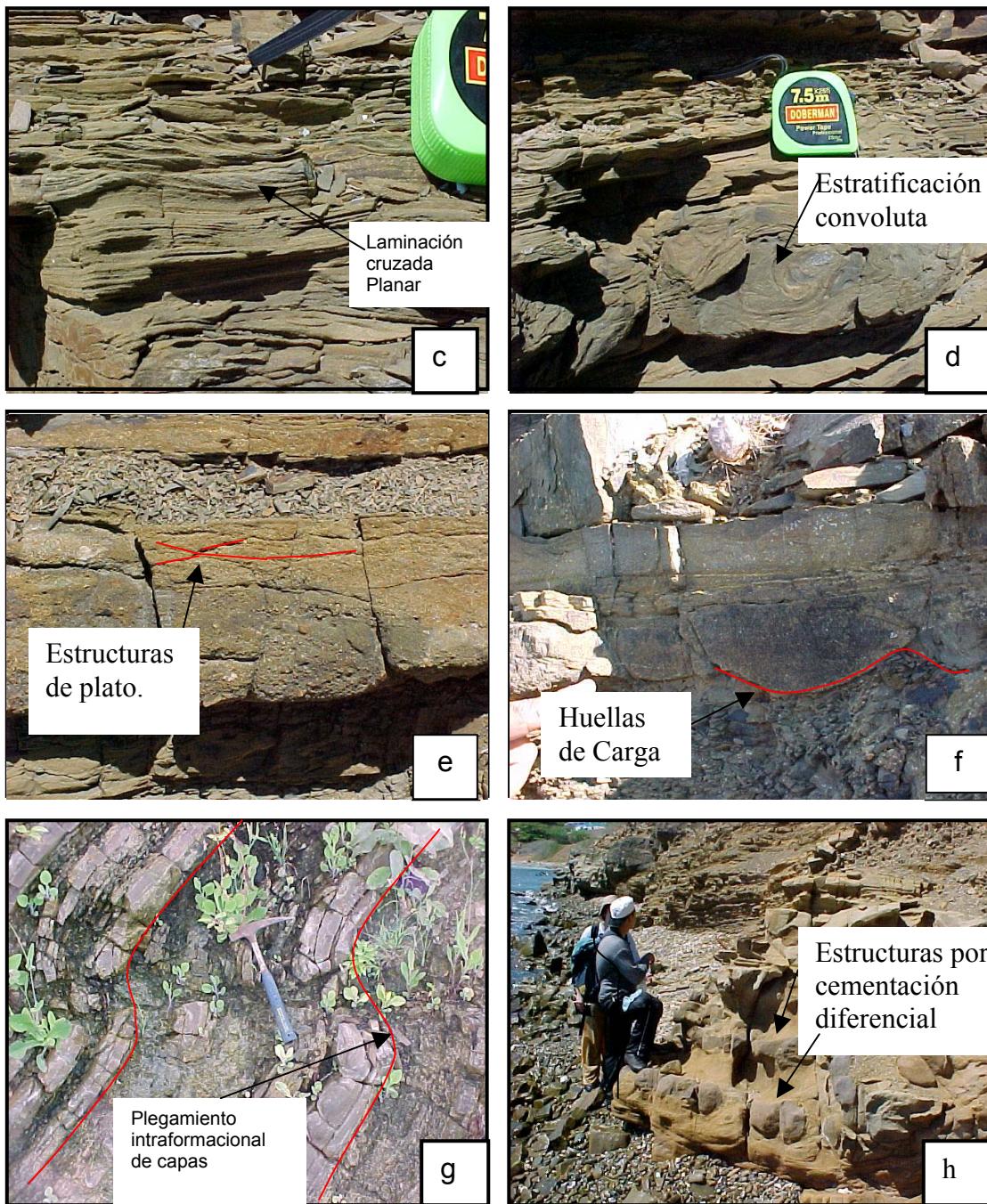


Figura 22B. Estructuras sedimentarias, presentes en las turbiditas de la sección Punta Ballena – Morro el Vigía. (c) Laminación paralela y laminación cruzada planar y festoneada, Tab. (d) Laminación convoluta, Tc. (e) Gradación normal y estructuras de plato. (f) Pliegues intraformacionales. (g) Estructuras esferoidales por cementación diferencial.

Existen otras secuencias ubicadas en la zona de Cerro Boquerón y Campiare (Anexos 6 ), compuestas principalmente por intercalaciones monótonas de areniscas y limolitas, las cuales presentan las mismas características de la zona superior de la secuencia Punta Ballena – Morro el Vigía (Anexo 5) y representan su equivalente lateral; así como los afloramientos ubicados en la zona de Los Cerritos (Anexo 7) compuesto principalmente por areniscas masivas con morfología de canal intercaladas con limolitas arenosas.

### **3.1.1.3-. Contactos de la Formación Pampatar:**

Los contactos tanto superior como inferior de la Formación Pampatar no fueron observados por no estar presentes en las secuencias de superficie estudiadas.

### **3.1.2-. Descripción Estratigráfica del Grupo Punta Carnero:**

Esta unidad aflora en la zona sur de la Isla de Margarita, desde el área de Las Bermúdez - El Manglillo hasta La Isleta (al este). En la zona de Las Bermúdez-El Manglillo , se encuentran representados todos los miembros de este Grupo, por lo cual ésta constituye la sección estratigráfica más representativa del Grupo Punta Carnero. Las formaciones que integran este Grupo son: Formación Las Bermúdez (unidad basal), Formación El Dátil (unidad intermedia) y Formación Punta Mosquito (unidad superior), cabe destacar que esta ultima Formación también aflora en la región de La Isleta, representando un equivalente lateral de la sección de la Formación Punta Mosquito, expuesta en los alrededores de la cabecera del Aeropuerto Internacional Santiago Mariño, por lo que la integración de ambas secciones constituye la Sección Estratigráfica Compuesta III (Anexo 3), para efecto del presente trabajo.

### 3.1.2.1.- Sección Estratigráfica de Las Bermudez – El Manglillo (Sección Estratigráfica Compuesta III) (Anexo 3):

Esta sección se encuentra en contacto basal con un cuerpo metamórfico constituido por esquistos verdes de marcada foliación y muy deslenables, y comienza con un cuerpo de caliza coralina grisácea, la cual presenta alto grado de recristalización y fracturamiento observándose en ella vetas de calcita. Esta caliza fue considerada por primera vez por HESS Y MAXWELL, (1949), en CIEN, (2002), web, como un miembro basal del Grupo Punta Carnero, TAYLOR (1960), en CIEN, (2002), web la considera como Formación los Bagres de edad Eoceno Temprano, luego MUÑOZ, (1973) considera esta caliza como bloques de arrecifes complejos del Paleoceno y Eoceno Inferior deslizados dentro de la cuenca eocena.

Debido a las características observadas en afloramiento como son: poca continuidad lateral, cambio lateral y vertical a una secuencia caótica que envuelve diferentes litologías incluyendo clastos de la misma composición de la caliza, para efectos del presente trabajo se considerara esta caliza como un bloque alóctono presente en la base del Grupo Punta Carnero (Figura 23).

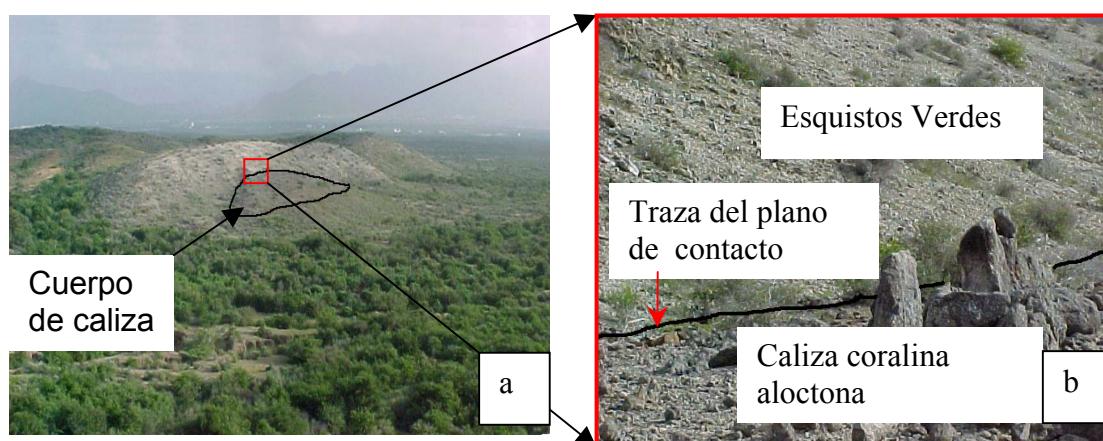


Figura 23. Contacto Basal del Grupo Punta Carnero. (a) Vista Panorámica de la disposición del cuerpo de caliza coralina alóctona. (b) Zona de contacto entre caliza coralina alóctona con esquistos verdes. Observado en la base de la sección Las Bermúdez – El Manglillo.

A esta caliza le suprayacen un sector principalmente arcillo – arenoso que contiene cuerpos de areniscas, caliza (similar a el cuerpo basal, pero de menor espesor), limolitas, arcilitas y conglomerados, dispuestos caóticamente y sin continuidad lateral (Figura 24).

Las areniscas se caracterizan por ser de color verde, meteorizando a marrón oscuro y negro, de tamaños de grano que van de finos a gruesos, y encontrándose en la mayoría de los casos muy meteorizadas. Los conglomerados presentes son mayormente de gránulos soportados por granos, los clastos están redondeados y están compuestos principalmente por fragmentos de rocas ígneas volcánicas, metamórficas, sedimentarias, chert y otras. En ciertas ocasiones estos conglomerados presentan una cantidad de matriz de arena gruesa apreciable y tonalidades marrones y terracota (Figura 24b).

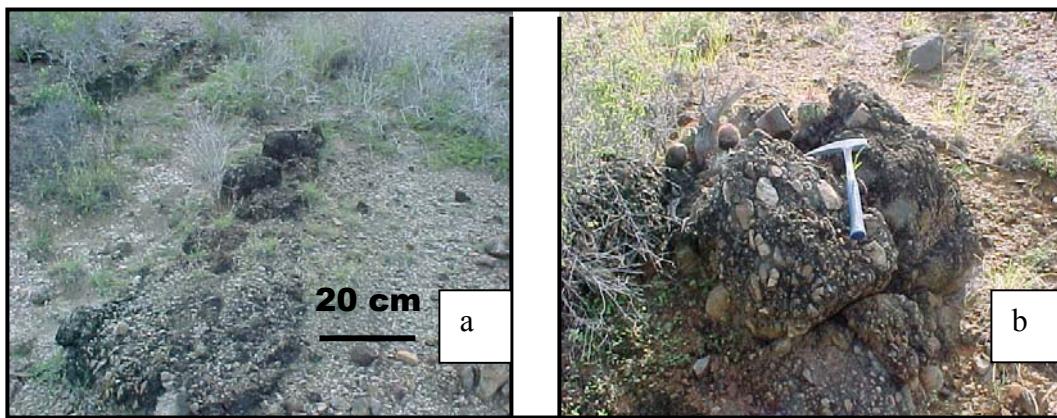


Figura 24. Cuerpos litológicos en Formación Las Bermúdez. (a) Nótese la poca continuidad de los cuerpos y el material arcilloso-arenoso que los envuelve. (b) Conglomerado de clastos redondeados y con arreglo caótico.

La matriz de este todo este intervalo es principalmente arcillo - arenosa pero en algunos casos se puede apreciar la presencia de material carbonático en ella, dándole un aspecto moteado o de manchones con tonalidades blancas,

cremas y grises. Esta sección tiene un espesor de 472.45 m medidos en campo y es considerada según la literatura, como Formación Las Bermúdez.

Esta secuencia basal pasa abruptamente a un intervalo medio predominantemente arcilitico denominado en la literatura como Formación el Dátil, el cual tiene un espesor de 645 m.

La parte basal de esta unidad comienza con una caliza constituida mayormente por algas rojas y foraminíferos grandes de 1,30 m de espesor y con gradación normal.

Ésta capa se encuentra en contacto abrupto con una secuencia constituida por intercalaciones de arcilitas con calizas de aproximadamente 35 m de espesor. Donde las arcilitas son de color gris claro meteorizando a amarillo moteado con espesores que varían entre 10 y 20 cm, por otro lado las calizas son tipo "wackstone" de color gris verdoso, con algunos manchones marrones que le imprimen un aspecto moteado teniendo espesores comprendidos entre 5 y 15 cm, con marcada continuidad lateral y laminación paralela en su tope.

Transicionalmente se pasa a una intercalación de calizas con arcilitas, con un espesor de 30 m aproximadamente, esta secuencia es muy similar a la anterior y se diferencian básicamente en que las calizas son tipo "wackstone" "packstone", y que la cantidad de las capas de caliza va disminuyendo paulatinamente a medida que se acerca al tope, mientras los espesores de arcilitas aumentan, la estructura de orden interno predominante sigue siendo la laminación paralela.

Continúa una intercalación de arcilitas con pocos cuerpos de areniscas y limolitas, de aproximadamente 95 m de espesor. Las areniscas y limolitas,

son calcáreas de tamaño de grano fino, grises, con huellas fósiles en el tope (sin identificar) las cuales generalmente son rectas y onduladas y se encuentran llenas con un material más grueso que la capa que la contiene, no alcanzando en la mayoría de los casos los 10 cm de longitud.

Las areniscas y las limolitas tienen espesores que no sobrepasan los 10 cm. Las arcilitas se caracterizan por presentar varias tonalidades de grises, meteorizando a gris claro con tonalidades moradas abigarradas, poseen abundante yeso, vetas llenas de calcita y concreciones ferruginosas las cuales miden 2 cm en promedio (Figura 25).



Figura 25. Niveles de concreciones dentro de las capas de arcilitas. Observados en la Formación el Dátil.

La estructura de orden interno predominante en las areniscas es la laminación paralela pero en menor proporción y hacia el tope se pueden

distinguir gradación normal y laminación cruzada, la secuencia Bouma predominante es Tb en la base y escasamente Tac en el tope.

Gradualmente se pasa a una intercalación de arcilitas y areniscas con la misma descripción anterior desapareciendo las limolitas, esta secuencia presenta un espesor aproximado de 480 m. El porcentaje de arenisca se va haciendo casi nulo hacia el tope hasta desaparecer mientras que las arcilitas aumentan de espesor casi llegando a la centena de metros (Figura 26). Las areniscas presentan tamaño de grano fino, así como estructuras de orden interno entre las cuales se encuentran: gradación, laminación paralela, laminación cruzada y convoluta. Las asociaciones tipo Bouma más comunes son Tac y Tbc en la base y Tbc en la parte media y tope.



Figura 26. Aumento en los espesores de arcilitas y disminución del espesor de las capas de arenisca. Observadas en la localidad del Valle del Dátil.

Por último, la unidad superior del Grupo Punta Carnero es denominada en la literatura Formación Punta Mosquito, caracterizada por un intervalo de intercalación de arcilitas y calizas, con un espesor de 63 m aproximadamente

en la sección de Las Bermúdez – El Manglillo. Se encuentra en contacto basal abrupto con la Formación El Dátil en la zona antes mencionada, mientras que en el área de La Isleta no se conoce su contacto basal.

Comienza en su parte basal con una intercalación de arcilitas, limolitas y calizas de aproximadamente 33 m de espesor. Las arcilitas y limolitas son de color gris claro y crema, poseen laminación planar tendiendo a fracturarse de forma astilosa, tienen espesores comprendidos entre unos pocos centímetros en la base hasta llegar casi a la decena de metros en el tope.

Las calizas son tipo “packstone” y “wackstone” y muy escasamente se encuentran “rudstone” con gradación normal. Son color crema y grises, presentan un aspecto moteado debido a acumulaciones de micrita. Las capas de caliza en esta zona se encuentran muy fracturadas debido a los efectos tectónicos presentes en el área, son tabulares y la estructura de orden interno preponderante es laminación paralela.

Transicionalmente se pasa a una intercalación de limolitas con “packstone” y “rudstone” de foraminíferos grandes y algas rojas con gradación normal a calizas tipo “packstone”, con un espesor de 29,3 m de espesor.

Las calizas son de tonalidades grises, generalmente las calizas de foraminíferos grandes gradan de rudstone a packstone. Se encuentran fracturadas y meteorizadas debido a que esta región está muy tectonizada. Las estructuras de orden interno preponderantes son laminación paralela y estratificación gradada, estando entre las secuencias Bouma más comunes Tb y Tab.

La sección estratigráfica del miembro Punta Mosquito aflorante en la zona de La Isleta (Figura 14 – Anexo 8), se caracteriza por tener un mayor dominio siliciclástico en comparación con la unidad descrita anteriormente. También cabe destacar que esta sección se encuentra muy tectonizada

observándose gran cantidad de pliegues y fallas, impidiendo la medición de una sección estratigráfica continua. Por lo tanto se hizo el levantamiento de tres secciones entre las cuales no fue posible determinar sus contactos.

La primera de las secciones estudiadas (Punta Mosquito – Anexo 8), se encuentra ubicada en la zona de Punta Mosquito (Figura 14), se caracteriza por una intercalación de areniscas y arcilitas. Las areniscas en la base presentan morfología de canal con espesores entre 0,2 y 1,6 m, base erosiva, de grano fino y las arcilitas, que se encuentran entre ellas, son muy delgadas en algunos casos llegando a desaparecer lateralmente, estas areniscas son masivas y no exhiben secuencia Bouma. En el resto de la sección las areniscas se hacen menos espesas (10 cm en promedio), de grano fino y color fresco marrón oscuro. Dentro de esta intercalación se encuentra una capa de caliza de 12 cm de espesor, tipo “rudstone” de foraminíferos grandes que grada a “packstone”. Las principales estructuras de orden interno presentes en la sección son: laminación paralela, estratificación cruzada, gradación normal y estratificación convoluta, así como estructuras de deformación interna (“Slump”). Las secuencias Bouma más comunes son: Tac, Tbd, Tab y Tcd. Esta sección presenta un espesor aproximado de 29,5 m.

La segunda sección estudiada (Punta Corral – Anexo 8), en el área de La Isleta, se ubica en Punta Corral (Figura 14). Esta caracterizada por tener una base con areniscas de tamaño de grano fino, las cuales varían en espesor desde 0,7 a 1,2 m, se encuentran amalgamadas y con un espesor total de 2,7 m. Esta secuencia pasa abruptamente a una intercalación de calizas tipo “wackstone” y arcilitas. Las calizas son de color marrón oscuro a crema en su mayoría, con aspecto moteado de color marrón debido a acumulaciones de micrita, presentan laminación paralela y escasamente gradación normal en los pocos cuerpos de rudstone presentes, hacia el tope de esta sección se encuentra una capa de arenisca calcárea de tamaño de grano fino con un

espesor de 3 m, que se continua con un conglomerado de clastos carbonáticos de 0,75 m. El espesor total de esta sección es de 39 m aproximadamente.

La tercera sección estudiada (Punta el Jarro – Anexo 8) se ubica en la zona de Punta el Jarro (Figura 14). Esta constituida por una intercalación de arcilitas (con lentes de limolitas y areniscas calcáreas) con calizas tipo “rudstone” y “packstone” de algas rojas y foraminíferos grandes (Figura 27a-b). Las calizas son de color gris claro con espesores que varían entre 0,68 a 20 cm, las principales estructuras sedimentarias son: gradación normal y laminación paralela, constituyendo la secuencia Bouma Tab. Contienen huellas fósiles tubulares y alargadas en el tope de la capa (Figura 27c). También se presentan pliegues slump (Figura 27d). El espesor medido en esta sección es de 42 m.

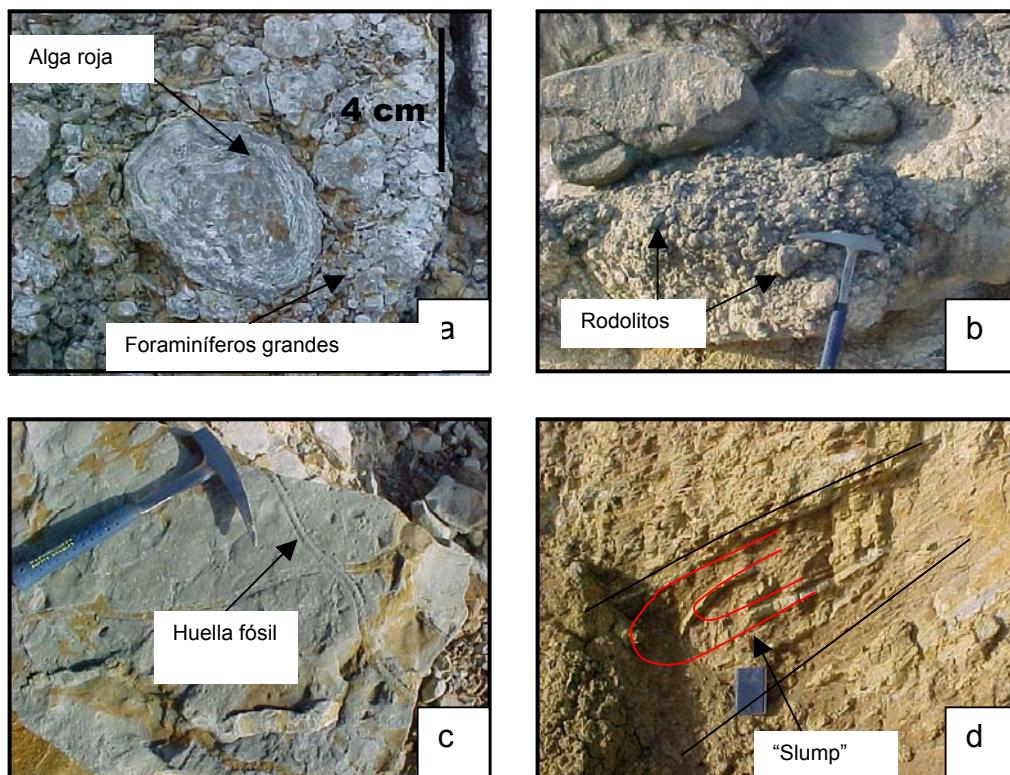


Figura 27. Características de la Formación Punta Mosquito. Observadas en la zona de la Isleta. (a) Caliza tipo “rudstone” (b) caliza compuesta por rodolitos de algas rojas mayores a 4 cm. (c) Huella fósil. (d) Pliegue “slump”.

### 3.1.2.2.- Contactos del Grupo Punta Carnero:

El Grupo Punta Carnero en su parte basal se encuentra en contacto con los esquistos verdes de la Formación los Robles, a través del bloque alóctono de caliza coralina, este contacto es inferido como de falla por sobrecorrimiento de la Formación Los Robles de edad Cretácico Temprano sobre el Grupo Punta Carnero del Terciario (Figura 23).

El contacto superior se desconoce por estar cubierto en la mayoría de los casos por aluvión, aunque lateralmente se observa un contacto discordante entre sedimentos de la Formación la Tejita y La Formación El Dátil (Figura 28).

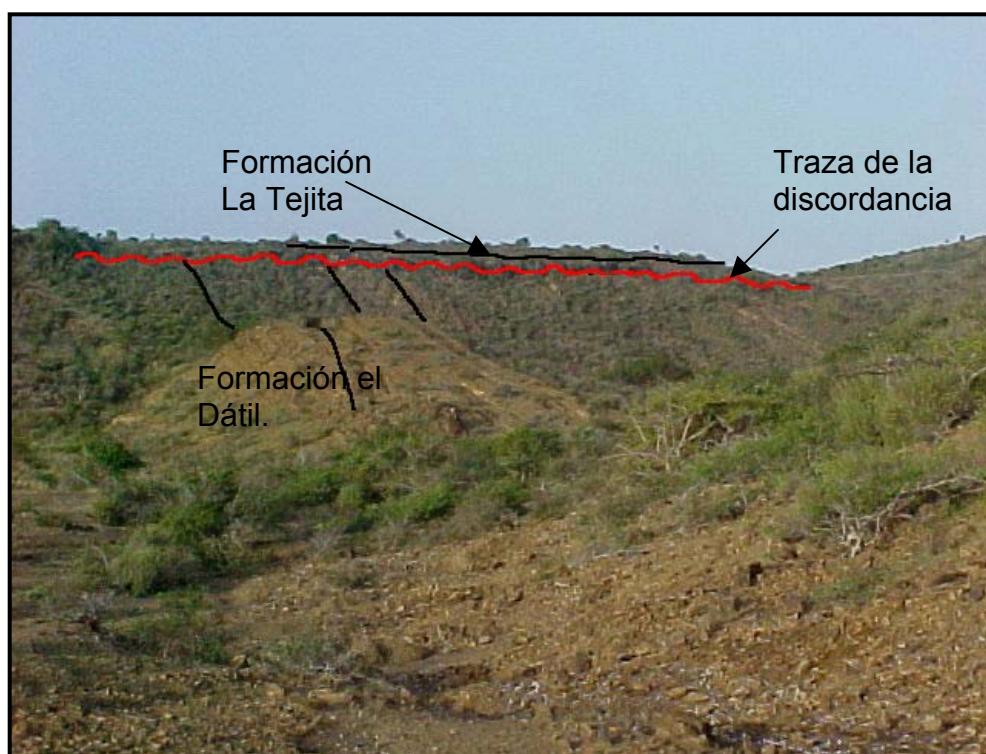


Figura 28. Discordancia entre la Formación el Dátil y la Formación La Tejita. Observada en la sección Las Bermúdez El Manglillo, en su parte media.

### **3.2-. Geología Estructural**

El estudio de la geología estructural del Grupo Punta Carnero y la Formación Pampatar, no está comprendido entre los objetivos del presente trabajo, debido a esto solo se tomaron algunos datos de rumbo y buzamientos de estratos, estructuras plegadas y fallas, los cuales fueron utilizados para el ordenamiento vertical y lateral, de las secuencias estratigráficas estudiadas, cuyos resultados y análisis se presentan a continuación.

#### **3.2.1-. Formación Pampatar:**

En la Formación Pampatar fueron tomados una serie de rumbos y buzamientos de capas. En los afloramientos ubicados en las zonas de Punta Gorda, Campiare y Los Cerritos se obtuvieron los siguientes datos de rumbo y buzamiento promedio: N88°E38°S, N84°W43°S, E-W45°S, respectivamente para cada una de las secuencias antes mencionadas. Mientras que en las zonas de Punta Ballena – Morro el Vigía, Punta Moreno y Cerro Boquerón se obtuvieron datos de rumbo y buzamiento de capas promediados, como se mencionan a continuación: N80°E40°N, N80°E40°N, N84°W43°N, para cada una de las secuencias mencionadas.

MUÑOZ, (1973), reporta la presencia de un sinclinal suavemente asimétrico, el cual muestra un rumbo aproximado Este–Oeste y su eje pasa por la Salina de Pampatar, presentando un declive hacia el Sur. El flanco Sur del anticlinal presenta un buzamiento de 20 y 30° al Norte, mientras que el flanco norte presenta un buzamiento entre 20 y 50° hacia el Sur. A demás en el flanco Norte MUÑOZ observa un plano de falla de sobrecorrimiento el cual presenta una inclinación de 20° al Sur, indicando un sobrecorrimiento hacia el Norte, o un empuje inferior hacia el Sur. Evidencias de la existencia de este sobrecorrimiento fueron observadas en el presente trabajo, en el tope de la sección de Punta Gorda, en la cual se observaron capas muy deformadas,

fracturadas, con buzamiento cercano a los 90°, difiriendo de la secuencias anteriores los cuales presentan un promedio de 38°

MORENO Y CASAS, (1986) por su parte indican que la formación Pampatar está caracterizada por la presencia de una serie de anticlinales y sinclinales, donde se destaca el sinclinal de Pampatar, el cual está ubicado al Noroeste de la misma población, ellos indican que este sinclinal presenta un plano axial con orientación N65°E, presentando un doble eje de inmersión. Uno con buzamiento 27° Norte y otro con 42° Sur. Ellos indican que tanto el plano como los ejes del pliegue se encuentran localmente desplazados por fallas de cizalla.

MUÑOZ, (1973.) indica que el fallamiento en la región de Pampatar esta constituido principalmente por falla normales de ángulo alto 45 a 85° al Norte o Sur, así como hace referencia a un patrón de diaclasamiento encontradas en los afloramientos costeros, cuyos planos principales son N40°E y N50°W a N40°W con buzamientos casi verticales dándole un aspecto dentado.

### **3.2.2-. Grupo Punta Carnero:**

El área de Las Bermúdez- El Manglillo (Grupo Punta Carnero) se caracteriza por ser una secuencia isoclinal la cual presenta cambios locales de buzamientos; a excepción de la Formación Las Bermúdez en la cual no se pueden apreciar datos de rumbo y buzamiento debido a que esta secuencia se caracteriza por ser una mezcla caótica de materiales, los cuales no presentan buena continuidad lateral, ni orientaciones.

En la base se infiere un corrimiento con orientación N55°E , debido a la presencia de esquistos de la Formación Los Robles de Edad Cretácico en

contacto abrupto con la caliza alóctona basal del Grupo Punta Carnero de edad Eoceno el cual marca el contacto de esta formación con los esquistos de la Formación Los Robles.

La Formación el Dátil se caracteriza por presentar una fila de cerros conformados por capas subverticales (a veces volcadas) y rumbo promedio de N35°E, los cuales se encuentran seccionados por fallas de orientación N60°W. Hacia el tope de la secuencia (Figura 29).

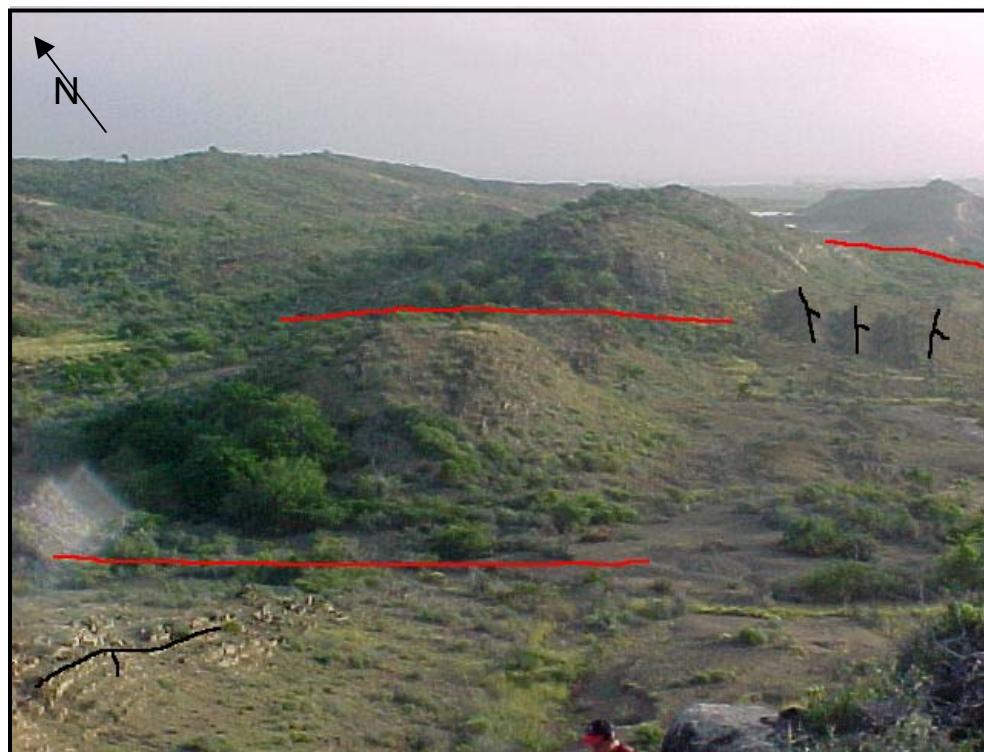


Figura 29. Filas de cerros en la base de la Formación el Dátil, conformado por capas de calizas con alto grado de buzamiento y en algunos casos volcadas. Nótese el seccionamiento de los cerros producidos por fallas paralelas de dirección N60°W.

Hacia el tope de la secuencia, compuesto por la Formación Punta Mosquito, el buzamiento va disminuyendo hasta llegar a 60° y 40° al Sur, en la zona del Aeropuerto Internacional Santiago Mariño, donde las capas se encuentran

muy fracturadas y deformadas por varios sistemas de fallas de rumbo N35°W a N65°W.

La Formación Punta Mosquito aflorante en la zona de la Isleta se caracteriza por estar muy tectonizada, presentando gran cantidad de fallas normales de orientación N45°E60°E, N50°W60°S y E-W60°S así como diaclasas de rumbo NE y NW con buzamientos vertical o subvertical Muñoz, (1973). También se pudo apreciar un anticlinal volcado cuyo plano axial es N30°E45°N.

### **3.3-. PETROGRAFÍA**

#### **3.3.1-. Petrografía de Siliciclásticos:**

Se realizó el análisis petrográfico de ochenta y nueve (89) secciones finas de siliciclásticos pertenecientes tanto a la Formación Pampatar como al Grupo Punta Carnero y tres secciones finas pertenecientes a clastos de conglomerados de la Formación Pampatar. Este análisis consistió en la caracterización, descripción y cuantificación de los parámetros texturales y de composición, para la posterior clasificación de la roca.

Las principales características texturales a describirse son: tamaño de grano predominante, clasificación del tamaño de grano, escogimiento, redondez, contactos entre granos, relación grano/matriz/cemento, orientación de los granos y madurez textural. Mientras que dentro de la composición se evaluará en primer lugar la composición general, resaltándose posteriormente la naturaleza de los granos, su matriz, el cemento y por último la porosidad.

A partir de todos los análisis petrográficos realizados se agruparan las muestras en 4 categorías, basándonos principalmente para ello en el tamaño de grano y la clasificación según UDDEN, (1914) Y WENTWORTH, (1922), facilitándose así su descripción.

##### **3.3.1.1-. Limolitas**

###### **A) Características texturales**

El tamaño de grano predominante en estas limolitas es de 0.05 mm, catalogándose como limos gruesos según la clasificación de tamaño de

grano propuesta por UDDEN - WENTWORTH. Presentan mal a mediano escogimiento, siendo la mayoría de sus granos angulosos a subangulosos. La orientación de los granos es isotrópica, lo que quiere decir que no presentan ninguna orientación preferencial, los contactos predominantes son grano-cemento y más escasamente contactos rectos. Textural como mineralógicamente son medianamente inmaduras. (Tabla 1).

### **B) Composición**

Estas limolitas están compuestas principalmente por granos (40 -60%), cemento (50 - 35 %) y más escasamente matriz (3 - 5 %), estando ausente la porosidad. Los granos a su vez están compuestos principalmente por cuarzo ígneo (70 - 75 %), fragmentos de roca (20 - 25 %), los cuales son en su mayoría fragmentos de arcilitas, limolitas, rocas ígneas (volcánicas y plutónicas), rocas metamórficas y chert. Los feldespatos por su parte son muy escasos llegando a alcanzar un 4% del porcentaje de los granos. Los minerales accesorios presentes son: clorita, circón, biotita, muscovita, pirita, leucoxeno, piroxenos y en algunos casos se pueden reportar fragmentos fósiles muy recristalizados. (Tabla 2).

La matriz en todos los casos es de minerales de arcilla, mientras que el cemento es más variable dentro de la misma roca, presentándose cemento de calcita (28 - 0 %), con un promedio de 18 %, cemento de minerales de arcilla en un (17 - 7 %), mientras que los cementos de óxido hierro y sílice se encuentran en proporciones muy bajas. (Tabla 3).

### **C) Clasificación**

Estas rocas se clasificaron como limolitas arcillosas a excepción de la

muestra PAM-057 (Tabla 3), la cual es una limolita arenosa, en base a la clasificación de Rocas de Grano Fino propuesta por PICARD, (1971), (Apéndice A.2).

Tabla 1. Características texturales y composición general de limolitas.

Número de Muestra	Características Texturales					Composición General (%)			
	Tamaño de Grano Promedio (mm)	Escogimiento	Redondez	Contacto Predominante	Orientación	Granos	Matriz	Cemento	Porosidad
PAM-025	0.05	MedE	SA	R	A(L)	68	7	25	-
PAM-042	0.05	MedE	SR	G-C	I	47	10	42	1
PAM-044	0.04	MedE	SR	G-C	I	55	10	35	-
PAM-046	0.05	ME	SR	G-C	I	57	13	30	-
PAM-048	0.05	MedE	SR	G-C	I	62	5	32	1
PAM-057	0.05	ME	SR	R	I	62	17	14	7
PAM-071	0.05	MedE	SR	R	I	67	11	22	-
PAM-073	0.05	MedE	SR	G-C	I	57	3	40	-

Leyenda: Textura: MedE= Medianamente Escogido; ME= Mal Escogido; SA= Subanguloso; SR= Subredondeado; L= Longitudinal; G-C= Grano-Cemento; A(L)= Anisotropía Lígera; I= Isotropía.

Tabla 2. Composición de granos en limolitas.

Número de Muestras	Composición de Granos (%)													
	Cuarzo y Feld.			Fragmentos de Rocas				Accesorios						
	Cuarzo Igneo	Cuarzo Metamórfico	Feldespatos	Chert	FR. Ignea	FR. Metamórfica	FR. Sedimentaria	Biotita-Moscovita	Circón-Apatito-Esfena	Hematita-Goetita	Pirita-leucoxeno	Piroxenos	Clorita	Fósiles
PAM-025	24	6	3	2	19	1	11	Tz	Tz	-	1	Tz	-	Tz
PAM-042	18	4	1	3	7	-	4	-	-	-	1	-	4	-
PAM-044	23	5	2	2	9	2	7	Tz	Tz	-	1	Tz	3	-
PAM-046	25	4	2	2	10	2	8	Tz	-	-	Tz	Tz	3	-
PAM-048	26	10	1	3	6	4	11	-	-	Tz	Tz	Tz	Tz	-
PAM-057	27	10	1	2	13	2	13	-	-	-	Tz	Tz	2	-
PAM-071	15	16	1	5	10	8	6	Tz	Tz	Tz	1	-	5	-
PAM-073	16	6	3	5	6	9	7	Tz	Tz	-	1	-	3	-

Leyenda: Composición: Tz= Trazas; FR= Fragmento de roca

Tabla 3. Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y clasificación de limolitas.

Número de Muestra	Composición de Granos (%) R			Composición del Cemento (%)				Matriz (%)	Tipo de Porosidad (%)			Clasificación	
	Quarzo	Feldespato	Fragmentos de Roca	Sílice	Minerales de Arcilla	Calcita	Hematita-Goetita		Min.de Arcilla	Interpartícula	Intrapartícula	Fractura	
PAM-025	45.5	4.4	50.1	1	8	14	2	7	-	-	-	-	Limolita Arcillosa
PAM-042	52.3	2.38	45.2	-	12	28	2	10	-	-	-	1	Limolita Arcillosa
PAM-044	56	4	40	Tz	15	18	2	10	-	-	-	-	Limolita Arcillosa
PAM-046	55	3.8	41.2	-	13	16	1	13	-	-	-	-	Limolita Arcillosa
PAM-048	59	1.6	39.4	-	11	19	2	5	-	-	1	-	Limolita Arcillosa
PAM-057	53.3	1.7	45	-	10	-	4	17	-	-	-	7	Limolita Arenosa
PAM-071	46.3	1.5	52.3	-	7	13	2	11	-	-	-	-	Limolita Arcillosa
PAM-073	38.6	5.3	56.2	Tz	9	28	3	3	-	-	-	-	Limolita Arcillosa

Levenda: Composición: Tz= Trazas; FR= Fragmento de roca

### 3.3.1.2.-. Areniscas de grano fino a muy fino

#### A) Características texturales

El tamaño de grano predominante en estas areniscas es variable, presentándose dos rangos, uno que varía entre 0.27 y 0.22 mm, y el segundo entre 0.1 y 0.06 mm, clasificándose como areniscas de grano fino y areniscas de grano muy fino respectivamente según la clasificación de tamaño de grano propuesta por UDDEN (1914) - WENTWORTH (1922).

Estas areniscas están entre mal y medianamente escogidas, presentando en su mayoría granos angulosos a subangulosos y más escasamente subredondeados. La orientación de los granos en general es isotrópica a excepción de las muestras PAM-050, 068, 070, 076, 080 y GPC-010, las cuales muestran anisotropía muy ligera (Figura 30A). Los contactos predominantes son grano-cemento y rectos, siendo estas areniscas textural y mineralógicamente inmaduras. (Tabla 4).

Tabla 4. Características texturales y composición general de areniscas de grano fino y muy fino.

Número de Muestra	Características Texturales				Composición General (%)				
	Tamaño de Grano Promedio(mm)	Escogimiento	Redondez	Contacto Predominante	Orientación	Granos	Matriz	Cemento	Porosidad
PAM-009	0.15	ME	A	L	--	93	Tz	6	1
PAM-013	0.25	MedE	A	--	--	87	2	11	Tz
PAM-014	0.1	MedE	SA	--	--	68	3	29	-
PAM-015	0.12	ME	SA-SR	L	--	80	2	18	-
PAM-017	0.2	MedE	SA-A	--	--	71	5	24	-
PAM-027	0.27	ME	SA	--	--	76	18	5	1
PAM-031	0.2	MedE	SA	--	--	78	8	14	Tz
PAM-032	0.12	MedE	A	G-C	--	67	2	31	-
PAM-033	0.15	MedE	SA	G-M	--	57	17	26	-
PAM-034	0.2	BE	SA	L	--	73	-	27	Tz
PAM-035	0.1	MbE	SA	L	--	68	5	27	TZ
PAM-036	0.1	MbE	SA	L	--	7.1	2	26	1
PAM-037	0.14	MedE	SA	L	--	69	5	26	Tz
PAM-039	0.15	MbE	SA	--	--	70	3	27	Tz
PAM-040	0.2	MedE	SA	--	--	68	5	27	Tz
PAM-041	0.2	MedE	SA	--	--	66	2	17	15
PAM-045	0.15	ME	SA	L	--	70	10	19	1
PAM-047	0.13	ME	SA	--	--	73	9	18	-
PAM-050	0.13	ME	A	L	A(L)	75	6	19	Tz
PAM-051	0.12	ME	A	--	--	72	8	19	1
PAM-058	0.1	MedE	SR	G-C	--	51	7	42	Tz
PAM-059	0.1	BE	SR	L	--	83	4	13	Tz
PAM-060	0.12	MedE	SA	L	--	73	5	22	-
PAM-061	0.13	MedE	SR	G-C	--	52	6	42	Tz
PAM-062	0.1	MedE	SA	G-C	--	50	4	46	-
PAM-067	0.15	ME	SA	L	--	72	5	23	Tz
PAM-068	0.13	ME	SR	G-C	A(L)	71	5	23	1
PAM-069	0.14	MedE	SA	L	I	70	7	20	3
PAM-070	0.1	MedE	SR	--	A(L)	61	17	22	-
PAM-074	0.2	MedE	SA	--	I	73	1	20	2
PAM-076	0.15	MedE	SR	L	A(L)	76	2	18	4
PAM-078	0.01	MbE	SA	G-C	I	55	9	36	-
PAM-079	0.13	MedE	SA	L	I	77	2	20	1
PAM-080	0.13	ME	SA	L	A(L)	66	3	27	4
GPC-004	0.15	MedE	SA	G-C	I	78	1	19	2
GPC-005	0.1	ME	SA	L	I	60	13	27	TZ
GPC-009	0.2	ME	SA	--	I	85	1	11	3
GPC-010	0.33	ME	SR	L	A(L)	81	2	9	8
GPC-032	0.2	ME	SA	G-C	I	64	2	14	20
PGC-036	0.15	MedE	SA	L	I	77	4	18	1
GPC-039	0.06	MedE	SA	G-C	I	88	Tz	12	10
GPC-041	0.2	MedE	SA	--	I	75	3	21	1

**Leyenda:** *Textura:* MedE= Medianamente Escogido; ME= Mal Escogido; BE= Bien escogido; A= Anguloso  
 SA= Subanguloso; SR= Subredondeado; L= Longitudinal; G-C= Grano-Cemento; G-M= Grano-Matriz; A(L)= Anisotropía Lígera; I= Isotropía. *Composición:* Tz= Trazas

## B) Composición

Las areniscas de grano muy fino están compuestas principalmente granos (83 - 50 %), cemento (27 - 13 %) y matriz (3 - 17 %), a excepción de la muestra PAM-062 la cual presenta un 46% de cemento, estando ausente o en trazas la porosidad. Mientras que las muestras GPC-019 y GPC-033, presentan además componentes aloquímicos, por lo cual se tratarán como una subunidad aparte dentro de las areniscas de grano muy fino.

Las areniscas de grano fino por su parte se caracterizan por estar constituidas por granos (93 - 57 %) siendo el valor promedio 70 %. Los porcentajes de cemento son variables (42 - 5 %), mientras que la matriz se encuentra en menor porcentaje (18 - 0 %), siendo la porosidad ausente o presente en trazas.

Los granos que constituyen a estas areniscas son principalmente: cuarzo, el cual se encuentra en porcentajes muy variables (80 - 10 %) siendo el valor promedio muy cercano al 50%, el cuarzo predominante es el cuarzo ígneo (tanto volcánico como plutónico), existiendo en menor proporción cuarzo metamórfico (Figura 30A).

Los fragmentos de roca son más abundantes, estos se encuentran en proporciones que varían entre (86 y 15 %), estando los valores promedios comprendidos entre 45 y 60 %. Estos fragmentos en su mayoría son fragmentos de arcilitas, limolitas, rocas ígneas (volcánicas y plutónicas), rocas metamórficas y chert. Los feldespatos por su parte son más escasos (20 - 0 %) llegando a alcanzar un promedio de 4% del porcentaje de los granos. Presentando como minerales accesorios: clorita, circón, biotita, muscovita, pirita, leucoxeno, piroxenos (Figura 30B) y en algunos casos se pueden reportar fragmentos fósiles muy recristalizados. Los cuales son en su

mayoría foraminíferos pláncticos, bénicos, foraminíferos grandes (*Lepidocyclina*), briozoarios y nummulites (Figura 30A). (Tabla 5).

Tabla 5. Composición de granos de areniscas de grano fino a muy fino.

Número de Muestra	Composición de Granos (%)														
	Cuarzo y Feld.			Fragmentos de Rocas				Accesorios							
	Cuarzo Igneo	Cuarzo Metamórfico	Feldespatos	Chert	FR. Ignea	FR. Metamórfica	FR. Sedimentaria Siliciclastica	FR. Sedimentaria Carbonática	Biotita-Muscovita	Círcon-Apatito-Esfena	Hematita-Goetita	Pirita-Leucoxeno	Piroxenos	Clorita	Fósiles
PAM-009	25	30	3	5	23	Tz	11	Tz	Tz	Tz	1	Tz	Tz	-	
PAM-013	29	7	1	7	19	4	20	-	1	Tz	-	1	Tz	1	-
PAM-014	24	2	2	2	5	-	19	Tz	Tz	Tz	-	1	1	1	-
PAM-015	30	7	3	5	8	2	20	Tz	1	-	1	-	2	-	-
PAM-017	19	9	2	3	15	4	20	Tz	Tz	-	Tz	1	-	Tz	Tz
PAM-027	5	2	15	3	15	4	29	-	2	Tz	Tz	Tz	Tz	1	-
PAM-031	26	7	3	4	9	2	22	1	Tz	Tz	-	Tz	Tz	2	Tz
PAM-032	16	8	4	2	7	3	20	-	Tz	Tz	-	3	Tz	3	Tz
PAM-033	13	9	6	3	5	4	11	-	1	Tz	-	3	Tz	2	Tz
PAM-034	7	5	6	7	17	7	20	-	3	Tz	Tz	1	-	4	-
PAM-035	3	3	6	8	15	6	21	1	3	1	-	-	Tz	Tz	-
PAM-036	5	7	4	7	15	5	33	-	4	-	-	Tz	Tz	5	-
PAM-037	10	8	2	8	20	-	18	Tz	2	Tz	-	Tz	-	-	-
PAM-039	12	6	3	7	17	4	16	Tz	2	Tz	Tz	-	-	1	-
PAM-040	8	5	2	4	19	3	29	-	1	-	Tz	Tz	-	2	-
PAM-041	2	5	2	6	22	2	22	-	2	-	Tz	-	-	3	-
PAM-045	18	6	4	4	16	2	18	-	Tz	-	-	-	1	-	Tz
PAM-047	19	7	4	2	15	1	17	1	Tz	Tz	-	1	6	-	-
PAM-050	15	5	1	12	18	1	21	1	Tz	Tz	Tz	Tz	-	1	Tz
PAM-051	14	4	1	11	17	1	22	-	Tz	-	-	Tz	-	1	-
PAM-058	23	8	1	4	Tz	1	2	-	1	Tz	-	3	3	-	-
PAM-059	35	7	1	3	11	3	9	Tz	1	Tz	-	1	-	12	-
PAM-060	27	7	2	4	12	4	10	-	1	Tz	-	1	-	3	-
PAM-061	24	6	2	5	2	1	6	Tz	1	Tz	Tz	Tz	-	2	-
PAM-062	23	8	1	4	Tz	1	3	Tz	1	Tz	-	3	-	3	-
PAM-067	32	7	1	6	10	1	9	Tz	1	Tz	-	1	-	3	-
PAM-068	30	6	-	7	10	-	6	3	2	Tz	Tz	1	1	6	-
PAM-069	38	3	4	7	4	-	12	Tz	1	Tz	-	Tz	-	-	-
PAM-070	19	5	1	4	11	8	5	-	1	Tz	-	Tz	-	7	-
PAM-074	28	11	1	7	10	4	22	-	Tz	Tz	-	Tz	-	2	-
PAM-076	27	15	1	7	10	3	8	Tz	1	Tz	-	Tz	-	4	-
PAM-078	19	10	Tz	3	7	6	2	-	1	Tz	2	-	-	5	-
PAM-079	26	14	1	7	11	4	9	-	1	Tz	-	Tz	-	3	-
PAM-080	30	12	1	15	5	-	4	-	-	Tz	-	Tz	-	Tz	-
GPC-004	45	42	5	3	10	-	6	-	-	-	Tz	-	-	1	-
GPC-005	25	9	11	5	Tz	1	7	-	-	-	-	1	-	1	-
GPC-009	11	7	6	5	25	-	30	-	Tz	-	-	1	Tz	Tz	-
GPC-010	22	8	7	7	16	1	19	Tz	Tz	-	-	Tz	-	-	-
GPC-032	26	17	4	1	2	1	12	-	1	-	-	Tz	-	-	-
PGC-036	38	18.5	2.5	1	2	-	14	-	Tz	-	Tz	-	-	-	-
GPC-039	54.5	17	3	3	-	1	9	-	0.5	-	-	-	-	-	-
GPC-041	29	24	4	1	8	Tz	8	-	1	-	Tz	-	-	-	-

Leyenda: Composición: Feld. = Feldespatos; Tz= Trazas; FR= Fragmento de roca

La matriz en todos los casos es de minerales de arcilla, mientras que el cemento es más variable dentro de la misma roca, presentándose cemento de calcita en un (37 - 0%) siendo el promedio un 15 %, el cemento de minerales de arcilla es muy variable al igual que el de calcita (Figura 30A); este se encuentra en un rango que varía entre (25 - 1 %); estando los valores promedios entre 13 y 16 %. (Tabla 6).

El cemento de Hematita-Goetita es más escaso encontrándose en proporciones que varían entre (4 - 0 %), a excepción de la muestra PAM-076 la cual presenta un 15% de este tipo de cemento, debido a procesos de meteorización. Mientras que el cemento de sílice se encuentra en proporciones muy bajas llegando en algunos casos esta ausente. (Tabla 6).

#### **B) Clasificación**

Estas rocas se clasificaron como Areniscas Líticas, Areniscas Sublíticas y Wackas líticas volcánicas y Wackas líticas compuestos por fragmentos de rocas sedimentarios y volcánicos (Tabla 6) basándose en la clasificación de PETTIJHON, *et al.* (1972) (Apéndice A.3). Posteriormente las Areniscas Líticas se subclasicaron como Areniscas Volcánicas y Sedarenitas (de arcilita-limolita, de areniscas, de calcilita y chertarenita) según FOLK, (1974) en BOGGS, (1982) (Apéndice A.4).

##### **3.3.1.2.1-. Areniscas de grano muy fino con componentes de mezcla**

###### **A) Características texturales**

El tamaño de grano predominante en estas areniscas varía entre

0.06 y 0.1 mm, clasificándose como areniscas de grano muy fino según la clasificación de tamaño de grano propuesta por UDDEN (1914) - WENTWORTH (1922).

Estas areniscas varían entre bien y medianamente escogida, presentando en su mayoría de los casos granos subangulosos. La orientación de los granos en general es isotrópica, los contactos predominantes son grano-matriz, estas areniscas se caracterizan por ser tanto textural como mineralógicamente medianamente inmaduras. (Tabla 7).

#### **B) Composición**

Estas areniscas están compuestas principalmente por siliciclásticos (72 - 45 %), ortoquímicos (50 - 21 %), aloquímicos (6 - 5 %), estando en trazas o en proporciones muy bajas (<1 %) la porosidad. (Tabla 7).

Los siliciclásticos que constituyen a estas areniscas son principalmente: cuarzo en su mayoría, feldespatos y muy escasamente fragmentos de roca.

Entre los componentes ortoquímicos principales se encontraron micrita (28 – 8 %), pseudoespato (15 – 0 %), espato (8 – 0 %) y cemento de minerales de arcilla (10 – 5 %). Mientras que el componente aloquímico principal son los foraminíferos (6 – 5 %), encontrándose otros pero en proporciones muy bajas tales como fragmentos de moluscos, etc. (Tabla 8).

#### **C) Clasificación**

Estos litotipos se clasificaron como Areniscas Micríticas (Tabla 9) basándose en la clasificación de (MOUNT, 1985) (Apéndice A.8).

**Tabla 6.** Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y clasificación de areniscas de grano fino y muy fino.

Número de Muestra	Composición de Granos R (%)			Composición del Cemento (%)				Matriz (%)	Tipo de Porosidad (%)				Clasificación	
	Cuarzo	Feldespato	Fragmentos de Roca	Silice	Minerales de Arcilla	Calcita	Hematita-Goetita		Min. de Arcilla	Interpartícula	Intrapartícula	Fractura	Disolución	
PAM-009	63.2	3.4	33.4	0.5	3	2	Tz	Tz	-	Tz	Tz	Tz	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-013	41.37	1.14	57.49	Tz	10	1	-	2	-	Tz	-	Tz	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-014	38.23	1.47	60.3	-	19	8	2	3	-	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-015	49.3	4	46.7	Tz	12	6	Tz	2	-	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-017	40.6	2.3	46.9	-	18	4	2	5	-	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-027	9.58	20.54	69.88	Tz	5	-	Tz	18	-	-	-	-	1	Wacka Lítica(Arc-Lim)
PAM-031	44.6	4.4	51.4	-	11	3	Tz	8	-	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-032	29.3	6.6	64.1	-	5	24	2	2	-	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-033	43.1	11.8	45.1	1	1	22	2	17	-	-	-	-	-	Wacka Lítica(Arc-Lim)
PAM-034	16.4	8.2	75.4	-	15	7	1	-	-	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-035	8.8	8.8	83.4	-	15	10	2	5	-	-	-	-	1	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-036	17	5.6	77.4	-	15	7	2	2	-	-	-	-	1	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-037	26.1	2.9	71	-	8	17	1	5	-	-	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-039	26.5	4.4	69.1	-	15	11	1	3	-	-	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-040	20.3	3.1	76.6	-	12	13	2	5	Tz	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-041	10.6	3	86.4	-	7	9	1	2	5	2	-	-	8	Arenisca Volcánica
PAM-045	35.3	5.9	58.8	Tz	12	6	1	10	-	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-047	39.4	6	54.6	1	11	5	2	9	-	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-050	27	1.3	71.7	-	8	10	1	6	-	Tz	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-051	25.7	5.7	68.6	-	9	8	2	8	-	Tz	-	-	1	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-058	69.5	2.17	28.3	-	3	37	2	7	-	-	-	-	Tz	Arenisca Sublítica
PAM-059	60.9	1.4	37.7	Tz	4	6	3	4	-	-	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-060	50	2.9	47.1	-	4	17	1	5	-	-	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-061	60	4	36	Tz	5	35	2	6	-	-	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-062	79	2.3	18.7	-	1	14	1	4	-	-	-	-	Tz	Arenisca Sublítica
PAM-067	48.5	1.5	50	-	7	15	1	5	-	Tz	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-068	58.1	-	41.9	1	3	15	4	5	-	-	-	-	1	Arenisca Volcánica
PAM-069	65.2	1.4	33.4	-	18	8	2	7	-	-	-	-	3	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-070	45.3	1.8	52.9	-	16	6	-	17	-	-	-	-	-	Wacka Lítica(Ivol.)
PAM-074	56.9	1.4	41.7	Tz	17	2	1	1	-	Tz	-	-	2	Arenisca Volcánica
PAM-076	52.3	1.3	43.4	Tz	13	-	15	2	-	1	-	-	2	Arenisca Volcánica
PAM-078	61.7	T	38.3	-	25	7	4	9	-	1	-	-	Tz	Arenisca Volcánica
PAM-079	55.5	1.4	43.1	-	17	3	-	7	-	-	-	-	1	Arenisca Volcánica
PAM-080	62.1	1.5	36.4	-	25	-	2	3	-	Tz	-	-	4	Chertarenita
GPC-004	68	6.4	25.6	1	10	7	1	1	-	-	-	-	2	Arenisca Volcánica
GPC-005	58.5	19	22.5	Tz	23	2	2	13	-	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-009	21.4	7.1	71.5	-	8	2	1	1	-	-	-	-	3	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-010	37.5	8.8	53.7	3	3	-	3	2	-	Tz	-	-	8	Sedarenita(Are)
GPC-032	71.6	6.7	21.6	1	5	8	-	2	-	5	-	-	15	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-036	74.3	3.2	22.5	1	2	15	-	4	-	-	-	-	1	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-039	81.6	3.4	15	-	7	5	Tz	Tz	1	2	-	-	7	Arenisca Sublítica
GPC-041	71.6	5.4	23	Tz	6	15	Tz	3	-	-	-	-	1	Arenisca Volcánica

**Levenda:** Composición: R= Valores recalculados al 100%; Tz= Trazas; FR= Fragmento. Clasificación: (Arc-Lim)= Arcilitas y Limolitas como principal fragmento de roca; (Are)= Arenisca como principal fragmento de roca; (Vol)= Rocas volcánicas como principal fragmento de roca.

Tabla 7. Características Texturales y Composición general de areniscas de mezcla.

Número de Muestra	Características Texturales					Composición General (%)			
	Tamaño de Grano Promedio (mm)	Escogimiento	Redondez	Contacto Predominante	Orientación	Siliciclásticos	Ortoquímicos	Aloquímicos	Porosidad
GPC-019	0.06	MedE	SA	G-M	I	45	50	5	Tz
GPC-033	0.1	BE	SA	G-M	I	72	21	6	1

Leyenda: Textura: MedE= Medianamente Escogido; BE= Bien Escogido SA= Subanguloso; G-M:Grano-Matriz;  
I= Isotropía; Tz:= Trazas.

Tabla 8. Composición de siliciclásticos, ortoquímicos y aloquímicos de las areniscas de mezcla.

Número de Muestra	Componentes Siliciclásticos R (%)			Componentes Ortoquímicos (%)				Componentes Aloquímicos(%)		
	Cuarzo	Feldespatos	Fragmentos de Rocas	Micritá	Microespato	Pseudoespato	Espato	Cemento de Min. Arc	Foraminíferos	Otros
GPC-019	87.5	15.5	-	25	-	15	-	10	5	Tz
GPC-033	93	3	4	8	-	-	8	5	6	Tz

Leyenda: Composición: R= Valores recalculados al 100%; Tz= Trazas.

Tabla 9. Tipo de porosidad y clasificación de areniscas de mezcla.

Número de Muestra	Tipo de Porosidad (%)					Clasificación
	Interpartícula	Intrapartícula	Móldica	Fractura	Disolución	
GPC-019	-	Tz	-	-	-	Arenisca Micritica
GPC-033	Tz	-	Tz	-	1	Arenisca Micritica

Leyenda: Composición: Tz= Trazas.

### **3.3.1.3.- Areniscas de grano medio a grueso**

#### **A) Características texturales**

El tamaño de grano predominante en estas areniscas es variable, comprendiendo dos grupos, el primero varía entre 0.3 y 0.5 mm, mientras que el segundo grupo varía entre 0.6 y 0.85 mm, clasificándose como areniscas de grano medio y areniscas de grano grueso respectivamente (UDDEN , 1914 - WENTWORTH , 1922).

Estas varían su escogimiento entre muy mal y medianamente escogido, presentando en su mayoría granos angulosos a subangulosos. La orientación de los granos en general es isotrópica a excepción de las muestras PAM-026, 028, 066 y 072, las cuales muestran anisotropía muy ligera. Los contactos predominantes son rectos y más escasamente grano-cemento, textual como mineralógicamente estas areniscas se caracterizan por ser inmaduras. (Tabla 10).

#### **B) Composición**

Estas areniscas están compuestas principalmente por granos (85 - 49 %), cemento (5 - 40 %) siendo el valor promedio 18 %, matriz (12 - 0 %) y porosidad ( 24 – 0%) por disolución en la mayoría de los casos (Figura30A).

Este litotipo está constituido principalmente por: cuarzo, el cual se encuentra en porcentajes muy variables (62 - 14 %) siendo el valor promedio muy cercano al 45%, predominando el cuarzo ígneo (tanto volcánico como plutónico), estando en menor proporción cuarzo metamórfico (Figura 30A).

Los fragmentos de roca son más abundantes, estos se encuentran en proporciones que varían entre (72 - 34 %), estando los valores promedios comprendidos entre 50 y 60 %. Estos fragmentos en su mayoría son fragmentos de arcilitas, limolitas, rocas ígneas (volcánicas y plutónicas), rocas metamórficas y chert (Figura 30B). Los feldespatos por su parte son más escasos (26 - 0 %) llegando a alcanzar un promedio de 3% del porcentaje de los granos. (Tabla 11).

Tabla 10. Características texturales y composición general de areniscas de grano medio y grueso.

Número de Muestra	Características Texturales				Composición General (%)			
	Tamaño de Grano Promedio (mm)	Escogimiento	Redondez	Contacto Predominante	Orientación	Granos	Matriz	Cemento
PAM-002	0.36	ME	A	L	-	76	6	16
PAM-004	0.28	ME	A	G-C	I	66	1	31.5
PAM-007	0.28	BE	A-SA	G-C	I	60	-	40
PAM-008	0.52	MmE	A	G-C	I	59	-	41
PAM-010	0.36	MmE	SA	L	-	85	5	8
PAM-012	0.28	ME	A	L	-	62	-	27
PAM-016	0.28	MmE	A	L	-	49	1	25
PAM-018	0.3	MmE	A	L	-	50	2	25
PAM-019	0.73	MmE	SA	G-C	I	61	-	39
PAM-020	0.36	MmE	SA	G-C	I	74	-	26
PAM-021	0.44	MmE	SA	L	I	81	-	18
PAM-022	0.31	MmE	SA	L	I	68	12	20
PAM-023	0.51	MmE	SA	L	I	79	3	16
PAM-024	0.31	ME	A	G-C	I	67	1	32
PAM-026	0.36	MmE	SA	L	A(L)	71	6	5
PAM-028	0.3	ME	A	L	A(L)	74	7	19
PAM-029	0.4	MmE	SA	L	I	82	5	13
PAM-064	0.35	MmE	SA	L	I	67	6	22
PAM-065	0.4	MmE	SA	L	I	72	7	18
PAM-066	0.6	MedE	SA	L	A(L)	71	10	7
PAM-072	0.29	MedE	SA	G-C	A(L)	69	3	18
PAM-075	0.5	ME	SA	L	I	73	3	10
PAM-081	0.68	MedE	A	L	I	70	-	10
GPC-006	0.33	MmE	SA	L	I	66	-	10
GPC-007	0.85	MedE	SR	L	I	75	2	19

**Leyenda:** Textura: MmE= Muy Mal Escogido; MedE= Medianamente Escogido; ME= Mal Escogido; BE= Bien escogido; A= Anguloso SA= Subanguloso; SR= Subredondeado; L= Longitudinal; G-C= Grano-Cemento; A(L)= Anisotropía Lígera; I= Isotropía. Composición: Tz= Trazas

Los minerales accesorios más comunes son: clorita, circón, biotita, muscovita, pirita, leucoxeno, piroxenos (Figura 30B) y en algunos casos se pueden reportar fragmentos fósiles muy recristalizados. Los cuales son en su mayoría foraminíferos pláncticos, bénicos, foraminíferos grandes (*Lepidocyclusina*), briozoarios y nummulites.

Tabla 11. Composición de granos de areniscas de grano medio y grueso.

Número de Muestra	Composición de Granos (%)															
	Cuarzo y Feld.			Fragmentos de Rocas				Accesarios								
	Cuarzo Igneo	Cuarzo Metamórfico	Feldespatos	Chert	FR. Ignea	FR. Metamórfica	FR. Sedimentaria Siliciclastica	FR. Sedimentaria Carbonática	Biotita-Muscovita	Circón-Apatito-Esfena	Hematita-Goetita	Pirita-Leucoxeno	Proxenos	Clorita	Fósiles	
PAM-002	33	8	1	11	16	1	14	Tz	1	Tz	-	-	-	1	-	
PAM-004	27	7	1.5	5	14	2	8	-	Tz	Tz	Tz	Tz	Tz	-	-	
PAM-007	25	5	Tz	15	8	-	3	-	Tz	-	Tz	Tz	Tz	1	-	
PAM-008	28	9	1	4	9	-	7	Tz	Tz	Tz	Tz	Tz	Tz	1	-	
PAM-010	24	7	1	9	5	Tz	35	Tz	Tz	Tz	-	Tz	Tz	1	-	
PAM-012	23	14	2	10	3	1	7	-	Tz	Tz	-	1	-	-	-	
PAM-016	18	7	1	2	5	-	13	-	Tz	Tz	-	1	-	-	-	
PAM-018	20	5	1	3	4	-	15	Tz	Tz	Tz	Tz	1	-	-	-	
PAM-019	23	9	3	9	2	-	12	-	Tz	-	1	2	Tz	-	-	
PAM-020	19	8	2	10	10	1	16	15	-	Tz	-	Tz	Tz	3	-	
PAM-021	9	5	1	3	21	-	38	3	-	Tz	-	-	Tz	Tz	-	-
PAM-022	15	5	1	4	15	3	17	4	1	Tz	Tz	Tz	Tz	2	-	-
PAM-023	26	5	3	5	19	1	20	5	-	Tz	-	1	Tz	Tz	-	-
PAM-024	30	5	4	4	7	1	14	-	1	-	-	1	Tz	-	-	-
PAM-026	18	5	5	7	9	2	23	-	1	Tz	-	Tz	Tz	Tz	Tz	-
PAM-028	21	5	6	3	7	4	23	-	2	Tz	Tz	1	-	2	-	-
PAM-029	21	7	7	10	8	3	20	1	1	Tz	Tz	1	Tz	3	-	-
PAM-064	22	5	6	5	6	2	19	-	Tz	Tz	Tz	-	-	1	Tz	-
PAM-065	26	7	2	9	7	1	20	-	Tz	-	Tz	-	-	Tz	-	-
PAM-066	28	9	1	11	7	-	11	-	1	Tz	-	Tz	-	1	-	-
PAM-072	10	22	2	9	6	10	6	-	2	1	-	-	-	2	-	-
PAM-075	15	17	3	7	7	6	10	-	1	Tz	-	Tz	-	1	-	-
PAM-081	6	35	3	10	7	7	2	-	-	Tz	Tz	-	-	Tz	-	-
GPC-006	6	3	17	4	3	1	32	-	1	-	Tz	Tz	-	-	-	-
GPC-007	4	8	9	10	15	3	24	-	-	Tz	Tz	Tz	-	1	-	-

Legenda: Composición: Feld= Feldespatos; FR= Fragmento de roca; Tz= Trazas

La matriz en todos los casos es de minerales de arcilla, mientras que el cemento es más variable dentro de la misma roca (Tabla 12), presentándose cemento de calcita en un (40 - 0%) siendo el promedio un 11 %, el cemento de minerales de arcilla es muy variable al igual que el de calcita; este se

encuentra en un rango que varía entre (28 - 0 %); estando los valores promedios entre 11 y 14 % (Figura 30 A). El cemento de Hematita-Goetita es más escaso encontrándose en proporciones que varían entre (2 - 0 %). Mientras que el cemento de sílice se encuentra en proporciones muy bajas (6 – 0 %).

### C) Clasificación

Se clasifican como Areniscas Lítica (Tabla 12), las cuales se subclasicaron como Areniscas Volcánicas y Sedarenitas (de arcilitas, de areniscas, de carbonatos y de chert) según FOLK, (1974).

Tabla 12. Composición de granos, cemento, matriz, porosidad y clasificación de areniscas de grano medio y grueso.

Número de Muestra	Composición de Granos R (%)			Composición del Cemento (%)			Matriz (%)	Tipo de Porosidad (%)			Clasificación		
	Cuarzo	Feldespato	Fragmentos de Roca	Sílice	Minerales de Arcilla	Calcita	Hematita-Goetita	Min. de Arcilla	Interpartícula	Intrapartícula	Fractura	Disolución	
PAM-002	43.8	1.4	54.8	-	14	1	1	6	-	Tz	-	2	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-004	51.5	1.5	47	-	27.5	3	1	1	-	-	1	0.5	Arenisca Volcánica
PAM-007	50	Tz	50	-	5	35	-	-	-	-	-	-	Chertarenita
PAM-008	62.7	3.4	33.9	-	-	40	1	-	-	-	-	-	Arenisca Volcánica
PAM-010	36	1.2	62.8	-	8	Tz	-	5	-	-	Tz	2	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-012	59	3.2	37.1	Tz	23	-	1	-	-	-	Tz	14	Chertarenita
PAM-016	51	2	47	Tz	23	-	2	-	-	1	1	23	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-018	52.1	2.1	45.8	-	24	Tz	1	-	-	5	1	17	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-019	55.2	5.2	39.6	-	14	25	Tz	-	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-020	36.5	2.7	60.8	-	7	19	Tz	-	-	-	Tz	-	Calicilita
PAM-021	22.5	1.6	75.4	Tz	2	16	-	-	-	-	0.8	0.2	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-022	29.4	1.5	69.1	-	6	16	Tz	12	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-023	39.3	3.7	60	-	10	5	1	3	-	0.2	1.6	0.2	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-024	53.8	6.2	40	-	3	28	1	1	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-026	33.3	7.2	59.5	Tz	4	-	1	6	-	1	-	8	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-028	33.7	8.7	53.6	1	14	2	1	7	-	-	-	Tz	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-029	35.9	8.9	55.2	2	10	-	1	5	-	Tz	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-064	41.5	4.5	54	-	11	10	1	6	-	-	-	5	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-065	46.5	2.8	50.7	Tz	11	7	-	7	-	-	-	3	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-066	55.2	1.5	43.3	1	5	-	1	10	-	-	-	12	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-072	44.9	2.9	52.2	-	14	3	1	3	-	2	-	8	Arenisca Volcánica
PAM-075	45.7	4.3	51.5	-	7	3	Tz	3	-	-	-	-	Sedarenita (Arc-Lim)
PAM-081	58.6	4.2	37.3	6	4	-	-	-	-	Tz	-	20	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-006	13.8	26.2	60	Tz	9	-	1	-	-	Tz	-	24	Sedarenita (Arc-Lim)
GPC-007	16.4	12.3	71.3	2	9	5	1	2	-	-	1	3	Sedarenita (Arc-Lim)

**Leyenda:** Composición: R= Valores recalculados al 100%; Tz= Trazas; FR= Fragmento. Clasificación: (Arc-Lim)= Arcilitas y Limolitas como principal fragmento de roca; (Vol)= Rocas volcánicas como principal fragmento de roca.

### **3.3.1.4.- Conglomerados**

#### **A) Características texturales**

El estudio petrográfico de los conglomerados esta basado fundamentalmente en el análisis de sus clastos (partículas mayores a 2 mm) así como de la matriz que estos presentan (partículas menores a 2 mm). El tamaño de grano promedio de los clastos varía entre 15 y 3 mm, clasificándose según UDDEN, (1914) – WENTWORTH (1922) como gránulos y guijarros, mientras que la matriz presenta tamaño entre 0.01 y 1 mm, clasificándose desde limos medios a arenas muy gruesas.

Estos conglomerados se encuentran muy mal escogidos, presentando en su mayoría una matriz constituida por granos subangulosos, mientras que los clastos son redondeados o bien redondeados (Figura 30B). La orientación de los clastos es isotrópica. Los contactos predominantes son rectos (en los conglomerados soportados por grano) y mas escasamente grano-matriz (en los conglomerados soportados por matriz); textural y mineralógicamente estos conglomerados se caracterizan por ser inmaduros. (Tabla 13).

#### **B) Composición:**

Los conglomerados están compuestos principalmente por clastos (53 - 8 %) siendo su valor predominante por el orden de un 45%, el cemento (25 - 7 %), matriz (68 - 27 %) mostrando un valor promedio de 35%, porosidad ( 24 – 0%), siendo en la mayoría de los casos muy baja (por el orden de 2 a 3 % ).

Tabla 13. Características texturales y composición general de conglomerados.

Número de Muestra	Características Texturales						Composición General (%)				
	T.G. Promedio de Clastos(mm)	T.G. Promedio de la Matriz(mm)	Escogimiento	Redondez de Granos	Redondez de Clastos	Contacto Predominante	Orientación	Granos	Matriz	Cemento	Porosidad
PAM-001	4.2	1	MmE	R	SA	L	I	53	32	13	2
PAM-003	15	1.3	MmE	R	SA	L	I	59	31	10	1
PAM-005	12	1.5	MmE	BR	SA	L	I	49	40	11	3
PAM-011	3	1	MmE	R	SA	L	I	49	36	15	2
PAM-030	9	0.1	MmE	R	SA	L	I	47	30	22	1
PAM-054	3.5	0.55	MmE	BR	SA	G-M	I	45	48	7	Tz
PAM-056	2.8	0.06	MmE	R	SA	G-C	I	8	52	32	2
PAM-082	5	0.52	MmE	R	SA	GM/G-C	I	15	52	11	22
GPC-008	3	0.33	MmE	BR	SA	G-M	I	60	27	13	-

**Leyenda:** Textura T:G.= Tamaño de grano: MmE= Muy Mal Escogido; SA= Subanguloso; BR= Bien Redondeado; R= Redondeados L= Longitudinal; G-C= Grano-Cemento; G-M= Grano-Matriz; I= Isotropía.

Composición: Tz= Trazas

### B.1) Composición de la Matriz (Tabla 14)

El análisis de la matriz se hizo en base a 100%. La matriz de estos conglomerados está constituida principalmente por cuarzo, el cual se encuentra en porcentajes muy altos en la mayoría de los casos (97 - 23 %) siendo el valor promedio muy cercano al 70%; el cuarzo predominante es el cuarzo ígneo (tanto volcánico como plutónico), estando el cuarzo metamórfico en proporciones muy cercanas a este.

Los fragmentos de roca se encuentran en proporciones que varían entre (60 - 0 %), presentándose los mayores valores en los conglomerados soportados por matriz (60 – 27 %), mientras que los menores valores se aprecian en los conglomerados soportados por grano (10 -14 % en promedio). Los fragmentos de roca encontrados en la matriz son en su mayoría fragmentos de arcillas, limolitas, areniscas, carbonatos, rocas ígneas (volcánicas y plutónicas), rocas metamórficas y chert.

Los feldespatos por su parte son mas escasos (20 - 2 %) siendo mas abundantes en los conglomerados soportados por matriz (20 – 2%) y mas escasos en los conglomerados soportados por granos (4 – 2 %). Presenta como minerales accesorios mas comunes: clorita, apatito, muscovita, piroxenos y en algunos casos se pueden reportar fragmentos fósiles muy recristalizados. Los cuales son en su mayoría foraminíferos pláncticos y béncticos.

Tabla 14. Composición de la matriz de los conglomerados.

Número de Muestra	Composición de Matriz R (%)							
	Cuarzo y Feldespatos			Fragmentos de Rocas				
	Cuarzo Igneo	Cuarzo Metamórfico	Feldespatos	FR. Ignea	FR. Metamórfica	FR. Sedimentaria Silicicástica	FR. Sedimentaria Carbonática	Chert
PAM-001	46.9	40.6	3.1	-	-	-	-	9.3
PAM-003	52	30	4	-	-	-	-	16
PAM-005	44	38	2	-	-	-	-	16
PAM-011	49	38	3	-	-	-	-	10
PAM-030	26.6	16.6	10	1.3	1.3	13.3	16.7	10
PAM-054	12.5	10.41	2.08	37.5	-	22.9	2.1	12.5
PAM-056	11.5	32.7	19.23	9.6	-	9.61	1.9	15.34
PAM-082	12	9.1	15.38	3.84	-	25	-	34.6
GPC-008	51.9	37	11.1	-	-	-	-	-

Levenda: Composición: R= Valores recalculados al 100%; FR= Fragmento de roca Tz= Trazas

## B.2) Composición de los Clastos (Tabla 15)

La composición de los clastos analizados en base a un 100 %, es muy variada, entre sus principales componentes se tienen fragmentos de rocas ígneas (100 – 7 %), siendo el valor promedio 45%, estos fragmentos pueden ser tanto volcánicos como plutónicos (Figura 30B), lográndose identificar lavas andesíticas y fragmentos ígneos (GPC-008), lavas traquíticas con

fenocristales de carbonato y clorita (PAM<sub>C</sub>-001), espilita con feldespatos tabulares (PAM-054 y PAM<sub>C</sub>-003), fragmentos de granito con textura pertítica (GPC-008) y fragmentos de roca alcalina plutónica (PAM<sub>C</sub>-002) (Figura 30B).

Al igual que los fragmentos de rocas ígneas los fragmentos de rocas siliciclásticas son abundantes (54 – 0 %), siendo su valor promedio 20 %. Entre los fragmentos de rocas siliciclásticas se pudieron identificar: fragmentos de arcilitas, fragmentos de limolitas y fragmentos de areniscas. Los fragmentos de rocas carbonáticas son mas escasos (10 – 0 %), mientras que los fragmentos fósiles están ausentes en casi todas las muestras a excepción de GPC-037 en la cual se aprecia un 16% de fragmentos fósiles entre los cuales fue posible identificar foraminíferos grandes (*Lepidocyclina* y *Operculinoides*) y algas rojas (*Archeolithothamnium*).

Los fragmentos de chert son relativamente abundantes (40 – 0 %) siendo su valor promedio 25 %. Por su parte los fragmentos de rocas metamórficas son mas escasos (8 - 0 %), lográndose identificar esquistos cloríticos y filitas.

### B.3) Composición del Cemento (Tabla 15)

El análisis del cemento se hizo en base a 100%, siendo este variable, el más abundante es el de minerales de arcilla (100 - 15%) teniendo un promedio de 80 % del cemento total presente en la roca. El cemento de calcita es mas escaso, solo se presenta en tres muestras PAM-030, GPC-008, GPC-037, en esta ultima representa un 100% del cemento total de toda la muestra. A su vez los cementos de sílice y hematita – goetita son escasos o ausentes.

Tabla 15. Composición de clastos y cemento de los conglomerados

Número de Muestra	Composición de Clastos R (%)					Composición del Cemento (%)		
	FR. Ignea	FR. Metamórfica	FR. Sedimentaria Siliciclástica	FR. Sedimentaria Carbonática	Chert	Silice	Minerales de Arcilla	Calcita
PAM-001	45.3	3.8	17	Tz	33.95	-	13	-
PAM-003	42	8	20	Tz	30	-	10	-
PAM-005	54	6	15	2	23	-	11	-
PAM-011	48	7	18	Tz	27	-	15	-
PAM-030	19.1	-	44.7	9.9	6.4	Tz	9	12
PAM-054	44.4	4.5	33.3	2.2	15.6	Tz	7	1
PAM-056	100	-	-	-	-	-	5	-
PAM-082	6.7	-	53.3	-	40	3	8	-
GPC-008	50	-	24.9	3.3	21.7	-	3	10
								6

Levenda: Composición: R= Valores recalculados al 100%; FR= Fragmento de roca Tz= Trazas

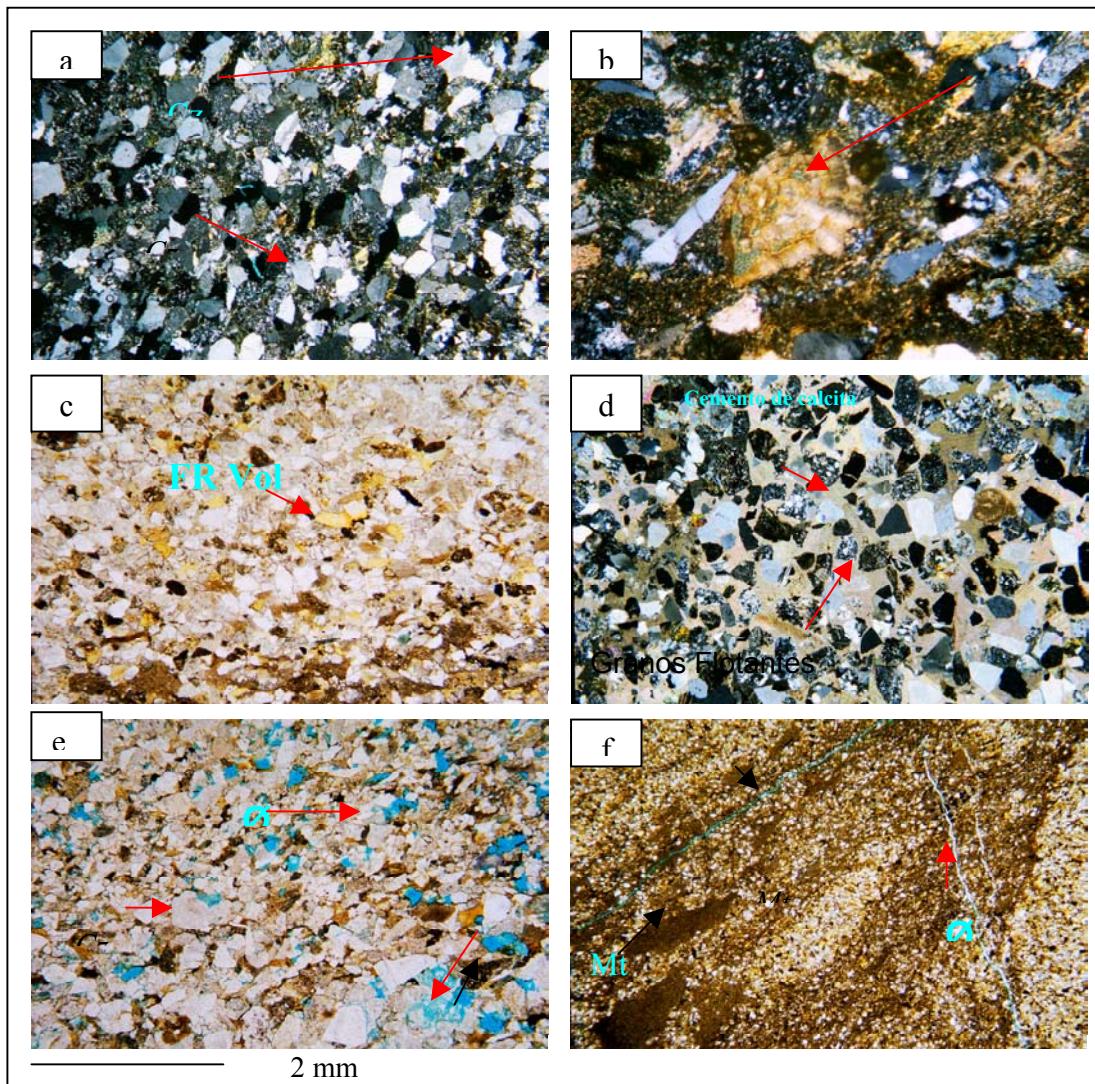
### C) Clasificación

Se clasifican como Ortoconglomerados de Clastos Volcánicos, Paraconglomerados de Clastos Volcánicos y Paraconglomerados de clastos de Chert (Según la clasificación de COLLINSON Y THOMPSON, 1982 y BOGGS, 1992).

Tabla 16. Tipos de porosidad y clasificación de conglomerados.

Número de Muestra	Soportado	Tipo de porosidad (%)				Clasificación
		Interpartícula	Intrapartícula	Fractura	Disolución	
PAM-001	C	Tz	Tz	-	2	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos
PAM-003	C	-	-	-	1	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos
PAM-005	C	-	-	-	3	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos
PAM-011	C	-	-	-	2	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos
PAM-030	C	-	-	1	-	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos
PAM-054	M	-	-	Tz	Tz	Paraconglomerado de Clastos Volcánicos
PAM-056	M	-	-	2	Tz	Paraconglomerado de Clastos Volcánicos
PAM-082	M	-	Tz	-	22	Paraconglomerado de Clastos de Chert
GPC-008	C	-	-	-	-	Ortoconglomerado de Clastos Volcanicos

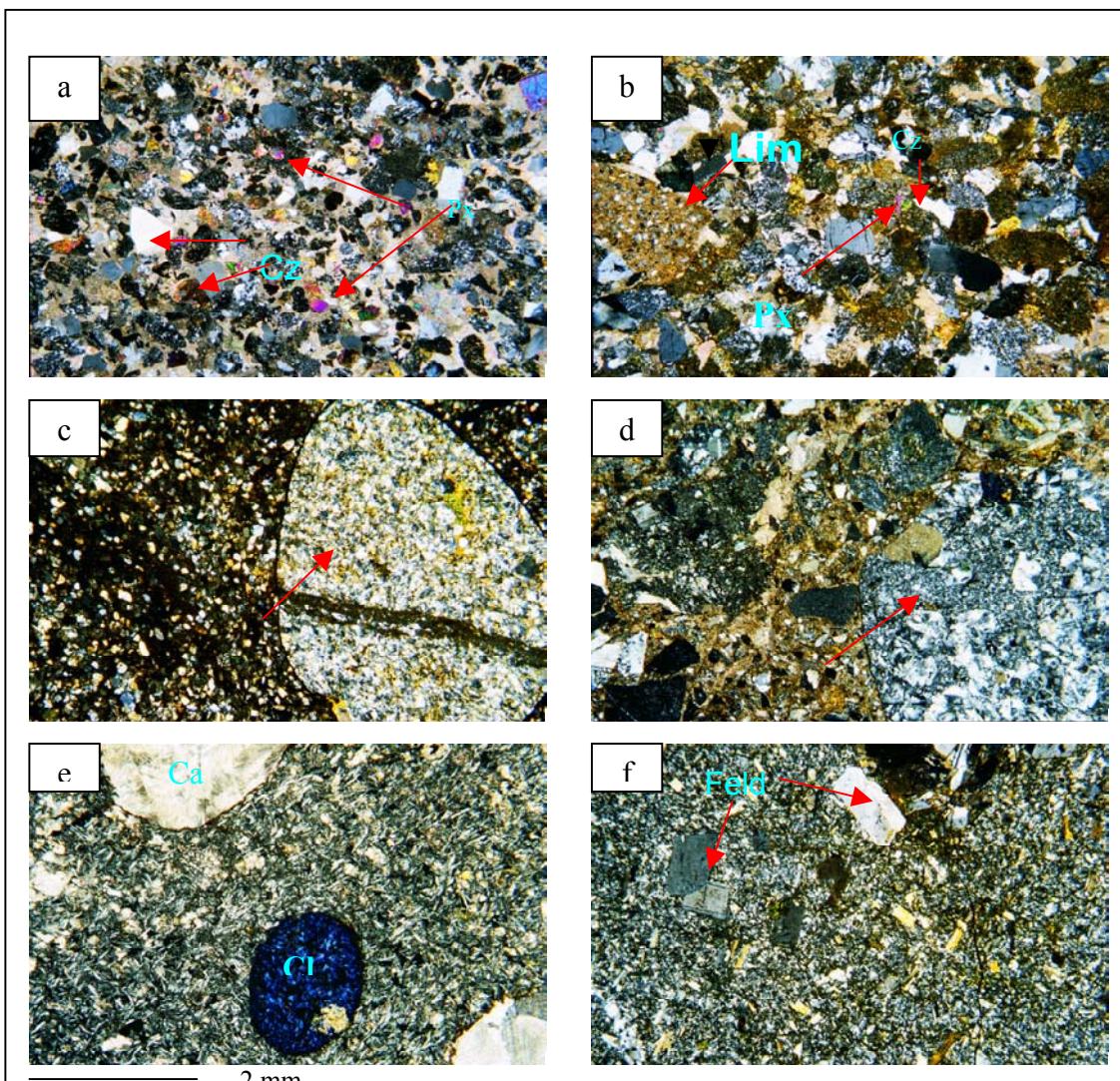
Levenda: Soportado: C= Clastos; M= Matriz. Tz= Trazas



**Leyenda:** Mt= matriz, Cz=cuarzo, C.Ca= cemento de calcita, C.Min Arc= Cemento de minerales de arcilla. FR Vol= Fragmentos de roca volcánica alterándose a minerales de arcilla, Ø= Porosidad (azul). . **NOTA:** Escala Igual en todas las fotos. **Objetivo:** 2.5X

Figura 30A: Fotomicrografía de características texturales, composición y porosidad de siliciclásticos. a) PAM-068, Anisotropía leve, contactos de granos rectos. b) PAM-075, Foraminífero bético recristalizado dentro de arenisca. c) PAM-076, Cemento de minerales de arcilla (ilita) y fragmentos de roca volcánica altamente alteradas. d) PAM-002, Cemento de calcita, granos

flotantes. e) PAM-072, Porosidad por disolución. f) PAM-078, Porosidad por fractura.



**Leyenda:** Feld=feldespato, Px= piroxeno, FR Vol= Fragmento volcánico, FR Ing= fragmento ígneo, Ca=calcita, Mt= matriz, Cz=cuarzo, Li=limolita, C.Ca= cemento de calcita. **NOTA:** Escala Igual en todas las fotos. **Objetivo:** 2.5X

Figura 30B: Fotomicrografía de fragmentos de rocas y clastos de siliciclásticos. a) PAM-021: Piroxenos, cuarzos volcánicos y cemento de calcita . b) PAM-022: Fragmentos de piroxenos, cuarzos y limolita. c) PAM-056: Clasto ígneo muy redondeado. d) GPC-008: Fragmento ígneo con textura pertítica. e) PAMc-001 Lavas traquíticas con fenocristales de carbonato y clorita. f) PAMc-003: Espilita con feldespatos tabulares.

### **3.3.2-. Petrografía de Carbonatos:**

Se realizó el análisis petrográfico de 30 secciones finas de carbonatos pertenecientes al Grupo Punta Carnero. Este análisis se baso en la caracterización, descripción y cuantificación de los parámetros texturales y composicionales para su posterior clasificación.

Entre los parámetros texturales a evaluar se considero el escogimiento, tipos de contactos, tipo de porosidad y el tamaño de las partículas fósiles presentes. Por otra parte se estudió la composición general, dentro de la cual se calcularan los componentes siliciclásticos, aloquímicos, y ortoquímicos. Posteriormente se hizo un análisis detallado de cada uno de los elementos que integran la roca.

A partir de todos los análisis petrográficos realizados se agruparon las muestras en 2 categorías, basándose principalmente para ello en el tamaño y tipo de fragmentos fósiles que la conforman.

#### **3.3.2.1-. “Mudstone”, “Wackstone” y “Packstone”**

##### **A) Características texturales**

Estos carbonatos presentan un buen escogimiento a excepción de las muestras GPC-001, 002 y 003 las cuales están mal escogidas. Los contactos son generalmente grano-matriz a excepción de las muestras GPC-034 y GPC-035 en las cuales se pueden apreciar gran cantidad de contactos puntuales entre los componentes aloquímicos.

El tamaño de los fragmentos fósiles y siliciclásticos presentes en estas muestras no exceden los 2 mm.

Tabla 17. Composición general, siliciclásticos y ortoquímicos de “mudstone”, “wackstone” y “packstone”.

Número de Muestra	Composición General (%)				Componentes Siliciclasticos (%)			Componentes Ortoquímicos (%)			
	Siliciclásticos	Ortoquímicos	Aloquímicos	Porosidad	Cuarzo	Feldespatos	Fragmentos de Rocas	Micrita	Microespato	Pseudoespato	Espato
GPC-001	5	70	25	Tz	3	1	1	1	63	3	3
GPC-002	Tz	55	45	-	Tz	-	-	30	10	5	10
GPC-003	1	59	40	-	1	-	-	1	50	5	2
GPC-012	2	93	5	-	1	1	-	96	-	-	Tz
GPC-013	1	89	10	-	Tz	Tz	-	89	-	Tz	-
GPC-014	3	89	8	-	2	-	1	88	-	-	1
PPC-015	Tz	65	35	-	Tz	-	Tz	63	-	1	1
GPC-016	Tz	60	40	Tz	Tz	-	-	60	-	-	-
GPC-017	Tz	55	45	-	Tz	-	Tz	-	2	-	-
GPC-018	Tz	70	30	-	Tz	-	-	67	-	3	Tz
GPC-020	Tz	90	10	-	Tz	-	-	75	-	-	15
GPC-022	2	61	37	-	1	Tz	1	59	-	-	2
GPC-024	Tz	60	40	-	Tz	-	-	58	-	-	2
GPC-026	Tz	65	35	Tz	Tz	-	-	60	1	-	4
PGP-031	Tz	55	45	-	Tz	-	-	55	-	-	-
GPC-034	2	45	53	Tz	2	-	-	40	-	5	-
GPC-035	1	35	64	-	1	Tz	-	25	-	-	10

Levenda: Composición: Tz= Trazas

### B) Composición

Se caracterizan por estar compuestas principalmente por, ortoquímicos (90 - 35 %) siendo el valor promedio 65 %, aloquímicos (53 - 5 %), cuyo valor promedio es 30 % y siliciclásticos (5 – 0.1 %), (Tabla 17 y 18), estando ausente o en trazas la porosidad (móldica o intrapartícula).

Entre los principales componentes ortoquímicos (Tabla 17) presentes en estas calizas se encuentra la micrita (93 – 1 %) siendo el valor promedio 65 %, microespato el cual esta ausente en casi todas las muestras a excepción de (GPC-001, 002, 003) en las cuales se encuentra en porcentajes que varían entre (63 – 10 %). El pseudoespato también es muy escaso (5 – 0 %) estando ausente o en trazas en la mayoría de las muestras. Por su parte el

espato es escaso pero se encuentra en mayor proporción que el pseudoespato alcanzando valores comprendidos entre (15 – 0 %).

Los componentes aloquímicos (Tabla 18) presentes en estas muestras son principalmente foraminíferos pláncticos (62 – 0 %) los cuales representan el componente mayoritario dentro de los aloquímicos, foraminíferos bénicos (16 – 0 %) y foraminíferos sin identificar (14 – 0 %) los cuales se encuentran muy afectados por procesos de micritización, recristalización y reemplazo impidiendo su debida identificación, así como radiolarios (16 – 0.1 %) presentes en las muestras GPC-016, 017, 018, 019 y 020 (Figura 31) .

Otros componentes aloquímicos presentes en estas rocas, pero en menor proporción son los intraclastos, extraclastos, algas rojas, briozoarios, fragmentos o espinas de equinodermos y moluscos, todos estos componentes se encuentran en porcentajes que no exceden el 5 %, estando en la mayoría de los casos ausente o en trazas. Por su parte los fragmentos de corales son muy escasos a excepción de las muestras tomadas en GPC-001, 002, 003, en las cuales estos constituyen la mayor parte de los componentes aloquímicos.

Los componentes siliciclásticos a su vez están constituidos por cuarzo (3 -0.1 %) cuyo valor promedio es 1 %, los feldespatos y los fragmentos de roca son muy escasos alcanzando valores máximos de 1 %. (Tabla 17).

### C) Clasificación

Estas calizas se pueden clasificar como “mudstone”, “wackstone” y “packstone” (Tabla 18 y 19), en base a la clasificación hecha por Dunham, (1962) y modificada por EMBRY Y KLOVAN, (1972).

Tabla 18. Composición de aloquímicos de “mudstone”, “wackstone” y “packstone”.

Número de Muestra	Componentes Aloquímicos (%)										
	Clastos Carbonáticos		Partículas Esqueletales					Foraminíferos			
	Intraclastos	Extraclastos	Algas Rojas	Briozoarios	Radiolarios	Equinodermos	Moluscos	Corales	Pláncticos	Bénticos	Sin Identificar
GPC-001	Tz	-	5	2	-	-	Tz	5	Tz	5	8
GPC-002	-	Tz	3	1	-	-	-	39	Tz	-	2
GPC-003	-	Tz	2	Tz	-	-	Tz	31	Tz	3	3
GPC-012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
GPC-013	-	-	-	-	-	-	-	Tz	-	-	10
GPC-014	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	2
GPC-015	-	-	-	-	-	Tz	-	30	5	-	-
GPC-016	1	-	-	-	5	-	-	24	10	-	-
GPC-017	-	-	-	-	9	-	-	30	6	-	-
GPC-018	-	-	-	-	16	-	-	10	4	-	-
GPC-020	-	-	-	Tz	-	-	-	-	-	-	10
GPC-022	1	-	-	-	-	Tz	-	Tz	18	16	-
GPC-024	1	-	-	-	-	-	-	-	25	5	14
GPC-026	Tz	-	-	-	-	Tz	-	-	29	3	2
GPC-031	-	-	-	-	-	-	-	-	40	5	-
GPC-034	-	-	-	-	-	-	-	-	50	3	-
GPC-035	-	-	-	-	-	Tz	-	-	62	2	-

Leyenda: Composición: Tz= Trazas

Tabla 19. Clasificación y porosidad de “mudstone”, “wackstone” y “packstone”.

Número de Muestra	Tipo de Porosidad (%)					Clasificación
	Interpartícula	Intrapartícula	Móldica	Fractura	Disolución	
GPC-001	-	Tz	-	-	-	Wackstone
GPC-002	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-003	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-012	-	-	-	-	-	Mudstone
GPC-013	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-014	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-015	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-016	-	Tz	-	-	-	Wackstone-Packstone
GPC-017	-	-	-	-	-	Wackstone-Packstone
GPC-018	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-020	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-022	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-024	-	-	-	-	-	Wackstone-Packstone
GPC-026	-	-	-	-	-	Wackstone
GPC-031	-	-	-	-	-	Wackstone-Packstone
GPC-034	-	Tz	-	-	Tz	Packstone
GPC-035	-	-	-	-	-	Packstone

Leyenda: Composición: Tz= Trazas

### **3.3.2.2.- “Packstone”- “Rudstone”**

#### **A) Características texturales**

Estos tipos petrográficos representan como el equivalente carbonático de las turbiditas siliciclásticas, evidenciado por la presencia de estructuras típicas de la secuencia Bouma; donde parte de su contenido aloquímico (orbitoides y algas rojas) se comportan como partículas clásticas.

Estas muestras presentan mal escogimiento, los contactos predominantes son generalmente cóncavo-convexo y en menor proporción rectos, puntuales y grano-matriz.

El tamaño de los fragmentos fósiles es variable, en las muestras GPC-011, 021, 027 y 030 son menores a 2 mm, mientras que en el resto de los litotipos son mayores a 2mm.

#### **B) Composición**

Se caracterizan por estar compuestas principalmente por ortoquímicos (40 - 7 %) siendo el valor promedio 20 %, aloquímicos (90 - 56 %), cuyo valor promedio es 80 %, siliciclásticos (5 – 0.1 %), estando ausente o en trazas la porosidad (móldica, fractura, disolución intrapartícula y interpartícula).

Los componentes siliciclásticos a su vez están constituidos por cuarzo (1.5 - 0.1 %) cuyo valor promedio es 1 %, los feldespatos y los fragmentos de roca son muy escasos llegando a alcanzar valores máximos de 2 %. (Tabla 20).

Entre los principales componentes ortoquímicos (Tabla 20) presentes en estas calizas se encuentra la micrita (38 – 2 %) siendo el valor promedio 14

%, microespato el cual esta ausente en casi todas las muestras a excepción de (GPC-011) en las cuales se encuentra en un porcentaje de 37%. El pseudoespato es escaso (3 – 0 %) estando en valores muy bajos o en trazas en la mayoría de las muestras. Por otra parte el espato se encuentra en mayor proporción que el pseudoespato alcanzando valores comprendidos entre (5 – 0 %). Y estando ausente en las muestras GPC-011, 021 y 027.

Tabla 20. Composición general, siliciclásticos y ortoquímicos de “packstones” y “rudstones”

Número de Muestra	Composición General (%)				Componentes Siliciclásticos (%)			Componentes Ortoquímicos (%)			
	Siliciclásticos	Ortoquímicos	Aloquímicos	Porosidad	Cuarzo	Feldespatos	Fragmentos de Rocas	Micrita	Microespato	Pseudoespato	
GPC-011	4	40	56	-	1	2	1	2	37	1	-
GPC-021	3	7	90	Tz	1	-	2	5	-	3	-
GPC-023	Tz	30	70	-	Tz	-	-	38	-	-	2
GPC-025	2	26	82	Tz	1.5	Tz	0.5	21	-	2	3
GPC-027	5	10	85	Tz	2	Tz	3	9	-	1	-
GPC-028	Tz	20	80	-	Tz	-	-	15	-	-	5
GPC-029	Tz	23	77	-	Tz	-	-	18	-	3	2
GPC-030	Tz	15	85	-	Tz	-	-	12	-	-	3
GPC-037	1	20	79	Tz	1	-	-	16	1	1	2
GPC-040	1	22	75	2	0.5	-	0.5	18	-	1	3

Leyenda: Composición: Tz= Trazas

Los componentes aloquímicos (Tabla 21) presentes en estas muestras son principalmente algas rojas (59 – 30 %), foraminíferos bénicos de gran tamaño (52 – 14 %), foraminíferos pláncticos (7 – 0 %), foraminíferos sin identificar (5 – 0 %) e intraclastos (5 – 0.1 %) siendo su valor promedio 1 % (Figura 31).

Entre otros componentes aloquímicos se encuentran los extraclastos, fragmentos o espinas de equinodermos, fragmentos de moluscos y corales, todos estos componentes se encuentran en porcentajes que no exceden el 1 %, estando en la mayoría de los casos ausente o en trazas.

Tabla 21. Composición de aloquímicos de “packstone” y “rudstone”.

Número de Muestra	Componentes Aloquímicos (%)								
	Clastos Carbonáticos		Partículas Esqueletales				Foraminíferos		
	Intraclastos	Extraclastos	Algas Rojas	Equinodermos	Moluscos	Corales	Pláncticos	Bénticos	Sin Identificar
GPC-011	1	-	38	Tz	Tz	-	3	14	-
GPC-021	3	Tz	59	Tz	Tz	-	-	25	3
GPC-023	Tz	Tz	35	Tz	-	-	7	28	-
GPC-025	1	-	37	-	Tz	Tz	2	40	1
GPC-027	1	-	34.5	Tz	-	-	-	45	5
GPC-028	5	-	40	Tz	-	-	-	33	2
GPC-029	1	-	40	Tz	Tz	-	1	35	-
GPC-030	1	-	30	Tz	-	-	2	52	-
GPC-037	3	Tz	41	-	-	Tz	-	30	5
GPC-040	5	-	35	1	-	-	5	29	-

Levenda: Composición: Tz= Trazas

### C) Clasificación

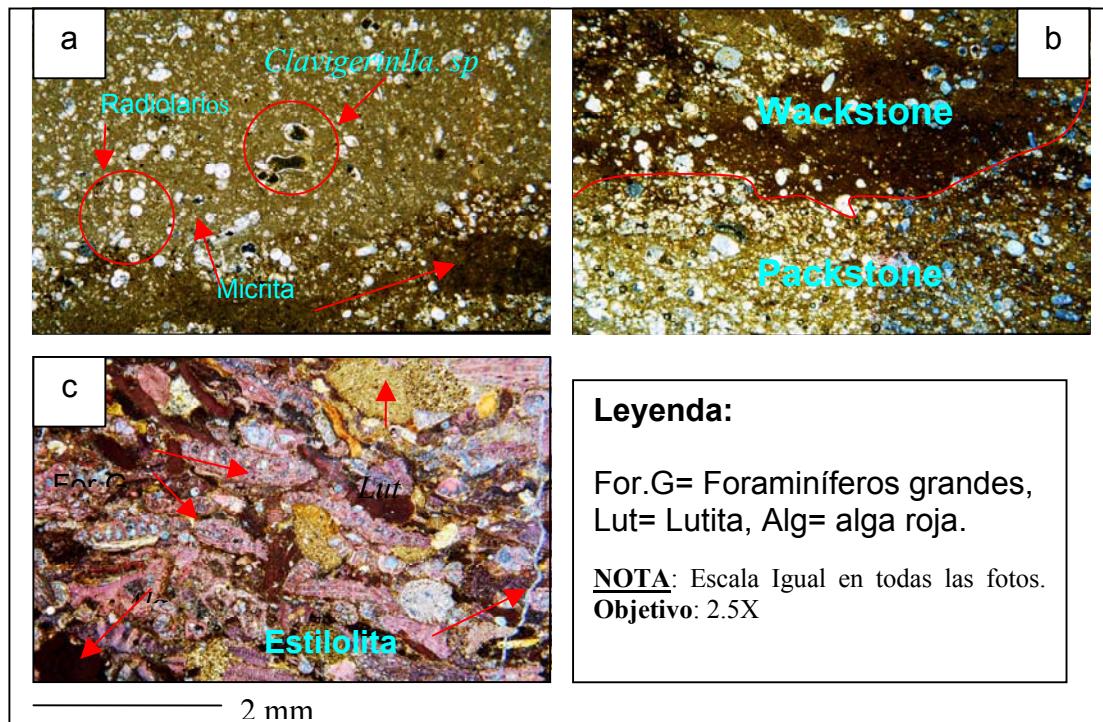
Estos litotipos se pueden clasificar como “packstone” y “rudstone” en base a la clasificación hecha por DUNHAM, (1962); modificada por EMBRY Y KLOVAN, (19712). (Tabla 22).

Tabla 22. Tipo de porosidades y clasificación de “packstone” y “rudstone”

Número de Muestra	Tipo de Porosidad (%)					Clasificación
	Interpartícula	Intrapartícula	Móldica	Fractura	Disolución	
GPC-011	-	-	-	-	-	Packstone
GPC-021	Tz	Tz	-	-	-	Packstone
GPC-023	-	-	-	-	-	Rudstone
GPC-025	-	Tz	Tz	Tz	-	Rudstone
GPC-027	-	Tz	-	-	-	Packstone
GPC-028	-	-	-	-	-	Rudstone
GPC-029	-	-	-	-	-	Rudstone
GPC-030	-	-	-	-	-	Packstone
GPC-037	-	-	-	-	Tz	Rudstone
GPC-040	-	1.5	-	0.5	-	Rudstone

Leyenda: Composición: Tz= Trazas

Figura 31: Microfotografía de carbonatos



- a) GPC-015: Wackstone de foraminíferos pláncticos y radiolarios
- b) GPC-017, Wackstone-Packstone, c) GPC-027: Packstone de foraminíferos grandes y algas rojas.

## 3.4-. DIAGÉNESIS

### 3.4.1-. Diagénesis de Siliciclásticos:

Los principales efectos diagenéticos observados en los siliciclásticos (Tabla 23) son:

- Presencia de sílice como cemento (Figura 32a):
  - En forma de sílice amorfa (calcedonia), en porcentajes menores a 0,5 % y de ocurrencia muy escasa. Este tipo de cemento suele precipitar en estados muy someros de soterramiento (PETTIJOHN, *et al.* 1972.; FRIEDMAN Y SANDERS, 1979 en SANDOVAL, 2001; PITTMAN, 1979).
  - Como sobrecreciendo en continuidad óptica, en cantidad y ocurrencia muy baja, presente mayormente en las arenitas líticas. El cemento de sílice en continuidad ótica puede estar precipitado en etapas diagéneticas tempranas a intermedia (GALLOWAY, 1974).

Según PITTMAN, 1979, las fuentes más probables para cementos de sílice en rocas de ambientes tectónicos inestables (arco de islas, fosas, etc.) podrían ser la alteración de los minerales de arcillas, la alteración del vidrio volcánico, reemplazo de silicatos por carbonatos, disolución de organismos silicios y disolución de arcilitas silíceas.

- Presencia de cemento carbonático (Figura 32c):
  - En forma de calcita esparítica, muy frecuente y calcita micrítica menos frecuente, ambos rellenando espacios porosos. Según

GALLOWAY, (1976); el proceso de cristalización de calcita ocurre en las etapas tempranas de la historia diagénética.

- Como dolomita, muy escasamente y en porcentajes bajos. Para Pettijohn, *et. al.* 1973 en Sandoval, (2001), la dolomita puede precipitar en etapas diagénéticas tempranas mediante el agotamiento del CaCo<sub>2</sub> y enriquecimiento de una solución en magnesio, así como en una etapa diagénética tardía, mediante la presencia de magnesio en la solución por disolución tardía de silicatos ricos en estos elementos o de la liberación de los mismos durante la transformación de la esmectita a illita. Este último proceso puede ser la principal causa de la presencia de dolomitas en las rocas siliciclásticas de las facies turbidíticas presentes en la Isla de Margarita, evidenciado por la presencia del mineral illita como uno de los principales constituyentes de los minerales de arcilla presentes en la roca (Tabla 23).
- Presencia de aros o envoltorios de minerales de arcilla, alrededor de los granos detriticos, en muy bajo porcentaje. Por lo general este tipo de precipitación, ocurre en una diagénesis temprana (HEALD Y LARESE, 1974; TUCKER, 1981 en SANDOVAL, 2002).
- Alto grado de alteración de feldespatos (a minerales de arcilla), fragmentos de rocas (principalmente fragmentos de rocas volcánicas transformándose en minerales de arcilla de tipo clorita. Muscovita y biotita (a minerales de arcilla tipo clorita y/o illita. Ver anexo 11). Según KISCH, 1983 en SANDOVAL, 2002) la alteración de biotita a minerales de arcilla tipo clorita y/o illita/esmectita, puede darse en una etapa diagénética tardía (Figura 32b).

- Reemplazamiento de cuarzo, feldespatos y fragmento de roca, por calcita, tanto de forma micrítica como esparítica. Para DAPPLES, 1979 en SANDOVAL, (2001) el reemplazo de calcita por cuarzo o viceversa, lo atribuye a una relación inversa entre sus solubilidades con el cambio de pH. La calcita disminuye su solubilidad y la sílice se hace más soluble con el aumento de pH (mayor o igual a 9)
- Presencia de cemento de minerales de arcilla llenando poros (Figura 32b). De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de difracción de rayos x (Anexo 11), los principales tipo de arcilla, presentes en las muestras estudiadas (las cuales se encuentran distribuidas en todo el espesor de las columnas estratigráficas estudiadas) son de tipo clorita e illita. De acuerdo a WILSON, 1982 en SANDOVAL (2001) la presencia de clorita, puede generarse a etapas diagéneticas tempranas y persistir hasta el metamorfismo, así como también puede generarse de la alteración de fragmentos de rocas volcánicas (proceso más común en este caso); mientras que la illita puede provenir de la alteración de esmectita, en etapa diagénética tardía.
- Deformación, fracturamiento y en algunas muestras trituramiento de granos dúctiles, en especial de fragmentos de rocas volcánicas, metamórficas (esquistos y filitas), sedimentarias (arcilitas y limolitas), micas y chert, constituyendo una gran cantidad de material triturado que tiende a fluir entre los granos o partículas mas competentes, generando una “pseudomatriz” (DICKINSON, 1970 en SANDOVAL, 2001).
- Porosidad por disolución parcial de los cementos de calcita y/o minerales de arcilla (Figura 30Ae).

De acuerdo a lo antes expuesto, se considero como principales indicadores de etapa diagénética para este grupo de rocas, el paso de illita a esmectita, la alteración de muscovita y clorita a minerales de arcilla tipo clorita, así como la presencia de dolomita generada por la disolución de silicatos ricos en magnesio durante la transformación de illita a esmectita, pudiéndose concluir que este grupo de rocas estuvieron sometidas a condiciones de diagénesis tardía.

### **3.4.2 Diagénesis de Carbonatos:**

Los principales efectos diagenéticos presentes en los carbonatos (Tabla 24) son:

- Micritización de partículas esqueléticas (algas rojas, foraminíferos y briozoarios). Este proceso de alteración se genera cuando gran cantidad de microorganismos tales como hongos, bacterias y algas crean microbioturbaciones en las partículas esqueléticas, precipitando micrita dentro de ellas; siendo tan intensa la bioturbación y la precipitación de calcita, que el grano se reduce completamente a micrita (Figura 32d ). Este proceso es típico de la etapa diagenética tempranas (BOGGS, 1992).
- Inversión homoaxial de aragonito por calcita. Este efecto no es muy común, y solo esta presente en algunos “packstone” y “rudstone” de foraminíferos y algas rojas. Dándose la transformación por medio de una película de líquido migrante, que causa simultáneamente la disolución del aragonito fibroso remplazándola por calcita fibrosa de la misma orientación, (ZAPATA, 1983). Este proceso es típico de una diagénesis temprana (GINSBURG, 1957 en ZAPATA, 1983).

- Reemplazamiento de partículas esqueléticas parcial o totalmente por sílice autigénico (calcedonia). (EMBRY Y RITTMBERG, 1952 en ZAPATA (1983), indican que este proceso esta estrechamente relacionado con la presencia de materia orgánica, la cual puede servir de absorbente para separar el sílice en suspensión o de una solución coloidal, por lo que este proceso esta asociado a etapas de diagénesis tempranas en las cuales todavía hay presencia de materia orgánica, la cual no ha sido removida por reducción en el avance del soterramiento, este proceso fue apreciado en la mayoría de los casos en fragmentos de moluscos, foraminíferos grandes y equinodermos (Figura 32d) .
- Glauconitización de partículas, este proceso esta asociado al remplazamiento de fragmentos fósiles por glauconita (Figura 32e), el cual al igual que el proceso anterior esta asociado a la existencia de materia orgánica la cual es capaz de absorber el hierro y el sílice coloidal los cuales son los elementos que conforman la glauconita, (Zapata, 1983) el cual precipitara por reducción de la materia orgánica en una etapa diagenética temprana.
- Cementación de calcita esparática en bloque, este tipo de cemento es muy común rellenando poros (Figura 32f) y presentándose en forma de mosaicos (TUCKER Y WRIGHT, 1990) y (Zapata, 1983), Además presenta un incremento en el tamaño de sus granos hacia el centro del poro.
- Procesos de presión – disolución, entre fragmentos esqueléticos, principalmente entre foraminíferos grandes (orbitoides) y algas rojas (Figura 32d). En este proceso los granos sufren la disolución de sus contactos, siendo este el origen del cemento carbonático presente en los procesos de cementación profunda. Este efecto de presión disolución incrementa la solubilidad de los contactos entre los granos (TUCKER Y

WRIGHT, 1990), los granos menos solubles (foraminíferos grandes) penetran los granos más solubles (algas rojas), mientras que cada uno presenta algunos cambios en su forma. Este proceso es característico de las etapas diagenéticas tardías(GINSBURG, 1952 en Zapata, 1983).

- Otro proceso de presión –disolución presente en las calizas son las estilolitas (Figura 32f). Estas se pueden apreciar tanto en los “rudstone” y “packstone” de foraminíferos grandes y algas rojas como en los “mudstone”, “wackstone” y “packstone” de foraminíferos pláncticos; las estilolitas presentes en los “rudstone” y “packstone” se caracterizan por ser de poca amplitud interceptando a lo largo de un mismo plano de microfractura tanto a los foraminíferos, algas rojas como al cemento y la matriz. Las estilolitas en la mayoría de los casos están llenas de dolomita y de calcita rica en hierro.

En el caso de los “mudstone”, “wackstone” y “packstone” las estilolitas siguen siendo de poca amplitud pero en la mayoría de los casos se presentan en enjambres, cuyos planos de microfractura interceptan tanto a la matriz micrítica como a los fragmentos fósiles presentes en estos litotipos. Estas estilolitas en la mayoría de los casos están llenas de calcita rica en hierro, dolomita y más escasamente de arcillas y fragmentos de rocas, los cuales conforman residuos insolubles.

En base a las principales evidencias diagéneticas y sus etapas correspondientes, tomando como referencia a GINSBURG, (1957 en ZAPATA 1983), ZAPATA, (1983), TUCKER Y WRIGHT, (1990) y BOGGS, (1992), se concluye que estos litotipos estuvieron sometidos a condiciones de diagénesis tardía, debido a la presencia de estilolitas llenas de dolomita, calcita y residuos insolubles las cuales se caracterizan por ser de poca amplitud interceptando a lo largo de un mismo plano de microfractura tanto a

fragmentos fósiles como a la matriz y el cemento, así como la presencia de contactos entre granos rectos y cóncavos-convexos

### **3.4.3-. Etapa Diagenéticas de los depósitos turbidíticos presentes en la Isla de Margarita.**

Los resultados obtenidos en el estudio diagenético tanto de siliciclásticos (mayoritarios en la Formación Pampatar) como de carbonatos (predominio en el Grupo Punta Carnero) aportaron etapas diagenéticas similares para ambos tipos de rocas, por lo que se concluye que las facies turbidíticas presentes en la Isla de Margarita estuvieron sometidas a condiciones de diagénesis tardía.

Tabla 23 : Principales procesos diagenéticos en siliciclásticos

Compactación	Cementación					Disolución y/o Reemplazo	Alteración
Formación de aros de arcillas	Cemento de Silice Microcristalino (Tz)	Cemento de Silice en Continuidad optica (Tz)	Cemento de Calcita	Dolomitización (Tz)	Cemento de Illita	Calcitización	Disolución de Cemento Carbonático y Min. De Arcilla
							Alteración de biotita a clorita y/o illita/esmectita

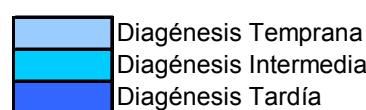


Tabla 24 : Principales procesos diagenéticos en carbonatos

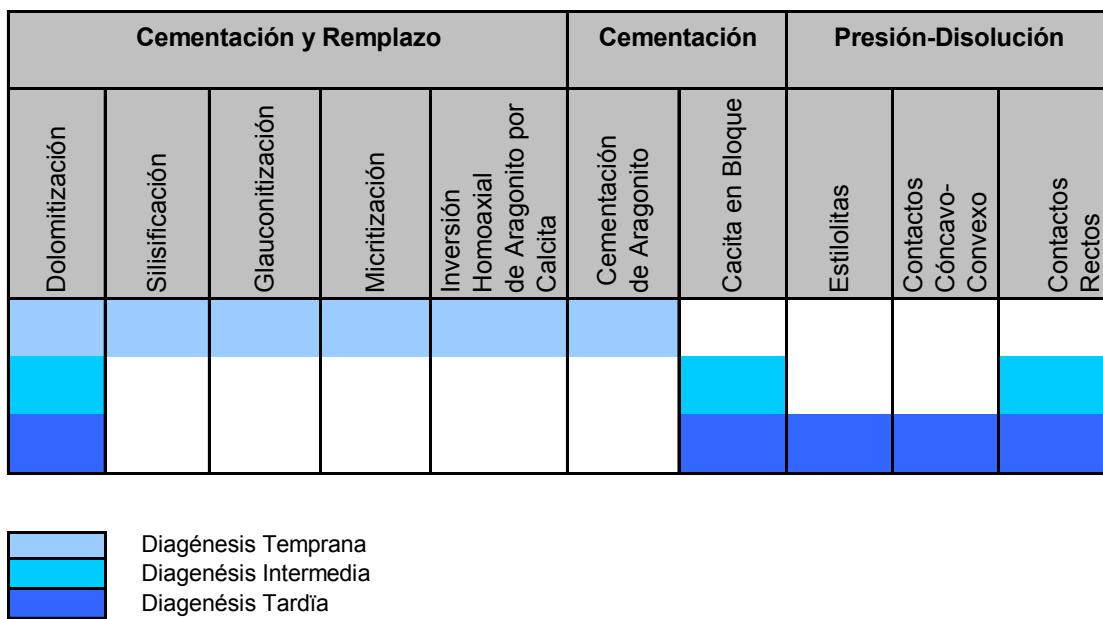
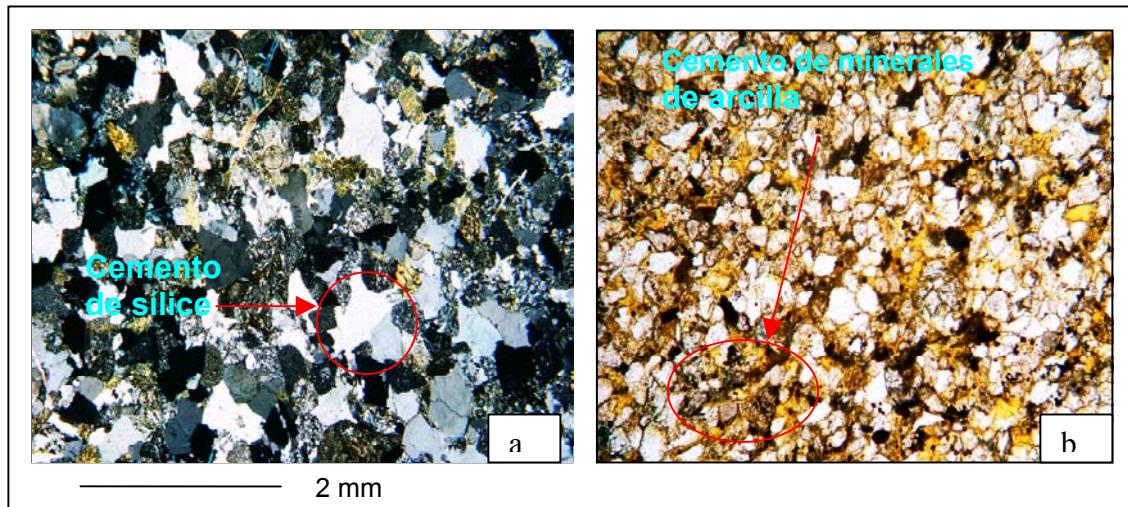


Figura 32: Principales efectos diagenéticos en carbonatos y siliciclásticos



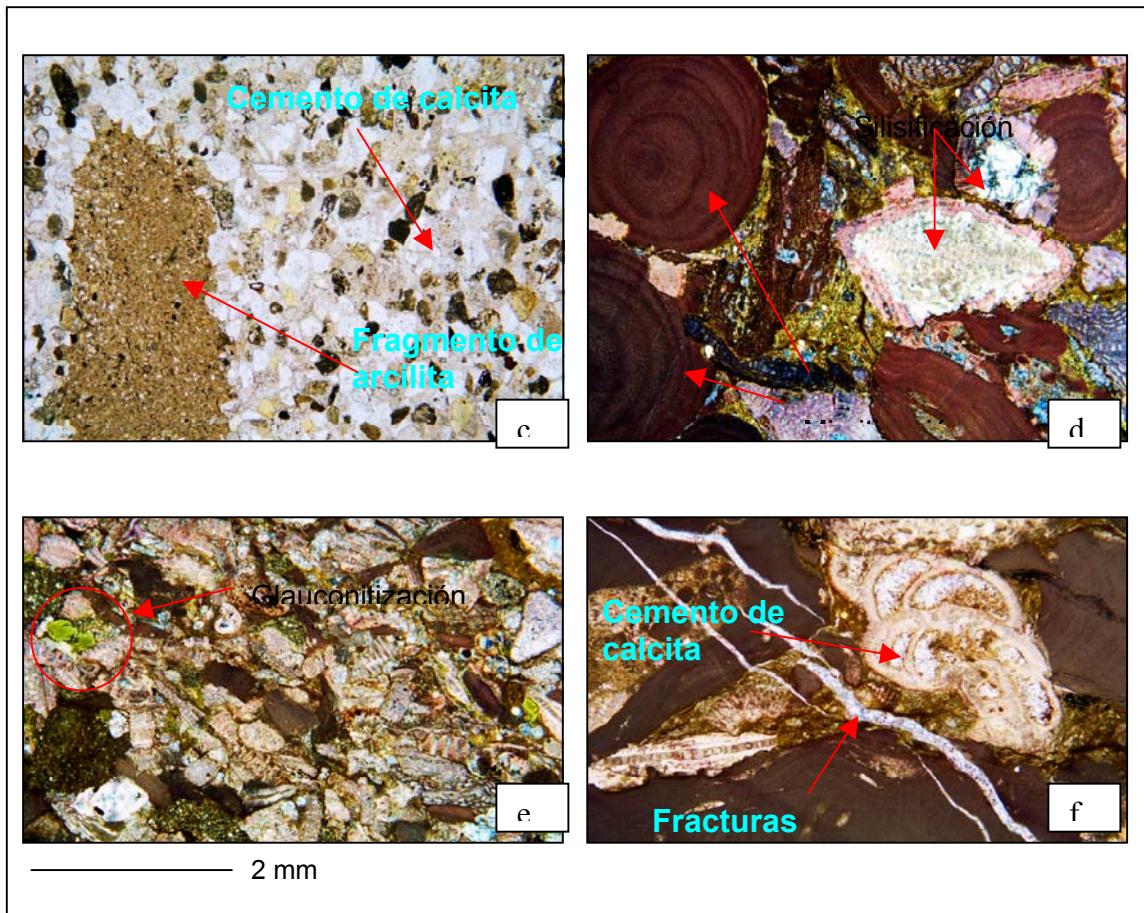


Figura 32: Principales efectos diagenéticos en carbonatos y siliciclásticos. a) PAM-081: Cemento de sílice en continuidad óptica con cuarzo; b) PAM-070: Cementación de minerales de arcilla (illita); c) PAM-002: Deformación de fragmento de limolita (pseudomatriz), cemento de calcita; d) GPC-027: Silicificación de foraminíferos grandes, algas rojas micritizadas, contactos suturados; e) GPC-028: Glaucónitización de foraminífero, macritización de algas roja; f) GPC-040: Fractura rellena de calcita, cemento de calcita llenando poros, contactos suturados.

### 3.5-. PALEONTOLOGÍA Y EDAD

El estudio micropaleontológico realizado a las muestras de arcilitas tomadas tanto en la Formación Pampatar como al Grupo Punta Carnero, arrojaron los siguientes resultados:

En la Formación Pampatar se tomaron ocho muestras de arcilitas, resultando estériles en el estudio micropaleontológico así como en el de nanoplancton calcáreo. Cabe destacar que se observaron la presencia de foraminíferos pláncticos y bénicos, así como foraminíferos de gran tamaño en secciones finas de areniscas, estando estos mal preservados y presentando clara muestra de retrabajo, indicando que pudieron ser transportados por corrientes de turbidez, debido a esto y aunado a la poca presencia de estos en las muestras fue imposible determinar la edad de esta formación en base a estos.

Moreno y Casas, (1986) indican que las arcilitas de la Formación Pampatar son estériles con la salvedad de algunas capas de la parte superior de la Formación, la cual contiene esencialmente radiolarios y muy escasos foraminíferos planctónicos y bentónicos mal preservados. Muñoz, (1973) indica la presencia de dinoflagelados, y en la zona de Punta Moreno una muestra presenta *Globigerina* sp, y restos de pelecípodos. Moreno y Casas (1986) también reportan algunas areniscas y calcarenitas de la parte superior de la Formación conteniendo microfauna, entre la cual se pudo identificar: *Nummulites* sp, *Lepidocyclina* sp y *Asterocyclus* sp, Indicando una edad Eoceno Medio la cual se considera coetánea con la Formación Pampatar.

En el Grupo Punta Carnero se tomaron noventa y cinco muestras de arcilitas, de las cuales dos pertenecían a la Formación Las Bermúdez, tres a la Formación Punta Mosquito y noventa a la Formación El Dátil. Las muestras tomadas en la Formación Las Bermúdez resultaron estériles, mientras que

las muestras tomadas tanto en la Formación El Dátil, como Punta Mosquito presentaron gran cantidad de fauna. En las muestras se identificaron principalmente restos de macrofósiles, foraminíferos arenaceos, foraminíferos bénicos calcáreos y foraminíferos pláncticos.

Entre los principales restos de macrofósiles se encontraron diatomeas, espinas de equinodermos, bases de espinas de equinodermos, gasterópodos y ostrácodos. Mientras que los foraminíferos arenaceos más comunes encontrados son *Dorothia* sp, *Ammodiscus* sp, *Bathysiphon* sp, *Haplophragmoides* sp, *Spiroplectammina* sp, *Karrerulina* sp, *Trochamina* sp, *Ammobaculites* sp, *Cibicidoides* sp, *Cyclammina* sp, *Bolivinopsis* sp, *Repmania* sp, y *Vulvulina* sp. Estos foraminíferos son indicadores de aguas profunda, presentándose en la muestra GPC<sub>A</sub>-089 la máxima profundización de agua debido a la presencia de *Ammodiscus* sp y *Cyclammina* sp; (Max Furrer, comunic. personal).

Los principales foraminíferos bénicos son *Lenticulina* sp, *Anomalinoides* sp, *Globobulimina* sp, *Lagena* sp, *Gyroidinoides* sp, *Cibicidoides* sp, *Cibicidoides grimsdale*, *Karrerulina* sp, *Haplophragmoides* sp, *Eponites* sp, *Crisalgonion* sp, *Bolivina acerosa*, *Pullenia* sp, *Nodosarella* sp y *Pleurostomella* sp.

En base al estudio de los foraminíferos pláncticos de la Formación el Dátil (Anexo 12) se determinaron tres zonas bioestratigráficas según BOLLI Y SANDERS. (1985). Zona de *Globigerinatheka*. sp, *subconglobata*, cuya base no pudo ser definida, mientras que su tope corresponde con la ultima aparición de la *Clavigerinella akersi*. Una segunda definida como zona de *Morozovella lehneri*, la cual se encuentra delimitada en su base por la ultima aparición de *Clavigerinella akersi*, mientras que su tope esta delimitado por la ultima aparición del *Globigerinoides higginsi*. La ultima zona definida fue la de *Orbulinoides beckmanni*, cuya base esta definida basándose en la primera

aparición del *Orbulinoides beckmanni*, mientras que su tope se desconoce (Padrón, comunic. person). Sobre la base de la definición de estas tres zonas se pudo determinar una edad correspondiente al Eoceno medio superior.

El estudio de nanoplanton calcáreo realizado a 25 muestras de arcillas tomadas en el Grupo Punta Carnero indican que la nanoflora presente, se encuentra en la zona NP16 de Martini, (1971). Esta zona corresponde con las zonas de *Orbulinoides beckmanni* y *Morozovella lehneri* determinada en base a foraminíferos pláncticos, estando definidas como Eoceno Medio superior.

En la Formación Punta Mosquito se encontraron capas de calizas compuestas principalmente por foraminíferos grandes y algas rojas, en estas calizas (rudstone y packstone) se pudieron identificar los siguientes especímenes: *Lepidocyclina pustulosa*, *Lepidocyclina* sp, *Discocyclina* sp, *Asterocyclus* sp (Figura 44), *Operculinoides* sp, *Amphistegina* sp, *Europernia* sp, *Eofabiana* sp, algas rojas tales como *Archeolithothamnium* sp, *Lithothamnion* sp, fragmentos de moluscos y algunos foraminíferos pláncticos (Max Furrer comunic. personal).

## CAPÍTULO IV: LITOFAZIES Y ASOCIACIONES DE FACIES

El concepto de *facies sedimentarias* es definido por muchos autores de maneras diferentes, sin embargo, READING Y LEVELL, (1996) y NICHOLS, (1999), aceptan el propuesto por MIDDLETON en 1973, que se refiere al concepto de facies como la suma de las características de una unidad sedimentaria, incluyéndose en estas características, estructuras sedimentarias, tipo y tamaño de los granos, colores y contenido biogénico de la roca sedimentaria.

A partir de los estudio dirigidos a un aspecto de interés de la facies sedimentaria, surgen otros términos, como son *litofacies*, definido por LEEDER, (1982) como cuerpo de roca con ciertas atributos específicos que los distinguen de otras unidades de rocas, mientras que READING Y LEVEL, (1996) y NICHOLS, (1999), refieren este término a los procesos físicos y químicos que dieron origen a la roca. También definen el término de *biofacies*, cuando la consideración primaria de la facies es referida al contenido biológico.

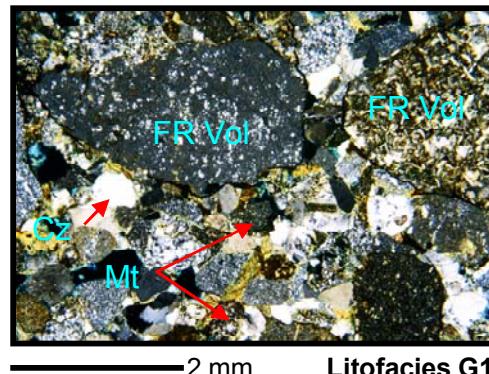
Seguidamente cuando son agrupadas diferentes litofacies, con propósitos de interpretación de procesos y ambiente de deposición que dieron origen a la secuencia, se le denomina *asociación de facies*. (COLLINSON, 1969 en READING Y LEVELL, 1996).

De acuerdo a los criterios antes mencionados, conjuntamente con las observaciones realizadas en afloramiento y los análisis petrográficos, realizados a las rocas pertenecientes a las diferentes facies turbidíticas de la Isla de Margarita, se definieron catorce litofacies y once asociaciones de facies, las cuales se presentan a continuación.

#### 4.1-. DESCRIPCIÓN DE LITOFACIES

##### **Litofacies G1: Conglomerados de Guijarro a Peñas.** (Figura 33)

Presentan diferentes tonalidades de colores dadas por la composición de sus clastos. Soportados por clastos y en algunos casos por matriz, siendo los principales componentes fragmentos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Mal escogidos, sin orientación preferencial, los clastos son redondeados; mientras que en la matriz el tamaño de grano varía de arena muy gruesa a arena muy fina, los granos son subangulares donde sus componentes principales son granos de cuarzo, chert y en menor proporción feldespatos y fragmentos de rocas. Se encuentran empaquetados heterogéneamente, dominando los contactos grano matriz-cemento, con una compactación variable de alta a baja y porosidad en trazas a excepción de la muestra PAM-082 la cual posee un 22% de porosidad por disolución del cemento de minerales de arcilla y/o calcita, el cual se presenta llenando poros. Los tipos de rocas predominantes son los ortoconglomerados de clastos volcánicos y paraconglomerados de clastos de chert.



**Figura 33. Fotomicrografía PAM-082**  
Objetivo: 2,5 / Nicones X

FR Vol= fragmento volcánico; Mt=matriz (arena muy gruesa); Cz=cuarzo.

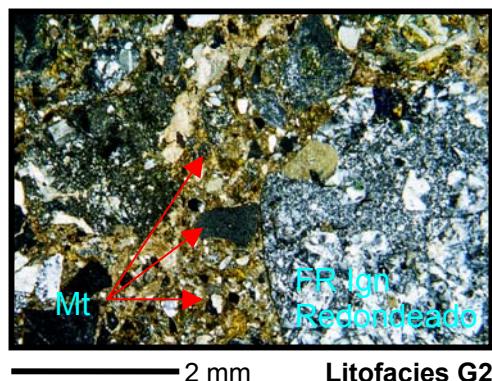
##### **Litofacies G2: Conglomerados de Granulo.** (Figura 34).

De color gris a marrón claro, soportados por clastos y algunos casos por matriz, siendo los principales componentes fragmentos de rocas. Se encuentran muy mal escogidos, no poseen una orientación preferencial, los clastos son redondeados; mientras que en la matriz el tamaño de grano

varía de arena gruesa a arena muy fina, los granos son subangulares donde sus componentes principales son granos de cuarzo, chert y en menor proporción feldespatos y fragmentos de rocas, con minerales accesorios como apatito, pirita, muscovita y biotita. Presentan un empaquetamiento heterogéneo, dominando los contactos rectos, con una compactación media y porosidad baja (2%) por disolución del cemento de minerales de arcilla el cual predominantemente esta rellenando poros. Los tipos de rocas predominantes son los ortoconglomerados de clastos volcánicos y paraconglomerados de clastos de volcánicos.

#### **Litofacies S1: Areniscas de grano grueso.** (Figura 35).

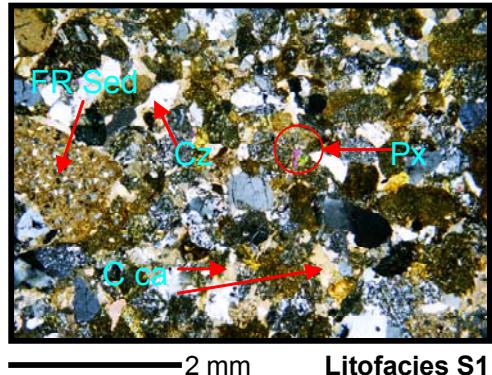
De color gris verdoso y marrón claro. Se encuentran muy mal escogidas, no poseen una orientación preferencial, los granos varían desde subangulares a angulares, presentan inmadurez textural y mineralógica. Poseen un empaquetamiento heterogéneo con presencia de granos flotantes en el cemento. Dominan los contactos grano cemento y en menor proporción rectos, con una compactación baja y porosidad de escasa a ausente por disolución del cemento de minerales de arcilla y en muy bajo porcentaje por fractura e



**Figura 34. Fotomicrografía GPC-008**

**Objetivo: 2,5 / Nicoles X**

FR Ign = fragmento de roca ígnea; Mt=matriz (granulometría variable).



**Figura 35. Fotomicrografía PAM-021**

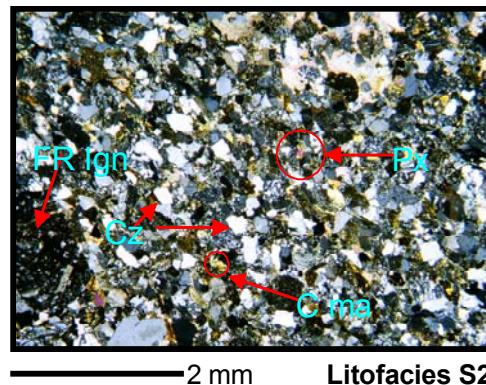
**Objetivo: 2,5 / Nicoles X**

FR Sed= fragmento de roca sedimentaria (limolita); Cz= cuarzo; Px= Piroxeno; C ca= Cemento de calcita (rellenando poros).

intrapartícula. Están cementadas principalmente por minerales de arcillas y calcita, rellenando poros. Presentan trazas de foraminíferos. Los minerales accesorios son biotita, muscovita, clorita, pirita, leucoxeno, circón y piroxenos. Los tipos de rocas predominantes son arenitas líticas, presentándose sedarenitas de arcilitas y areniscas volcánicas.

**Litofacies S2: Areniscas de grano medio.** (Figura 36).

de color gris claro y marrón claro. Se encuentran mal escogidas a muy mal escogidas, sin orientación preferencial predominante, los granos varían de subangulares a angulares, Presentando inmadurez textural y mineralógica. Estas se presentan empaquetadas heterogéneamente con presencia de granos flotantes en el cemento el cual es de minerales de arcilla predominantemente y calcáreo de escaso a ausente con trazas de hematita y/o goetita, dominan los contactos grano cemento y rectos en igual proporción, con una compactación baja a media y porosidad muy variada desde 24% a ausente por disolución del cemento de minerales de arcilla y/o calcita, que predomina llenando poros. Posee foraminíferos pláncticos en trazas. Presentando como accesorios biotita, muscovita, clorita, pirita, leucoxeno, circón y piroxenos. El tipo de roca principal es arenitas líticas y en menor porcentaje arenitas sublíticas.



**Figura 36. Fotomicrografía PAM-019**

**Objetivo: 2,5 / Nicanor X**

FR Ign= fragmento de roca ígnea ; Cz= cuarzo;  
Px= Piroxeno; C ma= Cemento de minerales de  
arcilla (rellenando poros).

**Litofacies S3: Areniscas de grano fino a muy fino.** (Figura 37).

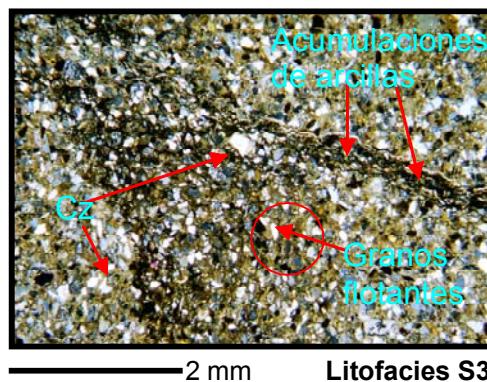
con diferentes tonalidades de grises y en algunas oportunidades rosados. Están de moderadas mal escogidas, sin orientación preferencial. Granos

subangulares con tendencias a subredondeados. Presentan inmadurez textural y medianamente madurez a inmadurez mineralógica. Poseen un empaquetamiento heterogéneo con presencia de granos flotantes en el cemento el cual predominantemente es de minerales de arcilla y en menor proporción calcáreo el cual aumenta en algunos intervalos, con bajo % de hematita y/o goetita, dominan los contactos grano cemento, con una compactación predominantemente baja con tendencia a media. Presentan porosidad en trazas por disolución de cemento de minerales de arcilla y/o calcita. Contiene como accesorios biotita, muscovita, clorita, pirita, leucoxeno, circón y piroxenos. El tipo de roca principal es arenitas líticas y en menor porcentaje arenitas sublíticas.

#### Litofacies S4: Areniscas micríticas.

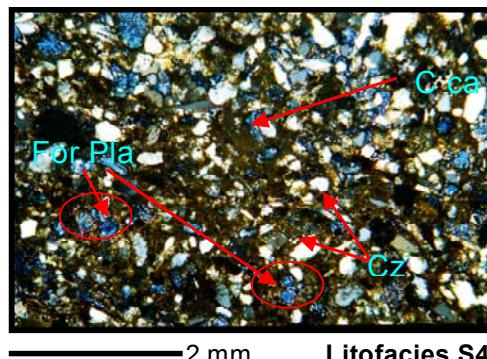
(Figura 38).

De color gris claro a marrón y un tamaño de grano de arena muy fina. Presentan un buen escogimiento, sin orientación de granos, los cuales son subangulares. Son medianamente maduras tanto textural y mineralógicamente. Poseen cemento de calcita rica en hierro y trazas de óxido de hierro, los cuáles se encuentran rellenando poros. Porosidad en trazas intrapartículas. Los principales minerales accesorios son biotita y



**Figura 37. Fotomicrografía PAM-062  
Objetivo: 2,5 / Nicoles X**

Cz= cuarzo.



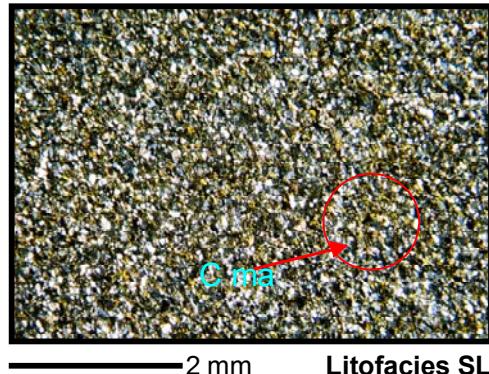
**Figura 38. Fotomicrografía GPC-019  
Objetivo: 2,5 / Nicoles X**

Cz= cuarzo; C ca= Cemento de calcita (teñido azul, indica rica en hierro); For Pla= foramínifero plánctico

muscovita, hay presencia de foraminíferos pláncticos como bénicos. El tipo de roca es arenisca micrítica

#### **Litofacies SL: Limolitas.** ( Figura 39).

De color gris claro a oscuro y crema. Se encuentran mal escogidas a medianamente escogidas, no poseen una orientación preferencial, los granos son redondeados a subangulares. Son medianamente maduras texturalmente e inmaduras mineralógicamente. Presentan un empaquetamiento heterogéneo con presencia de granos flotantes en el cemento calcáreo y de minerales de arcilla, dominan los contactos grano cemento, con una compactación baja. La porosidad es ausente. Contiene como accesorios biotita, muscovita, clorita, pirita, leucoxeno, circón y piroxenos. El tipo de roca principal es limolita arcillosa y limolita arenosa en menor proporción.



**Figura 39. Fotomicrografía PAM-045  
Objetivo: 2,5 / Nicales X**

C ma= Cemento de minerales de arcilla (de color amarillo), presente en toda la sección.

#### **Litofacies SH1: Arcilitas limosas a arenosa.**

De color gris claro meteorizando a amarillento moteado. Presentan estratificación planar tendiendo a fracturarse a través de los planos de estratificación. Predominantemente presenta lentes de areniscas finas a muy finas y de limolitas.

#### **Litofacies SH2: Arcilitas.**

De color gris claro a oscuro, meteorizando a marrón claro a gris claro con tonalidades morada abigarradas. Contienen abundantes mineralizaciones de

yeso y vetas llenas de calcita, además de niveles de concreciones ferruginosas y lentes de areniscas finas a muy finas y limolitas, en menor proporción.

**Litofacies L1:** “Mudstone” de Foraminíferos Pláncticos. (Figura 40).

De color crema y gris claro. No poseen porosidad. Contacto predominante grano-matriz. Posee sectores de acumulación de micrita, niveles de siliciclásticos paralelos a la estratificación de. Presenta cemento en bloque de calcita. Los fósiles se encuentran muy recristalizados.

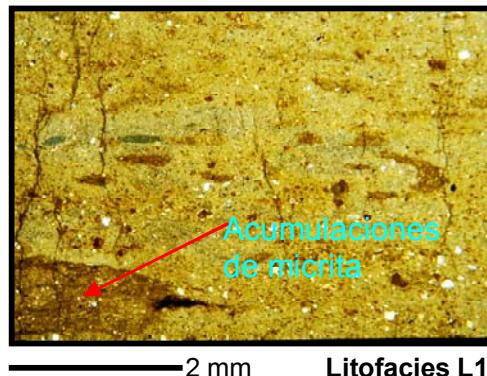


Figura 40. Fotomicrografía GPC-013  
Objetivo: 2,5 / Nicales X

**Litofacies L2:** “Wackstone” de Foraminíferos Pláncticos. (Figura 41).

De color crema y gris claro, con aspecto moteado ó bandeado debido a la presencia de acumulaciones de micrita y en algunos casos de niveles de siliciclásticos paralelos a la estratificación. Se encuentran medianamente escogidos, sin porosidad. El contacto predominante es grano-matriz. Tienen cemento en bloque de calcita y en menor proporción de calcita rica en hierro. Posee una compactación media y los fósiles se encuentran bien preservados. Presenta en algunas oportunidades radiolarios.

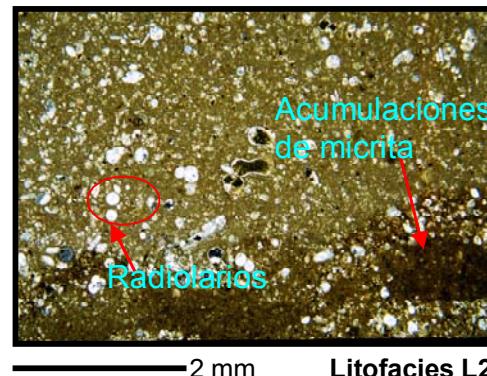


Figura 41. Fotomicrografía GPC-015  
Objetivo: 2,5 / Nicales X

### Litofacies L3: "Packstone" de Foraminíferos Pláncticos. (Figura 42).

De color crema y gris claro, con aspecto moteado ó bandeado por acumulaciones de micrita y en algunos casos de niveles de siliciclásticos paralelos a la estratificación. Se presentan con un escogimiento moderado, con porosidad ausente, siendo el contacto predominante grano-matriz, tiene cemento en bloque de calcita y en menor proporción de calcita rica en hierro. Posee una compactación media y algunos casos alta con presencia de estilolitas rellena de calcita. Los fósiles se encuentran bien preservados.

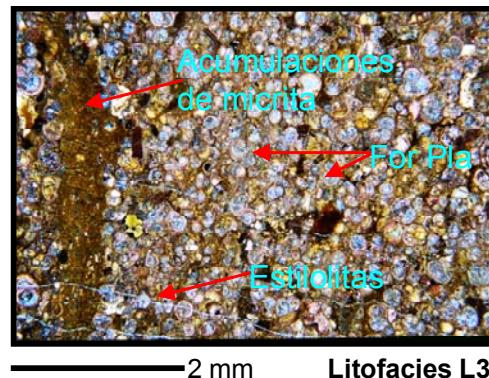


Figura 42. Fotomicrografía GPC-013

Objetivo: 2,5 / Nicoses X

For Pla= foraminíferos pláncticos

### Litofacies L4: Packstone de Algas Rojas y Foraminíferos grandes. (Figura 43).

De color gris claro, con fragmentos de moluscos, equinodermos e intraclastos, embebidos dentro de una matriz que puede contener foraminíferos pláncticos, la cual fluye entre los granos. Se encuentran muy mal escogidos, con porosidad en trazas interpartícula y/o intrapartícula.

Media a alta compactación.

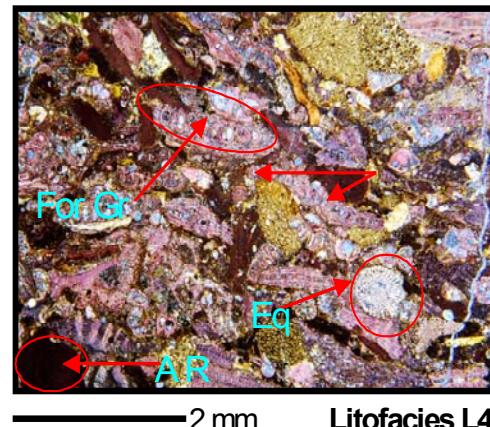


Figura 43. Fotomicrografía GPC-027

Objetivo: 2,5 / Nicoses X

For Gr= foraminíferos grandes; A R= algas rojas;  
Eq= equinodermos

**Litofacies L5: "Rudstone" de Algas Rojas y Foraminíferos grandes.** (Figura 44).

De color marrón claro con aspecto moteado de color gris debido a la presencia de orbitoides, poseen fragmentos de moluscos, equinodermos e intraclastos, embebidos en una matriz que puede contener foraminíferos pláncticos, la cual fluye entre los granos. Se encuentran muy mal escogidos, con porosidad en trazas interpartícula y/o intrapartícula. Compactación alta

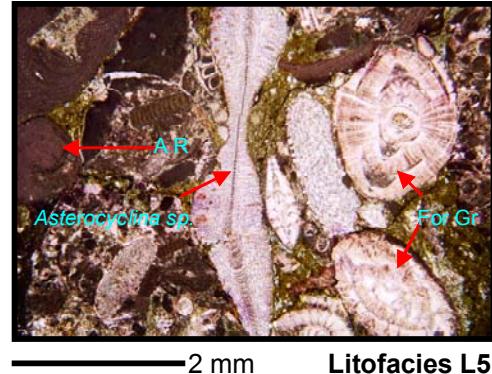


Figura 44. Fotomicrografía GPC-028  
Objetivo: 2,5 / Nicoses X

For Gr= foraminíferos grandes; A R= algas rojas.

**Litofacies L6: Wackstone de Corales.** (Figura 45).

De color gris claro a gris oscuro, poseen fragmentos de corales, algas rojas, algas verdes, briozoarios, moluscos, miliólidos y foraminíferos pláncticos. Presenta un mal escogimiento y el contacto predominante es grano - matriz. Porosidad ausente a trazas por disolución de cemento calcáreo.

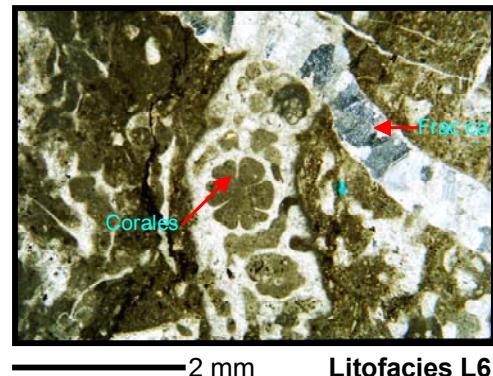


Figura 45. Fotomicrografía GPC-001  
Objetivo: 2,5 / Nicoses X

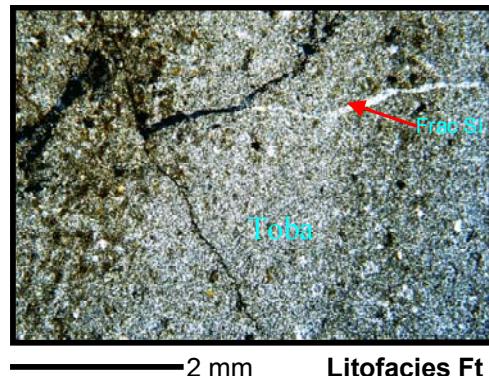
Frac ca= fractura rellena de calcita

**Litofacies Ft: Ftanita-Tobas.**

Se presentan dos litofacies Interestratificadas entre sí, tanto a escala de afloramiento como a escala microscópica, a continuación se presentan sus características:

Ftanita color gris oscuro a negro, muy laminada. Se encuentra muy fracturado con gran cantidad de fracturas abiertas de 5 mm a 0,2 mm rellenas con calcita, las fracturas no poseen una orientación preferencial. Presenta cemento de óxido de hierro en trazas asociado a las fracturas.

Toba de color marrón oscuro a gris, con pequeñas fracturas rellenas de sílice. Porosidad en trazas por fracturas.



**Figura 46. Fotomicrografía PAM-053**  
Objetivo: 2,5 / Nicales X  
Frac si= fractura rellena de sílice

## 4.2.- ASOCIACIONES DE FACIES

En los depósitos de aguas profundas, los principales procesos de resedimentación pueden ser clasificados como movimientos de masas submarinas ó más específicamente como flujos gravitacionales submarinos (a excepción de la caídas de rocas) donde el principal mecanismo de transporte es la gravedad (STOW, *et al.* 1996).

Los flujos gravitacionales submarinos, son todos una mezcla en variadas proporciones de agua y partículas sedimentarias. La proporción de estos dos elementos, proporciona la reología del fluido y el mecanismo dominante en el soporte de los clastos.

De acuerdo a las características reológicas del fluido MIDDLETON Y HAMPTON, 1976; LOWE, 1979 en STOW, *et al.* 1996, los clasifican en flujos de detritos ó flujos plástico, en los cuales la fuerza que los mantiene puede ser superada

antes del movimiento de la masa de sedimentos, ocasionando un congelamiento “freezing” del fluido que provoca la sedimentación y flujo fluidales, en los cuales la fuerza que los mantiene tiende a disminuir continua y gradualmente su energía. (Figura 47).

Tomando como referencia el mecanismo de soporte conjuntamente con lo antes mencionado, MIDDLETON Y HAMPTON, 1976; LOWE, 1979 en STOW, *et al.* 1996, subclasifican estos fluidos en flujo de detritos no cohesivos, donde el mecanismo de soporte de los clastos es la interacción entre los granos, flujo de detritos cohesivo, mantenidos por la fuerza de la matriz que envuelve a las partículas, flujo de sedimentos fluidizados, soportados por una corriente ascendente de fluidos de poros que escapa entre los granos al mismo tiempo que estos se van asentando por la gravedad y corrientes de turbidez, en las cuales las partículas son mantenidas por turbulencia. (Figura 47).

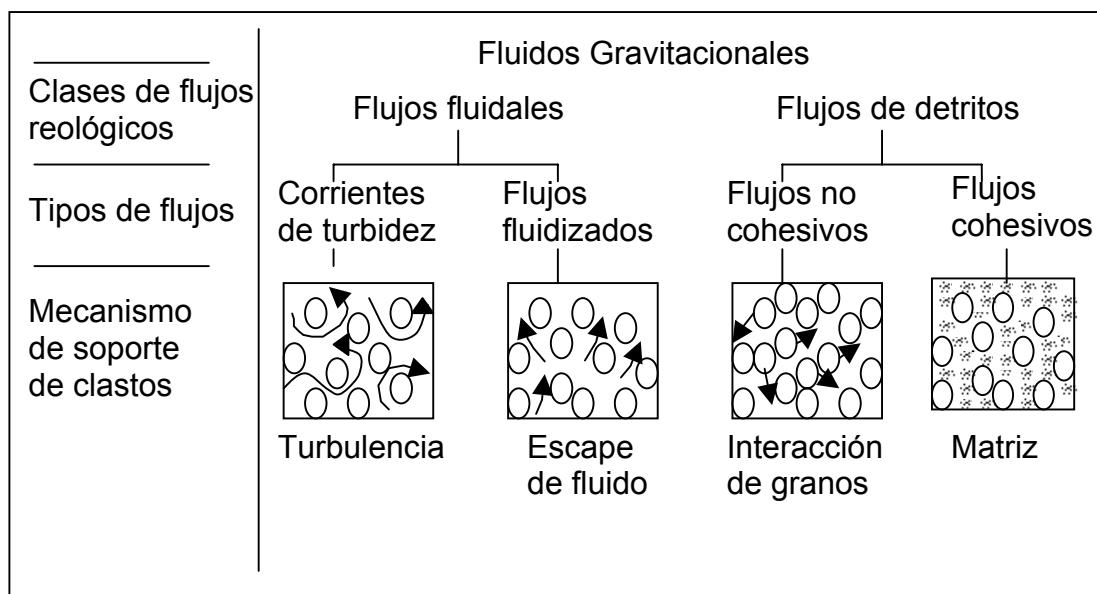


Figura 47. Clasificación de fluidos gravitacionales. Tomado y modificado de MIDDLETON Y HAMPTON, 1976 en STOW, *et al.* 1996.

En la interpretación de los procesos depositacionales que dieron origen a las asociaciones de facies que a continuación se presentan, se utilizará la clasificación antes mencionada.

**- Asociación de Facies 1: Conglomerados Granodecrescentes (AF 1 - Figura 48).**

Esta asociación se definió en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar - Anexo 2), representando un 8% de la secuencia. Se presenta en la parte basal de la sección. Está constituida por conglomerados (litofacies G1) y areniscas (litofacies S1, S2 y S3), los conglomerados presentan espesores entre 2 y 15 m, poseen base erosiva y pasan gradacionalmente al tope a areniscas de grano grueso y en ocasiones abruptamente a areniscas de grano medio. Su contacto basal es erosivo en todos los casos, con la AF 2 y con secuencias pertenecientes a esta misma asociación. En el tope se encuentra en contacto abrupto con la AF 2. Su variación lateral no se aprecia.

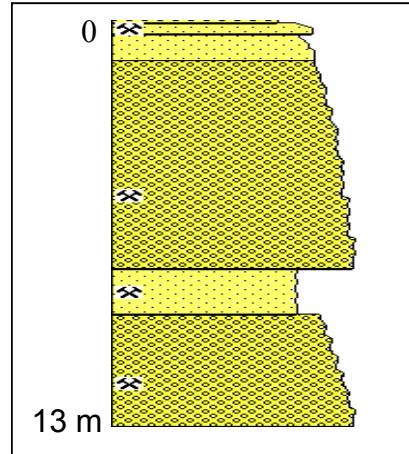


Figura 48. Asociación de facies 1.

*Interpretación:*

La gradación normal, representa una disminución en la velocidad de un flujo hiperconcentrado, bajo condiciones de régimen de flujo superior, formados por el mecanismo de flujo de detritos originados por deslizamiento en el talud, donde el proceso depositacional consiste de la sedimentación desde la suspensión grano a grano (MIDDLETON, 1967 en REINECK Y SINGH, 1980.; LEEDER, 1982, 1999; PICKERING, *et al.* 1989; MUTTI, 1992; STOW, *et al.* 1996; NICHOLS, 1999).

*Resumen Ambiental:*

La **Asociación de Facies 1** puede ser interpretada como un depósito de conglomerados gradados (lito facies G1) de grandes espesores lo cuales presentan bases erosivas que pasa en su parte superior a depósitos de areniscas gradadas (lito facies S1, S2, S3), . Por lo que esta asociación pudo haberse formado por el relleno de canales principales, por medio de flujo de detritos, originados mediante deslizamientos en el talud. Este evento puede tener lugar en la parte interna del abanico submarino, formando canales conglomeráticos. Los canales conglomeráticos han sido estudiados en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI y RICCI LUCCI, 1975, 1978.

**- Asociación de Facies 2: Areniscas Granodecrescentes (AF 2 – Figura 49).**

Se observa en el tope de la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar – Anexo 2), donde representa un 8% y en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda – Anexo 1), donde representa el 9% de la secuencia. Se observa en la parte media de las secciones. Constituida por areniscas (lito facies S1, S2 y S3), limolitas (lito facies SL) y arcilitas (lito facies SH1). Esta asociación es granodecrescente, donde las areniscas disminuyen de tamaño de grano hacia el tope, en algunos casos se encuentran amalgamadas, y presentan espesores que van de 1 a 4m, siendo el promedio 2,5 m. Estos cuerpos arenosos pasan abruptamente a depósitos heterolíticos de 2 a 3 m de espesor ó a una intercalación de areniscas con arcilitas o limolitas, de 1 ó 2 m de espesor. Las areniscas de la base poseen base erosiva y poca continuidad lateral. En las intercalaciones superiores las areniscas presentan secuencia Bouma Tac y escasamente

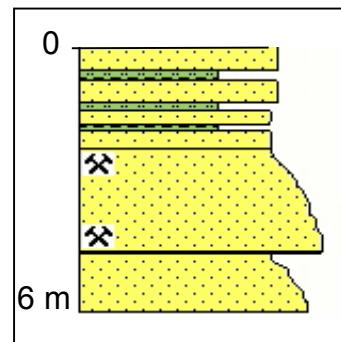


Figura 49. Asociación de facies 2

Tab, muy escasamente se nota la presencia de estratificación convoluta y/o estructuras de bolas y almohadillas. Los contactos entre las capas son erosivos en las areniscas granodecrescentes y abruptos ondulados, entre las capas que conforman la intercalación superior. Su contacto basal es abrupto con la AF 10 a excepción en Columna Estratigráfica Detallada 4 (Anexo 4), donde se encuentra en contacto transicional con la AF 1, su contacto superior es variable con la AF 9, AF10. Su variación lateral es hacia conglomerados soportados por matriz de tamaño de grano granulo (litoformación G2).

Esta asociación presenta una variante, donde el tamaño de grano de los cuerpos granodecrescentes es de gránulo (litoformación G2) conformando conglomerados soportados por matriz (paraconglomerados), y presentándose esta variación en la parte media de la Sección Estratigráfica Compuesta II (Anexo 2) y en la parte basal de la Sección Estratigráfica Compuesta I (Anexo 1).

*Interpretación:*

La gradación normal, sugiere una disminución en la velocidad de un flujo hiperconcentrado, bajo condiciones de régimen de flujo superior, formados por el mecanismo de flujo de detritos cohesivos, originados por deslizamientos en el talud (MIDDLETON, 1967 en REINECK Y SINGH, 1980, LEEDER, 1982, 1999; PICKERING, *et al.* 1989; MUTTI, 1992; STOW, *et al.*, 1996; NICHOLS, 1999). Los depósitos heterolíticos, indican depósitos por flujo turbidítico diluido (REINECK y SINGH, 1980). La secuencia Bouma Tac, presente en las areniscas y limolitas de las intercalaciones superiores de la asociación, indican que la gradación normal (Ta), sugiere condiciones de deposición por suspensión debido a la disminución de velocidad de un fluido hiperconcentrado, la laminación paralela (Tb), indica sedimentación en

un régimen de flujo superior debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción (“*traccion carpets*”), y la presencia de laminaciones cruzadas y rizaduras (Tc), hacia la base de la secuencia formadas por corrientes de tracción débil, indican que estas facies son el producto de una corriente de turbidez diluida (LEEDER, 1982, 1999; MUTTI, 1992; READING Y LEVELL, 1996; NICHOLS, 1999) resultantes de la dilución y transformación de flujos de detritos cohesivos y no cohesivos (flujo de grano) en la parte superior de un cañón submarino (NORMARK Y PIPER en READING Y LEVELL, 1996). Las pocas capas que presentan laminación convoluta y/o estructuras de bola y almohadilla, indican que las capas se vieron afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación originándose la estratificación convoluta y/o la estructura de bola y almohadilla, por medio del flujo de sedimentos fluidizados (LEEDER, 1982, 1999).

*Resumen Ambiental:*

La **Asociación de Facies 2**, se pudiera interpretar como depósitos de areniscas gradadas (litofacies S1, S2 y S3), los cuales pasan en su parte superior a unidades heterolíticas o a intercalaciones de muy bajo espesores de litofacies SH1, SL y S1. Esta asociación pudo haberse formado por el relleno de canales distributarios mediante la sedimentación desde suspensión de flujos de detritos que progresivamente pierden densidad transformándose en corrientes turbidíticas diluidas, las cuales depositan las unidades heterolíticas superiores o en otros casos las intercalaciones suprayacentes. Este proceso puede tener lugar en la parte media del abanico submarino, formando canales de arenas. Los canales de arenas han sido estudiados en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978, en la cuenca Variscan Culm en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995 y en el sistema turbidítico de la cuenca Tanqua Karoo en Africa por JOHNSON, *et al.* 2001.

**- Asociación de Facies 3: Mezcla Caótica de Materiales (AF 3 – Figura 50)**

Definida en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez – El Manglillo – Anexo 3), donde representa un 36%, mientras que en la Sección Estratigráfica I (Punta Gorda – Anexo1) representa el 28%. Se presenta en la parte basal de las secciones, a excepción de un intervalo de 10 m presente en la parte superior de la Sección Estratigráfica Compuesta I.

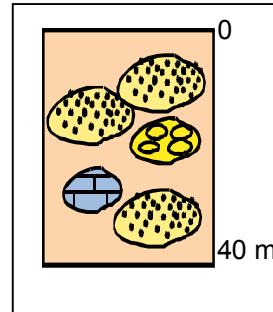


Figura 50. Asociación de facies 3.

Esta asociación está constituida por una mezcla caótica de conglomerados (litofacies G2 y G1), areniscas (litofacies S1, S2, S3), calizas (litofacies L1, L2, L3), limolitas (litofacies SL) y arcilitas (litofacies SH1), dispuestas sin ningún arreglo dentro de una matriz arcillo-arenosa, estos cuerpos poseen muy poca continuidad lateral. Los espesores de los conglomerados varían entre 50 cm y 1,5 m, las areniscas varían entre 10 cm y 1 m, los cuerpos de caliza tienen espesores comprendidos entre 15 cm y 25 m, mientras que las arcilitas y limolitas, varían desde cm hasta decenas de metros. Su contacto basal es abrupto con la AF 1 ó con la AF 9 y el superior también es abrupto con la AF 6 ó con la AF 9. Su variación lateral no se puede observar en las secciones donde aflora.

*Interpretación:*

La disposición caótica de cuerpos, sin continuidad lateral, envueltos dentro de una matriz arcillosa, sugiere que el principal mecanismo de sedimentación es el flujo de detritos cohesivos, originados por deslizamientos con flujo de masa en el talud (LEEDER, 1982, 1999; NICHOLS, 1999), la caída de rocas submarinas, avalanchas ó deslizamientos, donde el proceso depositacional consiste en el cese de movimiento por la fricción basal, lo que causa que

algunos bloques se detengan y otros sigan viajando en el flujo de detritos (PICKERING, *et al.* 1989).

*Resumen Ambiental:*

Esta asociación se pudiera interpretar como una secuencia compuesta de cuerpos dispuestos caóticamente, sin ninguna continuidad lateral, embebidos dentro de una matriz arcillosa-arenosa. Formándose por el flujo de detritos cohesivos, avalanchas o deslizamientos a través de la cuenca. Este proceso puede darse en la parte interna del talud, originando secuencias de tipo flysch salvaje “*wildflysch*” . Estas secuencia han sido estudiada en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia (MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978).

**- Asociación de Facies 4 : Depósitos de Suspensión Hemipelágica (AF 4 – Figura 51):**

Esta asociación fue definida en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez – El Manglillo – Anexo 3), donde representa un 35 %, también se presenta en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda – Anexo 1), donde representa un 10 %. Generalmente se localiza en la parte media de las secuencias. Esta constituida por arcilitas (litofacies SH2) y areniscas (litofacies S4). Las capas de arcilitas ocupan grandes espesores, desde metros, en la base, hasta decenas de metros en la parte media y tope, contienen niveles de yeso, vetas de calcita y concreciones ricas en Fe las cuales promedian 2 cm. Las areniscas presentan espesores entre 7 y 5 cm, y en algunos casos se hacen lenticulares; tienen mayor presencia en la parte

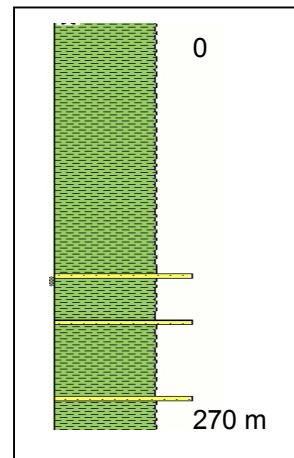


Figura 51. Asociación de facies 4.

basal de la sección, haciéndose más escasa en la parte media hasta desaparecer hacia el tope, presentan en su mayoría secuencia Bouma Tab y laminación convoluta. El contacto predominante entre los litotipos es abrupto ondulado.

Esta asociación se encuentra en contacto basal transicional con la AF 5, siendo su contacto superior abrupto con la AF 6, a excepción de un intervalo que posee el contacto superior abrupto con la AF 8 ubicado en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Anexo 1). Su relación lateral no se puede observar por las dimensiones de las secuencias aflorantes.

*Interpretación.*

Los grandes espesores de arcilitas conjuntamente con la presencia de capas lenticulares o de muy bajos espesores de arenisca (7 - 5 cm) indican condiciones de sedimentación por suspensión hemipelágica (REINECK y SINGH, 1980), las cuales se hacen más dominantes hacia la parte superior de la secuencia en la cual no se aprecian capas de arenisca que además son evidenciadas por la presencia de niveles de concreciones como una sección condensada de poca sedimentación clástica (RAISWELL, 1971 en JOHNSON, et. al 2001)

En las areniscas la presencia de la secuencia Bouma Tab compuesta por gradación normal (Ta) que sugiere deposición por suspensión debido a la disminución de velocidad de un fluido hiperconcentrado, y la laminación paralela (Tb) formada bajo un régimen de flujo superior mediante la sedimentación sucesiva de capas de tracción indican que estas capas fueron formadas por corrientes de turbidez diluidas (LEEDER, 1982,1999; MUTTI, 1992; STOW, et al. 1996; NICHOLS, 1999) resultantes de la dilución y transformación de flujos de detritos cohesivos y no cohesivos (flujo de grano)

en la parte superior de un cañón submarino (NORMARK Y PIPER en STOW *et al.* 1996). Las pocas capas que presentan estratificación convoluta, indican que los mecanismos de sedimentación dominantes fueron las corrientes de turbidez y flujo de sedimentos fluidizados (LEEDER, 1982, 1999.).

## *Resumen Ambiental:*

La **Asociación de Facies 4** se interpreta como una secuencia de depósitos hemipelágicos (lito facies SH2) con algunas capas de areniscas calcáreas (lito facies S4) de muy bajos espesores y niveles de concreciones. Pudo haber sido formada mediante la sedimentación por suspensión hemipelágica intercalada con corrientes turbidíticas diluidas. Este proceso puede tener ocurrencia en la zona distal de la cuenca (“*basin plain*”), formando depósitos por suspensión hemipelágica. Este tipo de deposito han sido estudiado en la cuenca Variscan Culm en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995 y en el sistema turbidítico de la cuenca Tanqua Karoo en Africa por JOHNSON, 2001.

- **Asociación de Facies 5:** *Intercalaciones de depósitos de suspensión hemipelágicas con capas de turbiditas finas.* (AF 5 – Figura 52).

Definida en la Sección Estratigráfica Compuesta

III (Las Bermúdez – El Manglillo – Anexo 3), representando un 7 %, así como un 6 % en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda – Anexo 1). Generalmente se localiza en la parte media de las secciones estudiada. Esta constituida por arcilitas (litofacies SH2), limolitas (litofacies SL), y areniscas (litofacies S4). Las arcilitas presentan espesores que varían desde

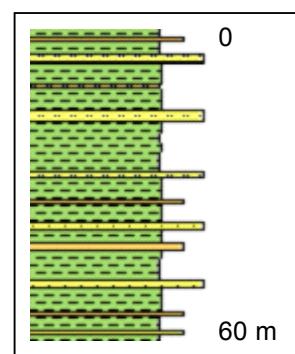


Figura 52. Asociación de facies 5.

escasamente no están presentes , las limolitas varían entre 1 y 10 cm, a excepción en la Sección Estratigráfica Compuesta I (anexo 1), donde pueden alcanzar los 12 m de espesor mientras que las areniscas presentan espesores variables comprendidos entre 1 y 10 cm, llegando en algunos casos a tener carácter de lentes. Las areniscas presentan huellas fósiles en el tope sin identificar cuales en su mayoría están llenas de un material más grueso a la capa que lo contiene, la secuencia Bouma predominante es Tac en la base y Tab en el tope. El contacto predominante entre los litotipos es abrupto planar y ondulado,

Su contacto basal es abrupto con la AF 6, en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Anexo 2), mientras que en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Anexo 1) se encuentra en contacto basal con la AF 4. El contacto superior es siempre transicional con la AF 4. Lateralmente las capas de arcilitas se hacen menos espesas y los de limolitas aumentan.

*Interpretación:*

Las arcilitas representan depósitos por suspensión hemipelágicas. En las areniscas y limolitas la presencia de la secuencia Bouma Tab en la parte superior de la asociación, la gradación normal (Ta), sugiere condiciones de deposición por suspensión debido a la disminución de velocidad de un fluido hiperconcentrado, la laminación paralela (Tb), indica sedimentación en un régimen de flujo superior debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción, y la presencia de laminaciones cruzadas y rizaduras (Tc), hacia la base de la secuencia formadas por corrientes de tracción débil, indican que estas facies son el producto de una corriente de turbidez diluida (LEEDER, 1982,1999; MUTTI, 1992; STOW, et al. 1996; NICHOLS, 1999) resultantes de la dilución y transformación de flujos de detritos cohesivos y no cohesivos (flujo de grano) en la parte superior de un cañón submarino

(NORMARK Y PIPER en STOW, *et al.* 1996). Las pocas capas que presentan laminación convoluta, indican que los mecanismos de sedimentación dominantes fueron las corrientes de turbidez y flujo de sedimentos fluidizados (LEEDER, 1982, 1999). Los sectores donde los espesores de limolitas aumentan y las arcilitas desaparecen (Sección Estratigráfica Compuesta I) son productos de corrientes turbidíticas de mediana a baja densidad (STOW, *et al.* 1996)

#### *Resumen Ambiental:*

Esta asociación puede interpretarse como la intercalación de grandes espesores de depósitos hemipelágicos (litofacies SH2) con areniscas calcares y limolitas, formadas por corriente de turbidez diluida. Este proceso puede darse en la zona distal de la cuenca ó abanico externo, constituyendo intercalaciones de arcilitas de grandes espesores con areniscas de muy bajo espesores. Estos depósitos han sido estudiados en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978, en la cuenca Variscan Culm en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995 y en el sistema turbidítico de la cuenca Tanqua Karoo en Africa por JOHNSON, *et al.* 2001.

- **Asociación de Facies 6:** *Intercalaciones de arcilitas con calizas tipo “mudstone”, “wackstone” y “packstone”* (AF 6 – Figura 53).

Definidas en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Anexo 3) representando un 6% de la misma. Esta asociación está constituida por arcilitas (litofacies SH1) y calizas (litofacies L3). Las arcilitas tienen espesores entre 10 y 50 cm, siendo más gruesas hacia el tope de la sección y presentando en algunos casos láminas de areniscas y limolitas. Las capas de

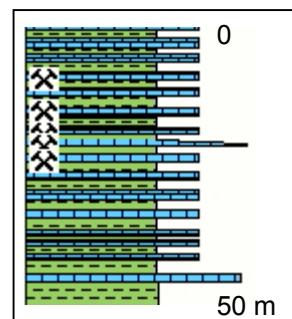


Figura 53. Asociación de facies 6.

calizas presentan espesores que varían entre 10 y 40 cm teniendo mayor presencia hacia la base, presentando en algunos casos niveles de siliciclásticos, son tabulares ,con patrones de engrosamiento de secuencia tanto hacia la base como el tope, las calizas muy escasamente presentan laminación paralela. El contacto predominante entre los litotipos es abrupto planar.

Se encuentra en contactos abruptos tanto con la A. 7 y AF 5, en su parte basal y superior respectivamente, a excepción del contacto superior presente en la Columna Estratigráfica Detallada (Anexo 8), el cual es abrupto con la AF 9. No se pudo determinar su variación lateral, aunque las capas que la componen presentan buena continuidad lateral.

*Interpretación:*

La presencia de calizas que ocasionalmente presentan laminación paralela hacia el tope de las capas sugieren que pudieron haber sido depositadas por corrientes turbidíticas diluidas las cuales solo transportaban material fino ó por corrientes de fondo marino (MUTTI Y RICCI LUCCI, 1975). Mientras que los niveles siliciclasticos presentes en este tipo de roca indican pulsaciones de corriente de fondo (REINECK Y WUNDER LICH, 1969 en REINECK y SINGH 1980). Por otra parte las láminas de arenisca y limolitas presentes son quizás el resultado de la deposición de flujos turbidíticos diluidos (REINECK Y SINGH, 1980)

*Resumen Ambiental:*

Esta asociación pudiera ser interpretada como una intercalación entre calizas de foraminíferos pláncticos, producto de la deposición por suspensión de organismos pláncticos, transportado por corrientes turbidíticas muy diluidas

que solo transportan material fino en muy baja cantidad ó por corrientes de fondos. Estas condiciones pueden darse en condiciones de mar abierto en la zona de piso de cuenca, formando secuencias de intercalaciones de calizas con arcilitas. Esta secuencia ha sido estudiada en el Jurásico-Cretácico de la región de los Alpes en Italia (GARRISON Y FISCHER, 1969; HSÜ, 1976 en TUCKER Y WRIGHT, 1990).

**- Asociación de Facies 7: Intercalación de arcilitas y limolitas con calizas Turbídíticas (AF 7 – Figura 54).**

Definida en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez – El Manglillo – Anexo 3), representando en ella un 6% de la secuencia. Se presenta en la parte superior de las secuencias. Esta constituida por arcilitas (litofacies SH1) limolita (litofacies SL) y calizas (litofacies L2, L3, L4 y L5).

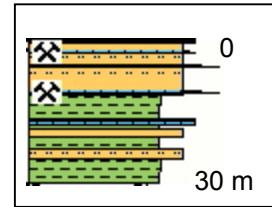


Figura 54. Asociación de facies 7.

Las arcilitas tienen espesores entre 5 y 40 cm, desapareciendo hacia la parte media y el tope, presentando depósitos heterolíticos, las limolitas varían su espesor desde 30 cm a 5 m, teniendo solo presencia en la parte media y superior de la asociación, las capas de calizas varían entre 10 cm y 1 m, las cuales en algunos casos poseen gradación normal de la litofacies L5 (mayor presencia en el tope de la asociación) en la base a L4 y pocas veces a L3, las litofacies L5 presentan base erosional, alto grado de bioturbación constituidas por *Thalassinoides* y poseen poca continuidad lateral. La secuencia Bouma predominante es Ta, además de laminaciones paralelas en algunas calizas. Los contactos entre los litotipos son erosivos y abruptos tabulares

Su contacto basal es abrupto con la AF 4 y en algunos casos con la AF 9 ó AF 3, mientras que el intervalo superior esta en contacto abrupto con la AF 6.

Su variación lateral no se pudo determinar, por la poca extensión lateral de los afloramientos.

*Interpretación:*

Las capas de arcilitas sugieren depositación por suspensión hemipelágica. Los depósitos heterolíticos, indican depositación por flujo turbidítico diluido (REINECK y SINGH 1980). Las calizas de las litofacies L2 y L3, con laminación paralela en el tope, pudieron haber sido depositadas por corrientes turbidíticas diluidas las cuales solo transportaban material fino ó por corrientes de fondo marino (MUTTI Y RICCI LUCCI, 1978). La gradación normal presente en las calizas de la litofacies L5, apuntan hacia la depositación por suspensión debido a la disminución de velocidad de un fluido hiperconcentrado, formados por flujo de detritos no cohesivos ó flujo de granos (MIDDLETON, 1967 en REINECK y SINGH 1980).; LEEDER, 1982, 1999; MUTTI, 1992; STOW, *et al.* 1996; NICHOLS, 1999.

*Resumen Ambiental:*

La **Asociación de facies 7** puede ser interpretada, como una intercalación de arcilitas (litofacies SH1) y calizas de foraminíferos planctónicos (litofacies L2 y L3), depositadas mediante corriente turbidíticas muy diluidas en la parte del abanico externo ó parte distal de la cuenca, que pasan en su parte superior a depósitos de limolitas (SL) con calizas constituida por organismos resedimentados, con secuencia Bouma Ta, depositadas por flujo de detritos no cohesivos que se transforma a corriente turbidíticas diluidas depositando las capas limolítica, en la parte media del abanico. Se forman depósitos de calizas de foraminíferos pláncticos con arcilita que pasan abruptamente a depósitos de calizas de algas rojas y foraminíferos grandes con limolitas.

Esta secuencia ha sido estudiada en el Jurásico-Cretácico de la región de los Alpes en Italia (GARRISON Y FISCHER, 1969; HSÜ, 1976 en TUCKER Y WRIGHT, 1990).

**- Asociación de Facies 8: Areniscas Granocrecientes (AF 8 - Figura 55).**

Definidas en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar – Anexo 2), donde representa un 8% de esta secuencia y en la Sección Estratigráfica I (Punta Gorda – Anexo 1), representa el 9%. Se presenta en la parte media y tope de las secciones. Esta constituida por areniscas (lito facies S1, S2 y S3), arcilitas (lito facies SH1) y limolitas (lito facies SL). Esta secuencia es granocreciente, donde las areniscas se encuentran intercaladas con limolitas o arcilitas, aumentando el tamaño de grano y espesor hacia el tope (“*thickening and coarsening upward*”), poseen base erosiva, contactos abruptos ondulados, y en algunos casos las areniscas del tope presentan estructuras esferoidales por cementación diferencial. Su contacto basal es abrupto con la AF 9 y con secuencias de esta misma asociación, y su contacto superior también es abrupto con la AF 2. Lateralmente varía a la AF 9 y AF 11

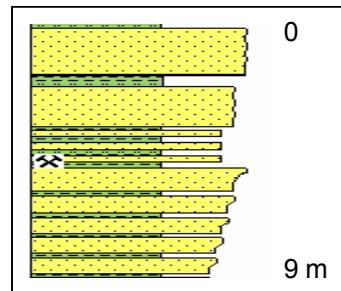


Figura 55. Asociación de facies 8

*Interpretación:*

La gradación inversa, sugiere condiciones de aumento de velocidad en una corriente turbidítica hiperconcentrada (LEEDER, 1982, 1999; MUTTI, 1992; STOW, et. al. 1996; NICHOLS, 1999), el proceso de depositación consiste en la depositación rápida por congelamiento (“*freezing*”) de capas de tracción en la base del flujo (PICKERING, et al. 1989). Mientras que las arcilitas presentes, indican deposición por suspensión hemipelágica.

*Resumen Ambiental:*

Esta asociación de facies se podría interpretar como una sucesión de areniscas de gradación inversa que aumentan tanto su tamaño de grano como su espesor al tope de la secuencia, formadas por corrientes turbidíticas de alta concentración. Este proceso puede tener ocurrencia en la parte media del abanico submarino, formando lóbulos de arena. Este tipo de secuencia se ha estudiado en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995.

**- Asociación de Facies 9: Areniscas Estratificadas (A F 9 – Figura 56).**

Definida en la Sección Estratigráfica II (Pampatar – Anexo 2), donde representa el 3% de la sección, también se observa en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda – Anexo 1), representando un 6% de la secuencia. Se presenta regularmente hacia el tope de las secuencias. Esta constituida por areniscas (litofacies S1, S2 y S3) estratificadas que varían de pocos cm a 1 m de espesor, con un promedio de 60 cm, son tabulares y presentan buena continuidad lateral, estos cuerpos pueden presentar varias granulometrías o solo una, en algunos cuerpos presentan Tac. Las capas poseen contacto planar. El contacto basal de la secuencia se desconoce en Sección Estratigráfica Compuesta II (Anexo 2), mientras que en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Anexo 1) posee un contacto abrupto con la AF 3. Posee contacto superior abrupto con la A. F. 8 en la Sección Estratigráfica Compuesta II, mientras que en Sección Estratigráfica Compuesta I lo posee abrupto con la AF 5 y con la AF15. Lateralmente varía a la AF 8 y AF 10.

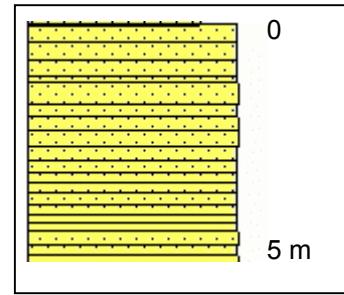


Figura 56. Asociación de facies 9.

*Interpretación:*

Los estratos horizontales a subhorizontales, son desarrollados por corriente de tracción en un régimen de flujo alto, donde las partículas son transportadas por un movimiento de capas de tracción a lo largo de las capas (MUTTI Y RICCI LUCCI, 1975, 1978)

*Resumen Ambiental:*

Esta Asociación puede estar presente en cualquier ambiente sedimentario, pero debido a las otras asociaciones de facies con se encuentra en contacto netamente de facies turbidíticas, se asume que esta asociación también pertenece a un intervalo turbidítico, por lo que la **Asociación de Facies 9** representa la deposición de sucesivas capas de tracción depositadas a partir de una corriente turbidítica o flujo de grano no cohesivos. Este proceso puede darse en la parte media del abanico formando arenas estratificadas. Las arenas estratificadas han sido estudiadas en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978.

**- Asociación de Facies 10: Areniscas Masivas (AF 10 – Figura 57):**

Definida en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar – Anexo 2) , donde representa un 8%. Se presenta hacia el tope de las secciones. Esta constituida por areniscas (litofacies S2 y S3), limolitas (litofacies SL) y arcilitas (litofacies SH1) . De base a tope se presenta con una arenisca con bases erosivas, con morfología de canal, presentan espesores que van de 1 a 7m, contienen estructuras esferoidales de diferente cementación las cuales pasan abruptamente a una intercalación de S3 y SL o SH1, donde los cuerpos miden de 8 a 20 cm (depósitos heterolíticos) y muy raras veces llegan a medir 8 m de espesor , presentando contactos abruptos entre las

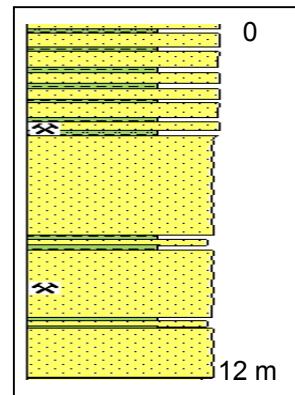


Figura 57. Asociación de facies 10.

capas, donde las secuencias Bouma predominante son Tb ó Tbc en algunos casos. Su contacto basal es abrupto con la AF 2 y con secuencias pertenecientes a esta misma asociación, su contacto superior es también abrupto con la AF 2. Lateralmente pasa a la AF 2 y AF 11.

#### *Interpretación:*

Los estratos horizontales a subhorizontales, son desarrollados por corriente de tracción en un régimen de flujo alto, donde las partículas son transportadas por un movimiento de capas de tracción (MUTTI Y RICCI LUCCI, 1975) que se depositan rápidamente (PICKERING, 1989). Mientras que los depósitos heterolíticos son desarrollados por flujos turbidíticos diluidos (REINECK Y SINGH 1980).

#### *Resumen Ambiental:*

Esta asociación puede interpretarse como la deposición rápida de sucesivas capas de tracción, mediante corriente turbidíticas de alta concentración rellenando canales, que luego pierden densidad y realizan los depósitos heterolíticos suprayacentes a los cuerpos de areniscas. Este proceso puede ocurrir en la parte transicional entre el abanico interno y el abanico externo, formando canales de areniscas masivas. Los canales de areniscas masivas han sido estudiados en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978, en la cuenca Variscan Culm en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995 y en el sistema turbidítico de la cuenca Tanqua Karoo en Africa por JOHNSON, 2001.

- **Asociación de Facies 11:** *Intercalación rítmica de areniscas-limolitas – arcilitas* (AF 11 – Figura 58).

Definido en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda – Anexo 1), donde representan el 60% de la secuencia expuesta, también esta presente en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar – Anexo 2) donde representa un 30% de la secuencia expuesta. La componen areniscas (litofacies S3), limolitas (litofacies SL) y arcilitas (litofacies SH1). Es una intercalación monótona de areniscas con limolitas, y en algunos sectores con arcilitas. Los diferentes litotipos varían de espesor a la largo de la secuencia, midiendo desde 1 m hasta llegar a estar interestratificada un litotipo dentro de otro, en cualquiera de los tres casos, con gran continuidad lateral y contacto abrupto ondulados y a veces erosional entre las capas. La secuencia Bouma predominante es Tb y en muy escasamente Tac, la cual ocurre cuando las areniscas presentan bases conglomeráticas. Presentan estructuras de orden interno como son: huellas de carga, rizaduras asimétricas, laminación cruzada y estratificación convoluta y muy raramente pliegues intraformacionales. Su contacto basal abrupto en todos los casos, con las AF 2, AF 9, mientras que el superior no se conoce, por estar cubierto con sedimentos recientes.



Figura 59. Asociación de facies 11.

#### *Interpretación:*

La secuencia Bouma Tac, presente en las areniscas, indican que la gradación normal (Ta), sugiere condiciones de deposición por suspensión debido a la disminución de velocidad de un fluido hiperconcentrado, la laminación paralela (Tb), indica sedimentación en un régimen de flujo superior debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción (“*traction carpets*”), y la presencia de laminaciones cruzadas y rizaduras (Tc), hacia la

base de la secuencia formadas por corrientes de tracción débil, indican que estas facies son el producto de una corriente de turbidez diluida (LEEDER, 1982, 1999; MUTTI, 1992; STOW, *et al.* 1996; NICHOLS, 1999) resultantes de la dilución y transformación de flujos de detritos cohesivos y no cohesivos (flujo de grano) en la parte superior de un cañón submarino (NORMARK Y PIPER, 1991 en READING Y LEVELL, 1996). Las pocas capas que presentan estratificación convoluta y, indican que las caspas se vieron afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación originándose la laminación convoluta por medio del flujo de sedimentos fluidizados (LEEDER, 1982, 1999).

#### Resumen Ambiental:

La **Asociación de Facies 11** puede ser interpretada como una intercalación rítmica de capa de turbiditas, por lo que el principal proceso de transporte son las corrientes turbidíticas de alta concentración. Este proceso puede ocurrir en las zonas de intercanales, en las llanuras de inundación ubicadas en la parte media y externa del abanico, formando depósitos de intercalación rítmica de turbiditas. Este tipo de depósito han sido estudiados en el Norte de los Alpes Septentrionales en Italia por MUTTI, Y RICCI LUCCI, 1975, 1978, en la cuenca Variscan Culm en la Formación Bude en Inglaterra por BURNE, 1995 y en el sistema turbidítico de la cuenca Tanqua Karoo en Africa por JOHNSON, 2001.

## CAPÍTULO V: ELEMENTOS ARQUITECTURALES

### 5.1 -. GENERALIDADES

El concepto de *elementos arquitecturales* fue definido por ALLEN, (1983) y MIALL, (1985) en READING Y COLLINSON, 1997; proponiendo nueve elementos para ambientes fluviales, posteriormente MUTTI Y NORMARK, (1991) , proponen los cinco primeros elementos para abanicos submarinos, definiendo el tipo de límite y las superficies distintivas que poseen cada facies en particular.

GHOSH Y LOWE, (1993, 1996) en READING Y COLLINSON, 1997 por otra parte desarrollaron una clasificación y jerarquización de elementos arquitecturales en turbidítas basados en los trabajos previos de ALLEN, (1983) y MIALL, (1985), en READING Y COLLINSON, 1997, desarrollados para secuencias fluviales, así como en los trabajos realizados por BROOKFIELD (1977), en Reading y Collinson, 1997, para secuencias eólicas. Realizando estos una adaptación y modificación de estos trabajos previos para secuencias turbidíticas.

GHOSH Y LOWE, (1993, 1996), en READING Y COLLINSON, 1997, crean una jerarquización de los elementos arquitecturales, para la que definieron 6 órdenes, los cuales se definen a continuación:

- Elementos arquitecturales de primer orden: son los que pertenecen a la división de Bouma (Ta, Tbc, etc).

- Elementos arquitecturales de segundo orden: están compuestos por unidades que se depositan como flujos individuales (capas).
- Elementos arquitecturales de tercer orden: están constituidos por paquetes de unidades depositadas bajo un flujo similar, las cuales ayudan al reconocimiento de los ambientes marino – profundo, entre los elementos definidos en este orden están los canales, los lóbulos y las zonas intercanal.
- Elementos arquitecturales de cuarto orden: consisten en una asociación y contraste de elementos de tercer orden (canales complejos)
- Elementos arquitecturales de quinto orden: poseen un nivel de formación más complejo, presentando así los canales y las zonas intercanales constituidas por elementos de cuarto orden (canales con múltiples historias)
- Elementos arquitecturales de sexto orden: está constituido por abanicos complejos con gran extensión dentro del talud.

La definición de los elementos arquitecturales en el presente trabajo se basó en la jerarquización y clasificación realizada por GHOSH Y LOWE, (1996), READING Y COLLINSON, 1997, definiéndose así elementos arquitecturales de segundo y tercero orden. El reconocimiento y definición de los elementos arquitecturales en dos y tres dimensiones se basó principalmente en su morfología externa definida con base en su geometría, extensión lateral, espesores de capas y contactos, así como la posterior definición de sus estructuras internas.

## **5.2-. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTURALES**

### **5.2.1-. Capas Tabulares de grano grueso:**

Estas capas están constituidas por partículas tamaño conglomerado, las cuales pueden ser siliciclásticas o bioclásticas (foraminíferos grandes y algas rojas). Conforman el 1% de los afloramientos de la Formación Pampatar, y un 8% de los afloramientos del Grupo Punta Carnero.

Estos elementos se encuentran generalmente en la parte basal de la sección de Pampatar, mientras que en el Grupo Punta Carnero se encuentran en la parte superior de la sección (Formación Punta Mosquito). Su geometría se caracteriza por ser tabular a nivel de afloramiento, pero a nivel de capas individuales su forma es irregular debido a la presencia de estructuras de orden interno y bases erosivas.

Los espesores de estas capas varían entre 5 y 70 cm. Sus contactos vistos a nivel de afloramiento son abruptos y rectos, mientras que a nivel de capas se caracterizan por presentar variaciones encontrándose desde contactos abruptos rectos, abruptos erosivos, y en menor proporción transicionales. La estructura de orden interno predominante es la estratificación gradada normal.

#### **5.2.2-. Capas Amalgamadas:**

Están constituidas por areniscas, las cuales presentan granulometría variable. Conforman un 7% de los afloramientos de la Formación Pampatar, y un 2% de los afloramientos del Grupo Punta Carnero. Se encuentran generalmente en la parte basal de la columna y en menor proporción en la parte media de la misma. Su geometría se caracteriza por ser tabular a nivel de afloramiento, pero a nivel de capas individuales su forma es irregular

debido a la presencia de estructuras de orden interno y bases erosivas. Son de mediana a poca extensión lateral.

Los espesores de las capas son variables (Figura 60) debido a esta característica se han subdividido en:

- a) Capas amalgamadas gruesas, las cuales presentan espesores comprendidos entre 30 cm y 3 m.
- b) Capas amalgamadas finas cuyos espesores no sobrepasan los 30 cm. Sus contactos vistos a nivel de afloramiento son abruptos y tabulares, mientras que a nivel de capas se caracterizan por presentar variaciones encontrándose desde contactos abruptos tabulares, abruptos erosivos, y en menor proporción transicionales.

Estas capas se caracterizan por ser en la mayoría de los casos masivas, pero más escasamente pueden presentar estructuras de orden interno como es la estratificación gradada.



Figura 60: Capas amalgamadas de areniscas masivas, de espesores variables. Observados en la localidad Punta Ballena – Morro el Viejo. Sección Estratigráfica Compuesta II.

### **5.2.3.- Capas Interestratificadas:**

Las capas interestratificadas están compuestas por intercalaciones de areniscas y arcilitas y/o limolitas, siendo sustituidas las areniscas por “wackstone” y “packstone” de foraminíferos pláncticos en los afloramientos del Grupo Punta Carnero.

Conforman el 40% de los afloramientos de la Formación Pampatar y un 30% del Grupo Punta Carnero. Se encuentran generalmente en la parte superior de la sección y en menor proporción en la parte media de la misma. Su geometría se caracteriza por ser tabular a nivel de afloramiento, pero a nivel de capas individuales su forma es irregular debido a la presencia de estructuras de orden interno y bases erosivas. Son de gran extensión lateral.

Los espesores de las capas son variables (Figura 61) y debido a esta característica se han subdividido en:

- a) Capas interestratificadas gruesas, las cuales presentan espesores mayores a 30 cm.
- b) Capas interestratificadas finas cuyos espesores no sobrepasan los 30 cm. Sus contactos, vistos a nivel de afloramiento son abruptos y tabulares, mientras que a nivel de capas se caracterizan por presentar variaciones encontrándose desde contactos abruptos tabulares y abruptos erosivos.

Las estructuras de orden interno predominantes son estratificación gradada normal, laminación paralela, estratificación cruzada, rizaduras y estratificación convoluta.

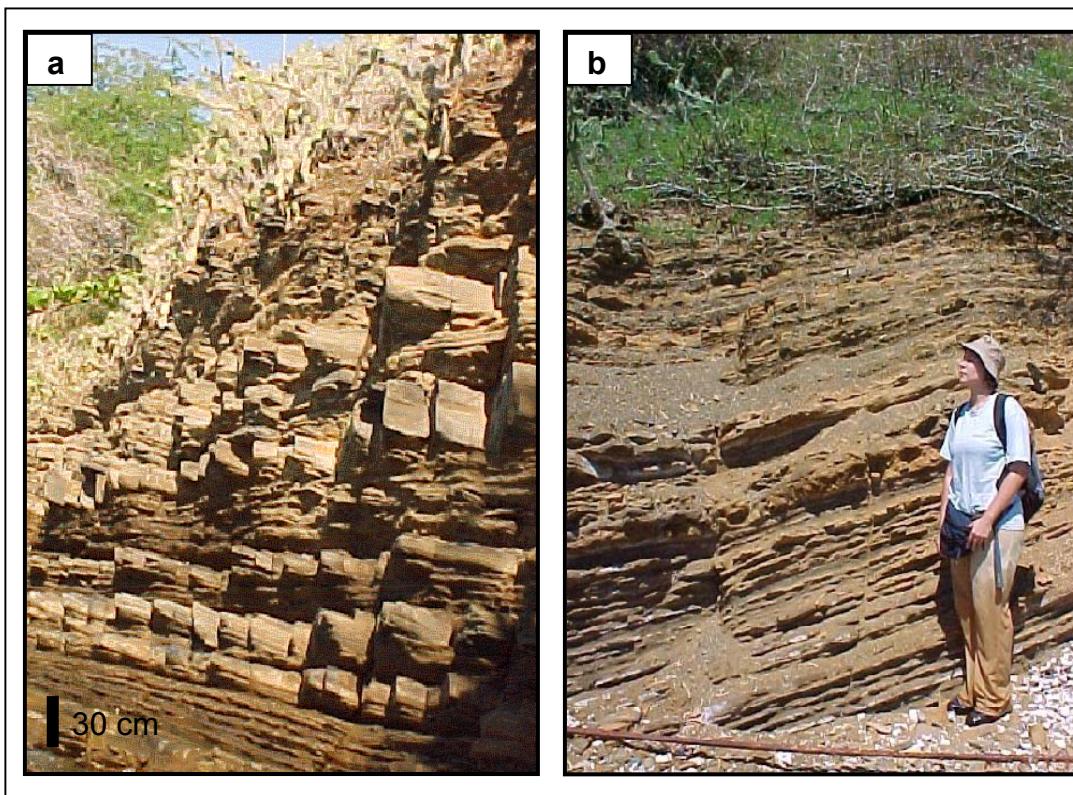


Figura 61: Capas de areniscas interestratificadas con limolitas: a) Capas interestratificadas finas y gruesas, note la variación de espesor de las capas; b) Capas interestratificadas finas. Punta Ballena – Morro el Vigía, Sección Compuesta II.

#### **5.2.4-. Arcilitas y/o Limolitas con menor presencia de Areniscas:**

Esta secuencia está constituida por arcilitas, limolitas y areniscas. Conforman un 10 % de los afloramientos de la Formación Pampatar, y un 40 % de los afloramientos del Grupo Punta Carnero. Se encuentran generalmente en la parte media de las secciones. Su geometría se caracteriza por ser grandes espesores de arcilitas y/o limos con escasos cuerpos de areniscas tabulares (Figura 62) a nivel de afloramiento, pero a nivel de capas individuales su forma es irregular debido a la presencia de estructuras de orden interno y bases erosivas. Son de mediana a poca extensión lateral.

Los espesores de las capas son menores de 15 cm, haciéndose lenticulares en muchos casos. Los contactos entre las litologías presentes vistos a nivel de afloramiento y de capas individuales son abruptos. Las capas de areniscas se caracterizan por presentar estructuras e orden interno tales como: estratificación paralela, estratificación cruzada y estratificación convoluta.

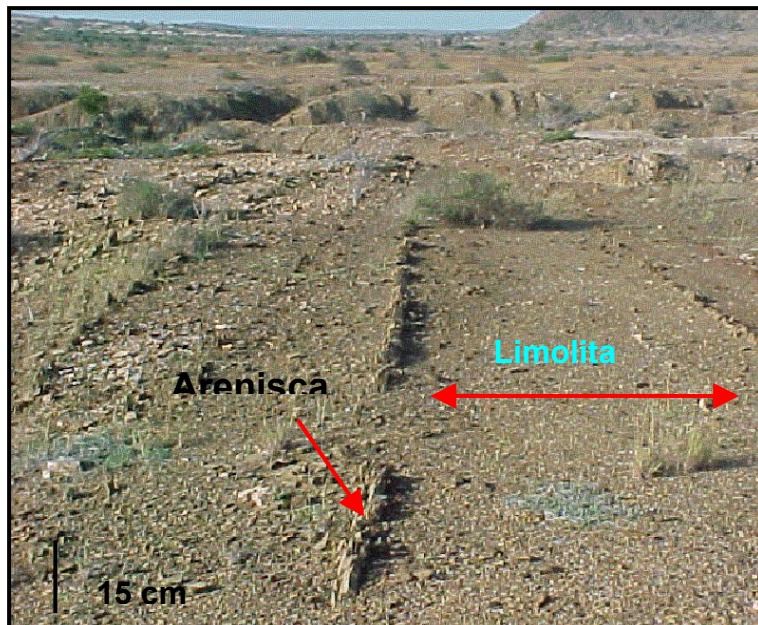


Figura 62. Arcilitas y/o Limolitas con menor presencia de Areniscas. Observados en la localidad Las Bermúdez –El Manglillo. Sección Estratigráfica Compuesta III.

#### 5.2.5-. Canales Conglomeráticos:

Estos canales están constituidos por conglomerados que gradan hacia el tope a areniscas. Conforman un 10 % de los afloramientos de la Formación Pampatar, estando ausentes en los afloramientos del Grupo Punta Carnero. Se encuentran generalmente en la parte basal de las secciones, a excepción de un cuerpo que aflora en la zona de Punta Ballena, en la parte media de

esta sección. Poseen morfología de canal presentando poca extensión lateral, siendo en otros casos difícil de apreciar en afloramiento. Estos canales presentan espesores variables los cuales están comprendidos entre 3 y 15 m de espesor (Figura 63). Su contacto basal es erosivo, mientras que su contacto superior es abrupto, estos canales se caracterizan por presentar gradación normal.



Figura 63. Canal conglomerático observados en la localidad de Punta Moreno. Sección Estratigráfica Compuesta II.

### **5.2.6-. Canales de Arenas:**

Estos canales están constituidos por areniscas, las cuales presentan granulometría variable. Conforman un 15 % de los afloramientos de la Formación Pampatar, y un 1% de los afloramientos del Grupo Punta Carnero. Se encuentran en la parte basal de la sección, a excepción de los canales ubicados en la sección los cuales se encuentran en la parte media de la sección.

Poseen morfología de canal presentando poca extensión lateral. Se pueden subdividir en base a sus estructuras internas y espesores en:

- a) Canales de areniscas masivas de gran espesor (Figura 64b) se caracterizan por presentar espesores que varían entre 1 y 8 m, siendo el promedio 3.5 m. No presentan estructuras de ordenación interna, siendo masivos.
- b) Canales de arenisca con estructuras internas (Figura 64a), poseen en su mayoría estratificación gradada normal, estratificación cruzada y mas escasamente estratificación convoluta, así como estructuras esferoidales generadas por cementación diferencial. Hacia el tope del canal es común observar niveles de capas interestratificadas finas y gruesas, constituidas por areniscas y arcilitas y/o limolitas. En pocos casos estos canales son masivos; presentan espesores que varían de 60 cm a los 3 m.

### **5.2.7-. Lóbulos de Arenas:**

Estos cuerpos están constituidos por areniscas, las cuales aumentan de granulometría hacia el tope dándole un aspecto de gradación inversa a toda la secuencia (“corseaning up”) intercaladas en algunos casos con arcilitas y/o

limolitas. Conforman un 2 % de los afloramientos de la Formación Pampatar, estando ausentes en el Grupo Punta Carnero. Se encuentran en la parte media inferior de la sección.

Estos cuerpos presentan poca continuidad lateral, presentan contactos abruptos irregulares tanto en el tope como en la base, así como con los cuerpos de arcilitas intercalados. Los espesores varían desde 3 a 5, presentan estratificación gradada inversa, rizaduras, laminación paralela, laminación cruzada y estructuras esferoidales de cementación diferencial.

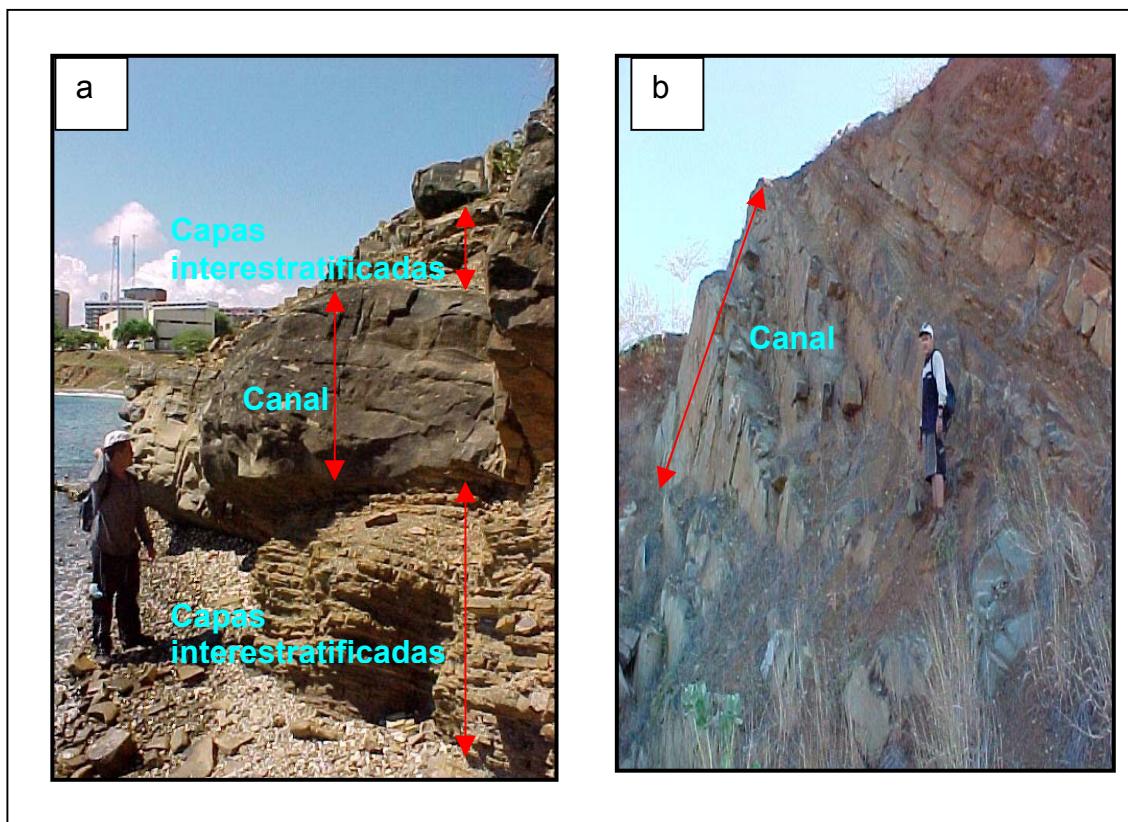


Figura 64. Canales de areniscas. a)Canales con estructuras internas, al tope presentan capas interestratificadas de arenas y limolitas, observados en la localidad Punta Ballena – Morro el Vigía; b)Canales de Arenas masivas, observados en la Localidad de los Cerritos. Sección Estratigráfica Compuesta II.

### **5.2.8-. Depósitos Caóticos: Conglomerados, Areniscas, Calizas, Arcilitas y Limolitas, envueltos en una matriz arcillosa – arenosa.**

Estos depósitos están constituidos por una mezcla caótica de areniscas, conglomerados y calizas dentro de una matriz arcillosa-arenoso. Representan un 15 % de los afloramientos de la Formación Pampatar, y un 40 % de los afloramientos del Grupo Punta Carnero. Se encuentran generalmente en la parte basal de la columna, a excepción de un pequeño segmento aflorante en la parte superior de la sección de Punta Gorda. No posee una geometría definida, los materiales se encuentran en forma de bloques entremezclados, sin ninguna continuidad lateral (Figura 17 y Figura 24).

### 5.3-. INTERPRETACIÓN AMBIENTAL Y UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ARQUITECTURALES DENTRO DEL ABANICO

El análisis de los elementos arquitecturales, su geometría, distribución, las relaciones laterales y verticales de estos, así como el estudio de las asociaciones de facies, hizo posible determinar la distribución ambiental de estos elementos dentro de un abanico submarino, lo cual se realizó para cada una de las Secciones Estratigráficas Compuestas.

El modelo de abanico submarino utilizado fue el propuesto por MUTTI y RICCI LUCCI, 1975 (Figura 65).

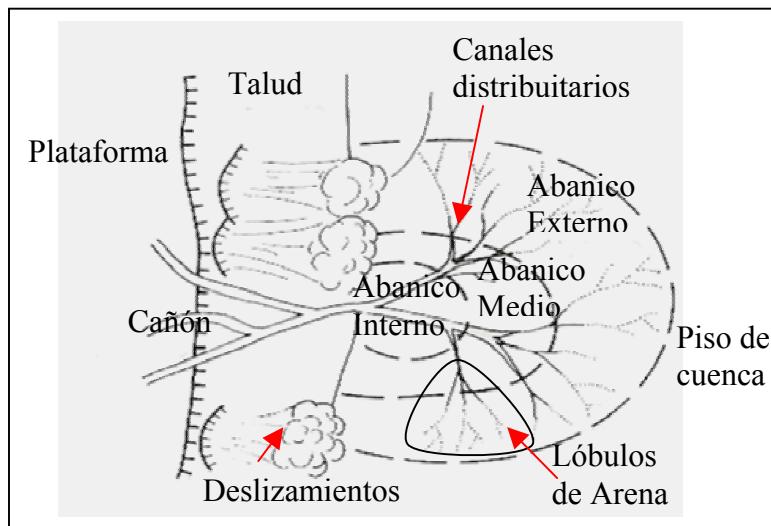


Figura 65. Modelo de abanico submarino. Tomado y modificado de MUTTI Y RICCI LUCCI, 1975.

#### 5.3.1-. Disposición de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda, Anexo1):

La Sección Estratigráfica Compuesta I está constituida en su parte basal por una serie de canales conglomeráticos los cuales gradan a areniscas tamaño

de grano grueso, interpretándose como canales en la parte interna del abanico (Figura 66A).

Suprayacente se encuentra una mezcla caótica de materiales la cual se pudo haber generado mediante el mecanismo de flujos de detritos cohesivos, avalanchas y/o deslizamientos, submarinos ubicados en la parte interna del talud (Figura 66B).

Abruptamente se pasa a una secuencia de arcilitas y limolitas con pocas capas de areniscas, siendo interpretada como depósitos hemipelágicos con algunas capas de areniscas, los cuales son típicos de una zona distal de la cuenca o del abanico externo, depositadas por corriente de turbidez diluidas (Figura 66C).

En la parte media de la sección se distingue por una serie de canales de areniscas granodecrescentes los cuales representan canales distributarios ubicándose en la parte media del abanico (Figura 66D). La parte superior de este intervalo se caracteriza por presentar una serie de areniscas amalgamadas entre las cuales se encuentran unos cuerpos conglomeráticos embebidos en una matriz arcillosa representando un flujo de detritos; ubicándose en la parte media a interna del abanico del abanico submarino.

Hacia el tope de la Sección Estratigráfica Compuesta I se encuentra una secuencia de capas interestratificadas de marcada continuidad lateral, los cuales representan depósitos intercanal ubicados dentro del abanico entre las zonas media a externa; siendo estos el tope de esta secuencia (Figura 66E).

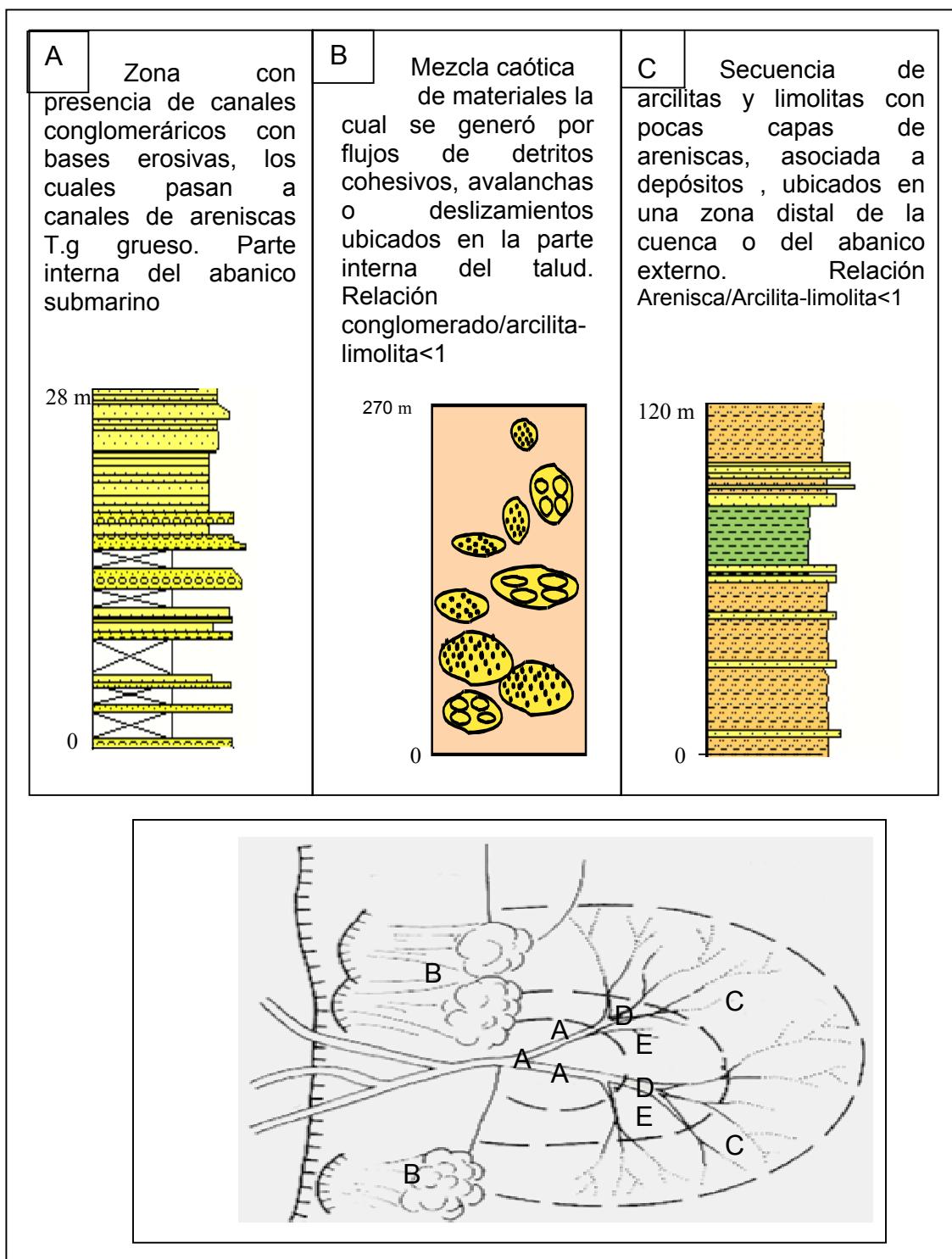


Figura 66 A,B,C. Disposición ambiental de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda, Anexo 1).

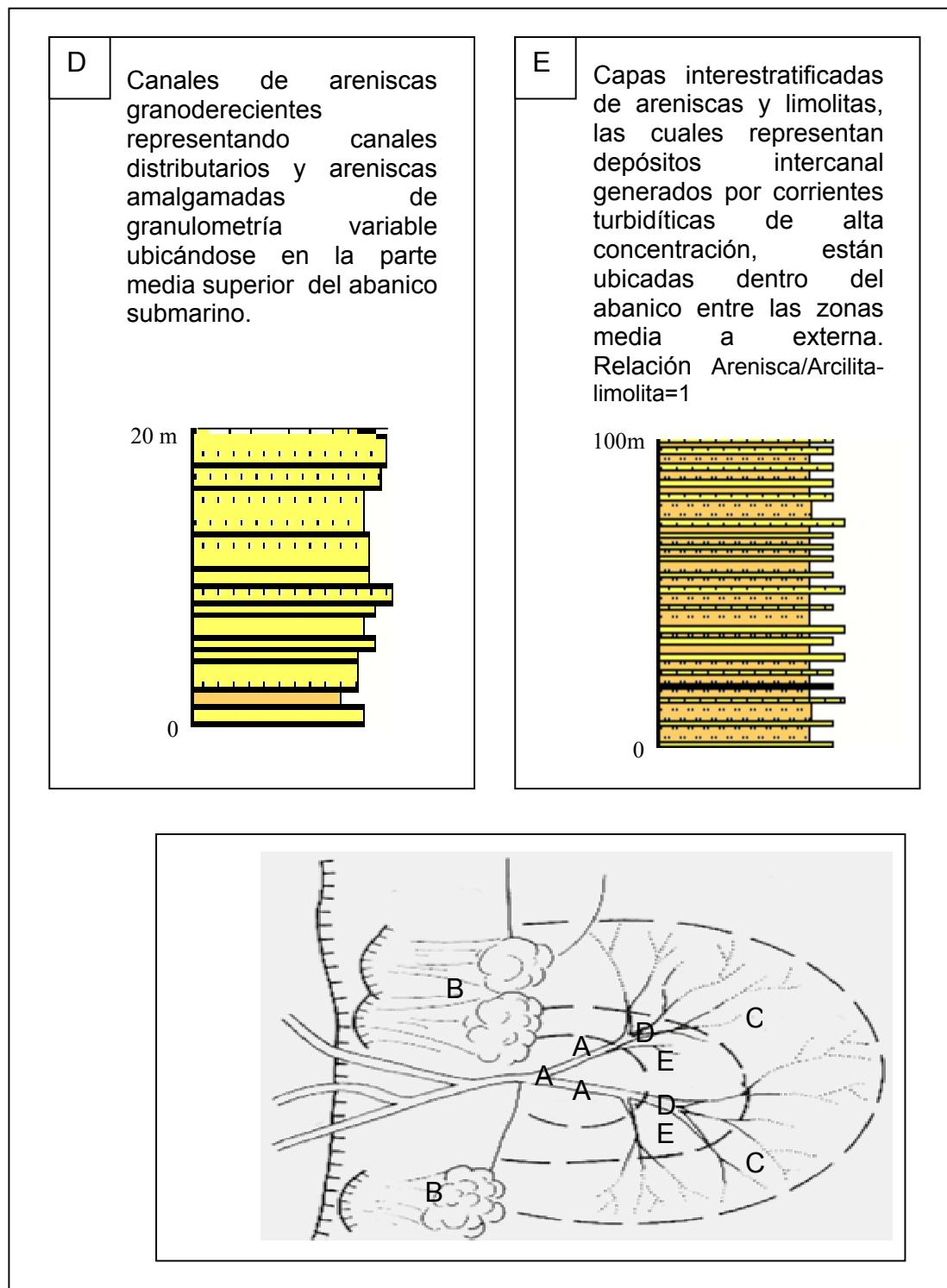


Figura 66 D, E. Disposición ambiental de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta I (Punta Gorda, Anexo 1).

### **5.3.2-. Disposición de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar, Anexo 2):**

La parte basal de la Sección Estratigráfica Compuesta II, está constituida principalmente por una serie de canales conglomeráticos los cuales presentan en el tope canales de areniscas; estos elementos se interpretan como canales conglomeráticos de la parte interna del abanico submarino (Figura 67A). La parte superior de esta sección se caracteriza por presentar gran variedad de elementos arquitecturales, entre los cuales se distinguen capas de areniscas amalgamadas, lóbulos de arena, canales de areniscas (masivos y con gradación normal), así como pequeños espesores de capas interestratificadas entre los canales, ubicándose esta secuencia en la parte media del abanico (Figura 67B). Mas al tope se encuentran grandes espesores de capas interestratificadas (Figura 67C), los cuales representan depósitos intercanal ubicados dentro del abanico entre las zonas media a externa.

### **5.3.3-. Disposición de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez - El Manglillo, Anexo 3):**

La base de esta sección se encuentra constituida por unos depósitos caóticos de calizas, areniscas y conglomerados embebidos dentro de una matriz arcillo-arenosa, los cuales se generaron por flujos de detritos cohesivos, avalanchas o deslizamientos en la parte interna del talud (Figura 68A), en contacto abrupto se encuentran una serie de capas interestratificadas de calizas con arcilitas las cuales son producto de la deposición por suspensión de organismos pláncticos, ubicándose

esta secuencia en el piso de cuenca (Figura 68B). Transicionalmente se pasan a una secuencia de

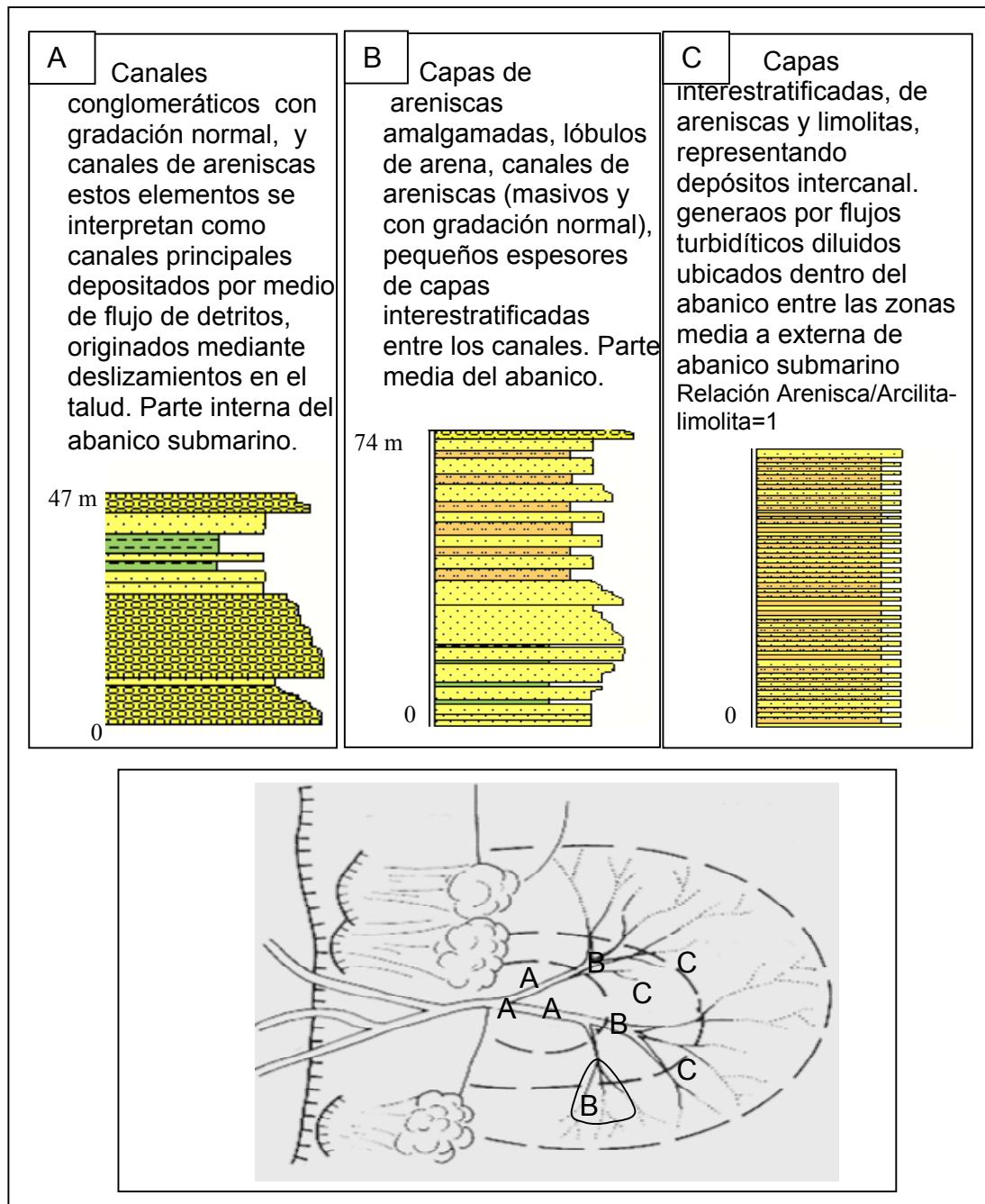


Figura 67 A, B, C. Disposición de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta II (Pampatar, Anexo2).

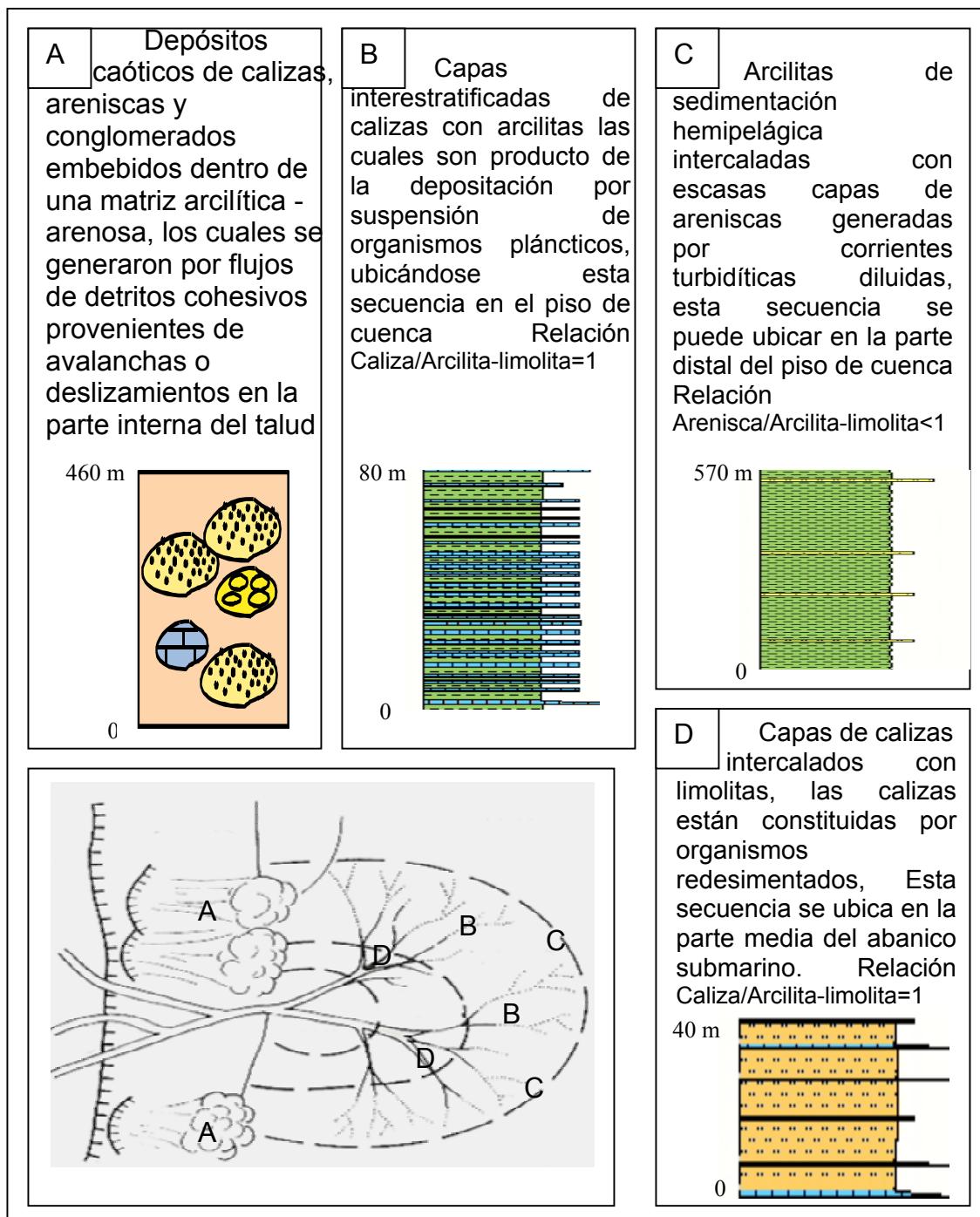


Figura 68 A,B,C,D. Disposición de los elementos arquitecturales presentes en la Sección Estratigráfica Compuesta III (Las Bermúdez – El Manglillo).

arcilitas de sedimentación hemipelágica intercaladas con escasas capas de areniscas generadas por corrientes turbidíticas diluidas (Figura 68C), esta secuencia se puede ubicar en la parte distal del piso de cuenca.

Hacia el tope de la Sección Estratigrafia III se encuentra una intercalación de arcilitas con foraminíferos planctónicos producto de la deposición por suspensión hemipelágica asociada a la parte distal de la cuenca, seguida en la parte superior por capas de calizas (“rudstone” y “packstone” de foraminíferos grandes) intercalados con limolitas, las calizas están constituidas por organismos resedimentados, los cuales han sido depositadas por flujos de detritos no cohesivos el cual se transforma a corrientes turbidíticas diluidas depositando las capas de limolitas. Esta secuencia se ubica en la parte media del abanico submarino (Figura 68D).

## CAPÍTULO VI: ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

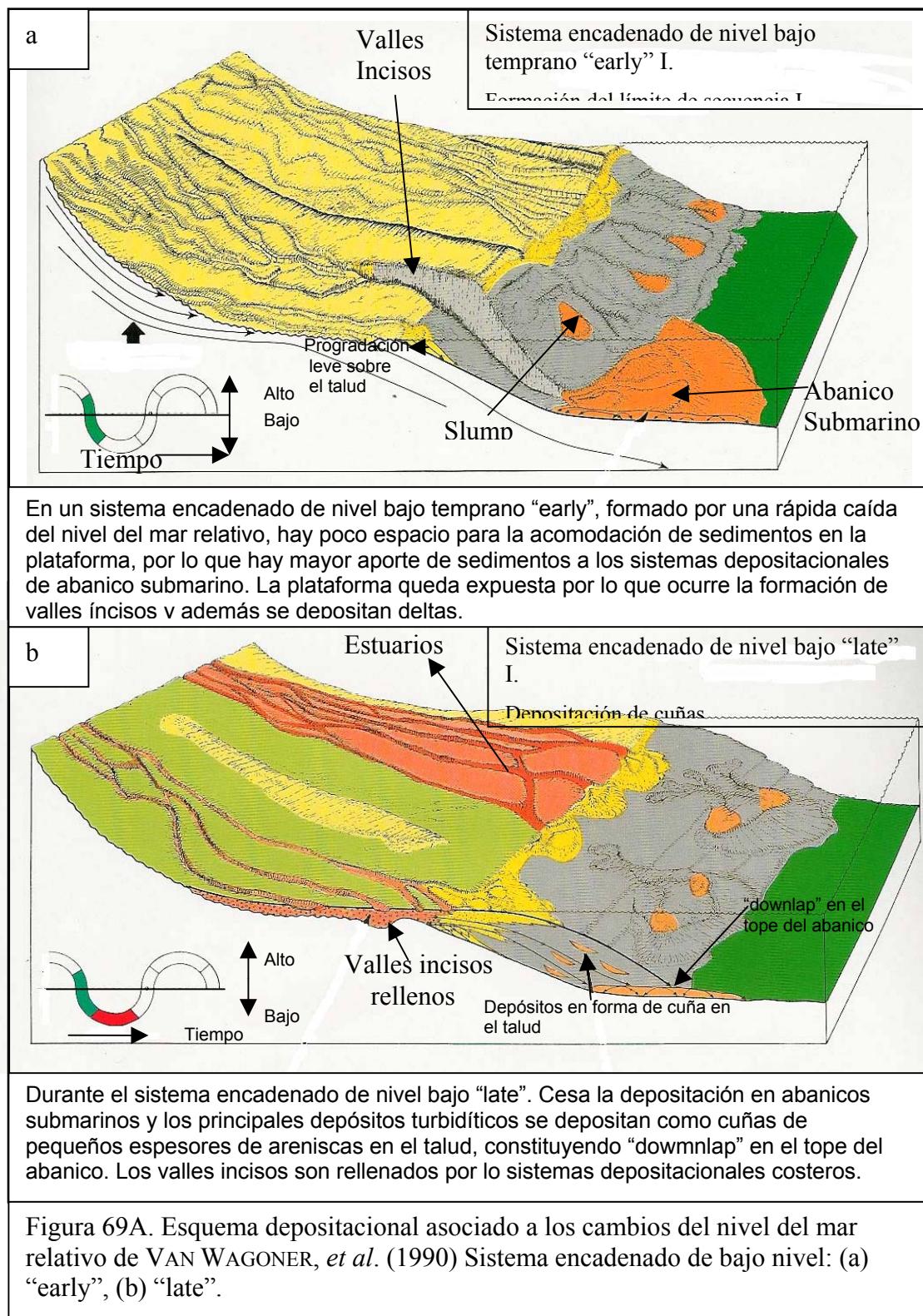
### 6.1.- Consideraciones

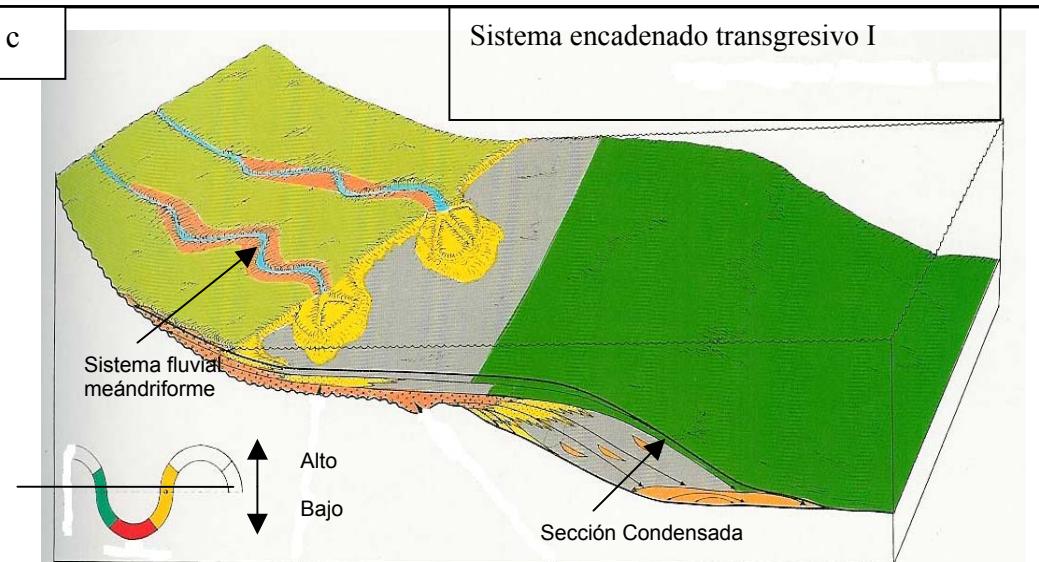
En el marco depositacional marino profundo, los cambios del nivel del mar relativo, solo pueden ser interpretados desde los cambios en el aporte y naturaleza de los sedimentos aportados a la cuenca (NICHOLS, 1999).

Las facies marino profundas eran consideradas antiguamente, como sistemas encadenados de nivel bajo, cualquiera que fuera la posición del nivel del mar relativo al depositarse las capas; sin embargo actualmente existen numerosos abanicos submarinos, desarrollándose en sistemas encadenados de nivel alto ( PIPER y SAVOYE, 1983 en JOHNSON, *et al.* (2001)).

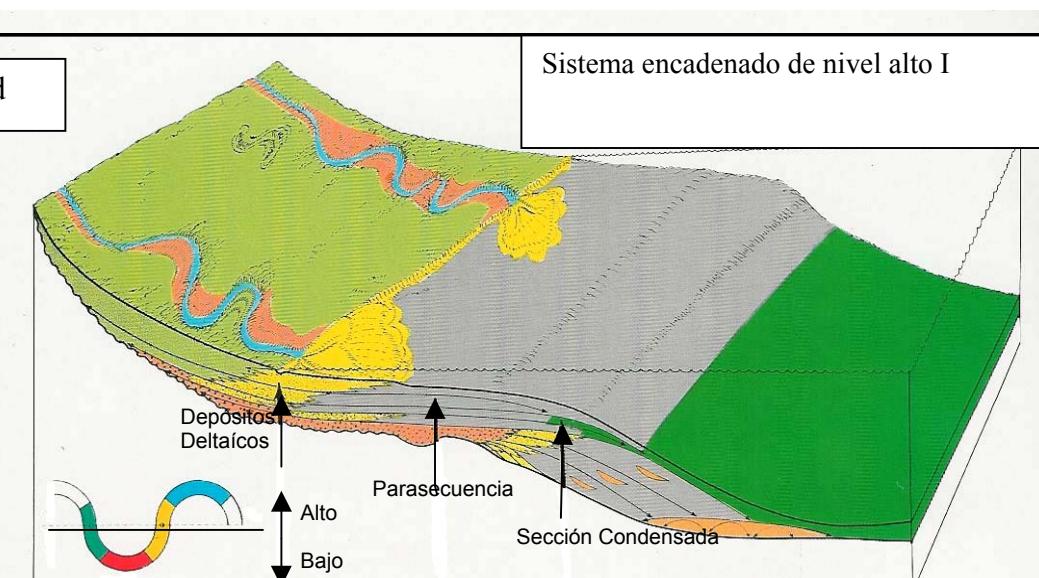
Por lo tanto; las posiciones del nivel del mar relativo, infringen características distintivas de cada sistema en las facies marino profundas. En un sistema encadenado de nivel bajo el espacio de acomodo de los sedimentos en la plataforma es menor, por lo que hay mayor aporte de sedimentos a la cuenca marino profunda (Figura 69A-C). Durante un sistema encadenado de nivel alto, la mayoría de los sedimentos son depositados en la plataforma; mientras que los sedimentos pelágicos y hemipelágicos, se depositan en la cuenca marino profunda (Figura 69 B) (KOLLA y MACURDA, 1988; NICHOLS, 1999).

En una sucesión vertical de facies turbidíticas, los depósitos donde predominan las areniscas, pueden ser interpretados como un sistema encadenado de nivel bajo; mientras que los depósitos de arcilita podrían ser producto de períodos transgresivos y de nivel alto, sucesivamente (NICHOLS, 1999).



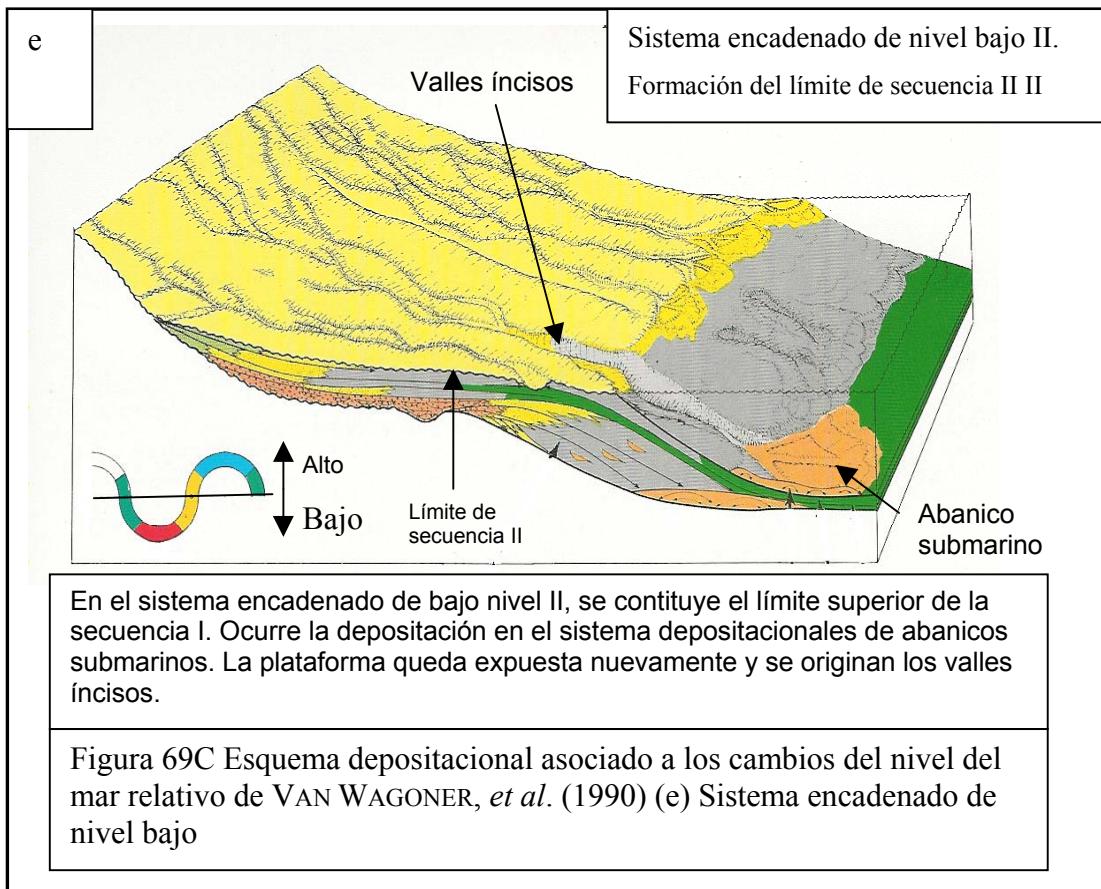


En un sistema encadenado transgresivo, las facies ricas en materia orgánica (sección condensada) se mueven hacia el talud. Los sistemas fluviales típicamente anastomosados pasan a ser meandriformes.



En un sistema encadenado de nivel alto, la tasa de sedimentación es mayor que la velocidad con que sube el nivel del mar, por lo que ocurren una edificación hacia la cuenca de "sets" de parasécuencias agradacionales a progradacionales, estas parasécuencias hacen "downlap" con la sección condensada.

Figura 69B Esquema depositacional asociado a los cambios del nivel del mar relativo de VAN WAGONER, *et al.* (1990) (c) Sistema encadenadotransgresivo (d) Sistema encadenado de nivel alto.



Por otro lado los sistemas carbonáticos, también suele presentar características en sus depósitos, con respuesta a los cambios del nivel del mar relativos. Durante un sistema encadenado de nivel bajo la producción de sedimento carbonático es reducida, porque solo una pequeña área esta disponible para la creación y preservación de material carbonático, pudiéndose producir erosión subareal en la plataforma carbonática y por conseciente depósitos en forma de flujos de detritos compuestos de material carbonático. En un sistema encadenado transgresivo, se inicia la sedimentación carbonática en ambientes restringidos continuando con el desarrollo hacia condiciones de mar abierto, incluyendo en algunos casos “patch reefs” desarrollando quizás localmente pisos de plataforma. Para un

sistema encadenado de nivel alto la progradación de los carbonatos y/o sedimentos costeros, puede realizarse sobre la plataforma rellenando desde la zona interna de la plataforma hasta la zona externa de la misma (HANDFORD Y LOUCKS, 1985; NICHOLS, 1999)

## **6.1.- METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS SECUENCIAL**

Con base en los criterios antes expuestos se realizó el análisis secuencial de las facies turbídíticas presentes en la Isla de Margarita, tomándose en cuenta las siguientes consideraciones:

- El sistema encadenados transgresivo y el de nivel alto, fueron definidos con base en el empaquetamiento de las capas; es decir los sistemas transgresivos (TST) se caracterizan por poseer una relación hacia el tope del sistema de arenisca/arcilita o limolita <1, ó una relación caliza/arcilita o limolita<1 en el caso que halla presencia de carbonatos. En este sistema encadenado los espesores de arcilitas o limolitas son de moderados a grandes; mientras que los sistemas encadenados de nivel alto (HST) están caracterizados por poseer menores espesores de arcilitas o limolitas hacia el tope del sistema aumentando así los espesores de areniscas en relación con el sistema encadenado transgresivo.
- La superficie ubicada entre los dos tipos distintos de empaquetamiento correspondientes los sistemas encadenados transgresivos (TST) y los sistemas encadenados de alto nivel (HST) fue considerada como una superficie de inundación máxima (MFS). Siendo corroborada esta en los casos que halla presencia de fauna.
- Debido a la esterilidad de los sedimentos que componen la Formación Pampatar, no fue posible correlacionar las Secuencias Estratigráficas Compuestas I y II en base a datos bioestratigráficos, sin

embargo el intervalo superior de estas secuencias se caracteriza por presentar un empaquetamiento cuya relación arenisca/limolitas es igual a uno, disminuyendo hacia el tope los espesores de areniscas; estando presente un sistema encadenado transgresivo en ambas secuencias, esto aunado con su gran extensión lateral, hizo posible la correlación entre estas dos Secciones Estratigráficas Compuestas pertenecientes a la Formación Pampatar.

- Debido a las diferencias litológicas entre el Grupo Punta Carnero y La Formación Pampatar, se infirió la existencia de al menos dos sistemas depositacionales de abanico submarino diferentes, por lo que se realizó el análisis secuencial para cada uno de ellos por separado arrojando los siguientes resultados:

### 5.1-. ANÁLISIS SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN PAMPATAR:

En esta Formación se definieron cuatro secuencias estratigráficas, de frecuencia alta debido a que el rango de edad en el Eoceno Medio es de aproximadamente 3 millones de años (Anexo 9). Estas secuencias se describen se describen a continuación:

#### **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 1**

Esta secuencia se encuentra delimitada por el límite de secuencia 1 (SB1), el cual fue inferido debido a que no se aprecia, correspondiendo con la parte basal de la sección, y el límite de secuencia 2 (SB2). En esta secuencia estratigráfica los sistemas encadenados no se pueden diferenciar por lo tanto se interpreta como una secuencia estratigráfica amalgamada.

## SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 2

Esta secuencia se encuentra limitada en su base por el límite de secuencia 2 (SB2), y en el tope por el límite de secuencia 3 (SB3). Está constituida por un sistema encadenado de nivel bajo 2 (LST2), seguido por un sistema encadenado transgresivo 2 (TST2), el cual continúa con el sistema encadenados de nivel alto 2 (HST2).

**El sistema encadenado de nivel bajo 2 (LST2)** se encuentra delimitado en la base por un límite de secuencia 2 (SB2) y en el tope por la superficie transgresiva 2 (TS2). Este sistema se caracteriza por sus depósitos caóticos, compuestos principalmente por bloques de conglomerados, areniscas y calizas, embebidos dentro de una matriz arcillosa – arenosa, depositados por mecanismos de flujos de detritos, avalanchas y/o deslizamientos submarinos, provenientes del talud, como consecuencia de un levantamiento acelerado y su consecuente creación de espacio.

Este levantamiento podría estar asociado con la fase de extensión de retroarco de las cuencas de Granada y Bonaire propuesta por PINDELL, *et al.*, (1998) y otros, donde la fuente principal de sedimentos del flysch eoceno estaría ubicada en un bloque de relieve positivo.

**El sistema encadenado transgresivo 2 (TST2):** Está delimitado en su base por la superficie transgresiva (TS2) y en el tope por la superficie de inundación máxima 2 (MFS2) inferida a partir de la presencia de un sector arcílico, que delimita dos tipos de empaquetamientos diferentes que constituyen el sistema TST2 y el sistema encadenado de nivel alto 2 (HST2).

El sistema TST2, se caracteriza por la dominancia de sedimentación hemipelágica sobre la presencia de algunas capas de limolitas y/o areniscas.

Aumentando hacia el tope de este sistema los espesores de arcilitas y limolitas presentando una relación arenisca/limolita o arcilita<1.

**El sistema encadenado de nivel alto 2 (HST2):** Esta delimitado en su parte basal por la superficie de máxima inundación 2 (MFS2) y en su tope por el límite de secuencia 3 (SB3). Se constituye de intercalaciones de arenisca con limolitas, aumentando la relación arenisca/limolitas hacia el tope hasta pasar al sistema encadenado de nivel bajo 3.

### **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 3**

Esta secuencia está delimitada por el límite de secuencia SB3 en la base, mientras que en el tope no se aprecia su límite de secuencia, debido a que dentro de esta secuencia se encuentra una falla de corrimiento. Este sistema es incompleto y está constituido por un sistema encadenado de nivel bajo conformado por una serie de canales de arenas amalgamadas, los cuales evidencian una caída del nivel del mar relativo.

### **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 4**

Esta secuencia se encuentra separada de la Secuencia Estratigráfica 3, por un espesor aproximado de 200 m el cual se encuentra cubierto. Comienza con un sistema encadenado de nivel bajo (LST4), infiriéndose su límite inferior, el cual se debe encontrar dentro de la zona cubierta correspondiendo con el límite de secuencia 4 (SB4), su límite superior no se aprecia.

**El sistema encadenado de nivel bajo 4 (LST4):** Está representado por areniscas amalgamadas de relleno de canal y un espesor flujo de detritos. El cual pasa hacia el tope a el sistema encadenado transgresivo 4 (TST4) representado por la presencia de capas de areniscas y limolitas, de gran extensión lateral, las cuales podrían representar el relleno de las zonas intercanales. Estos dos sistemas encadenados se encuentran separados por la superficie de transgresión 4 (TS4). Este sistema TST4, se utilizó como un

intervalo de correlación entre las secciones estratigráficas compuestas I y II, arrojando como principal resultado la corroboración de la estructura sinclinal con eje este-oeste, propuesta para el área de Pampatar, por LORENZ, (1949); MUÑOZ, (1973); MORENO Y CASAS , (1986).

### **5.1.- ANÁLISIS SECUENCIAL EN EL GRUPO PUNTA CARNERO:**

En el Grupo Punta Carnero se definieron tres secuencias estratigráficas de frecuencia alta, debido a que el rango de edad en el Eoceno Medio es de aproximadamente 3 millones de años (Anexo 10).

#### **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 1**

La primera secuencia, comienza con un sistema de nivel bajo, seguido por un sistema transgresivo que continua con un sistema encadenado de nivel alto. Se encuentra delimitada en la base por el límite de secuencia inferido 1 (SB1), el cual no se aprecia, debiendo estar ubicado entre los esquistos verdes de la Formación Los Robles (Cretácico) y la base alóctona (caliza coralina) del Grupo Punta Carnero (Eoceno Medio tardío), el tope de esta secuencia está delimitado por el límite de secuencia 2 (SB2) definido por un cambio de empaquetamiento entre las secuencias uno y dos.

**El sistema encadenado de nivel bajo 1 (LST1),** se encuentra delimitado en la base por el límite de secuencia inferido (SB1) y en el tope por la superficie transgresiva 1 (TS1), marcada por el inicio de la depositación de una caliza compuesta mayoritariamente por orbitoides (denominado en la literatura primer nivel de orbitoides). Este sistema se caracteriza por ser predominantemente arcillo – arenoso, en el cual se encuentran embebidos cuerpos de conglomerados, areniscas y calizas dispuestos caóticamente

(AF3); este sector se depositó mediante un flujo de detritos, avalanchas y/o deslizamientos submarinos, generados, como consecuencia de un levantamiento muy acelerado, conjuntamente con una caída del nivel del mar. Este levantamiento podría estar asociado con la fase de extensión de retroarco de las cuencas de Granada y Bonaire para las rocas del Eoceno medio propuesta por PINDELL, *et al.* (1998), donde la fuente principal de sedimentos del flysch eoceno estaría ubicada en un bloque de relieve positivo.

**El sistema encadenado transgresivo 1 (TST1)**, se encuentra delimitado por la superficie de transgresión 1 (TS1) en su parte basal y en su tope por la superficie de máxima inundación 1 (MFS1), definida por la presencia de radiolarios en las calizas y gran cantidad de foraminíferos pláncticos, los cuales conjuntamente indican condiciones batiales superiores (TRUCKOWSKI, comunic. personal). Estos depósitos consisten de intercalaciones de calizas y sedimentos hemipelágicos, presentando una relación calizas/arcilita =1 en la base y <1 hacia el tope.

**El sistema encadenado de nivel alto 1 (HST1)**, esta delimitado en su parte basal por la superficie de inundación máxima 1 (MFS1), y en su tope por el límite de secuencia 2 (SB2). Consiste de intercalaciones de calizas planctónicas con sedimentos hemipelágicos y areniscas micríticas. En esta secuencia la fabrica de carbonatos disminuye hacia el tope, mientras que aumentan las capas de areniscas hacia el mismo.

## **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 2**

En esta secuencia no se aprecia el sistema encadenado de nivel bajo, presentándose seguramente como una secuencia condensada. Esta secuencia está representada por un sistema encadenado transgresivo. Se encuentra definido en su parte basal por el límite de secuencia 2 (SB2) y en

el tope por el límite de secuencia 3 (SB3) definido por el comienzo del sistema encadenado de nivel bajo 2 (LST2).

**El sistema encadenado transgresivo 2 (TST2)** esta delimitado por el límite de secuencia 2 en su parte basal y la máxima superficie de inundación 2 (MFS2), definida por la presencia del foraminíferos arenaceos *Cyclammina sp* y *Ammodiscus sp*, indicando la máxima profundización de agua. Esta secuencia representa una sedimentación hemipelágica mayoritariamente con niveles de concreciones ricas en hierro que podrían indicar superficies condensadas con mínima sedimentación de clásticos (RAINSWELL, 1971 en JONSON, et al, 2001)

**El sistema encadenado de nivel alto 2 (HST2)**, esta delimitado por la superficie de inundación máxima 2 (MFS2), esta secuencia está constituida por cuerpos de calizas de foraminíferos pláncticos intercalados con sedimentos finos presentando un aumento en la relación calizas/arcilitas, en contraste con el sistema infrayacente , lo que significa una deposición de sedimentos a medida que se crea la acomodación.

### **SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA 3**

Es una secuencia incompleta donde se observa un sistema encadenado de nivel bajo delimitado en su parte basal por el límite de secuencia 3 (SB3), esta secuencia está constituida por depósitos de rellenos de canal, compuestos por calizas de componentes resedimentados constituidos por algas rojas y foraminíferos grandes, posiblemente provenientes de una plataforma carbonática erosionada. Esta plataforma podía estar ubicada en las antillas menores ó detrás de los cinturones de Villa de Cura y Araya Paria (PINDELL, et al 1998).

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- Con base en los levantamientos sedimentológicos y estratigráficos realizados, se definieron tres secciones estratigráficas compuestas. Dos en la región de Pampatar (secciones estratigráficas compuestas I y II), constituidas principalmente por conglomerados y areniscas turbidíticas, que representan la Formación Pampatar. Otra en el sector Las Bermúdez - El Manglillo (Sección Estratigráfica Compuesta III), conformada primordialmente por calizas y arcilitas hemipelágicas, representando el Grupo Punta Carnero.
- Los principales tipos petrográficos que componen la Formación Pampatar (secciones estratigráficas compuestas I y II), son areniscas líticas constituidas principalmente por fragmentos de rocas sedimentarias y volcánicas, y en menor porcentaje conglomerados soportados por clastos volcánicos.
- En el Grupo Punta Carnero (Sección Estratigráfica Compuesta III), los tipos petrográficos predominantes son arcilitas hemipelágicas, calizas tipo “mudstone”, “wackstone” y “packstone”, de foraminíferos pláncticos, además de calizas tipo “packstone” y “rudstone” compuestas principalmente por algas rojas y foraminíferos grandes.
- Debido a las diferencias litológicas entre el Grupo Punta Carnero y la Formación Pampatar, se propone la existencia de al menos dos sistemas depositacionales turbidíticos, con diferentes fuentes de sedimentos.

- Las rocas del flysch Eoceno de la Isla de Margarita, estuvieron sometidas a condiciones de diagénesis tardía, evidenciadas por el proceso de illitización y dolomitización tardía en las rocas siliciclásticas y por los procesos de presión – disolución (estilolitización, contactos suturados y concavo – convexos), en las rocas carbonáticas.
- Mediante el estudio de los procesos físico y químicos que dieron origen a la roca, así como las características de afloramiento que estas presentan; se definieron un total de catorce (14) litofacies, distribuidas en la Formación Pampatar y el Grupo Punta Carnero.
- Con base en la distribución vertical y lateral de las litofacies, se definieron un total de once (11) asociaciones de facies, lográndose establecer para cada una de ellas los principales mecanismos, procesos y su distribución en los subambientes turbidíticos.
- Los principales mecanismos depositacionales que dieron origén a las diferentes asociaciones de facies son:
  - Flujo de detritos: Asociación de facies 1 (AF1) y asociación de facies (AF3).
  - Flujo de detritos - Corriente turbidítica diluida: Asociación de facies 2 (AF2), asociación de facies 7 (AF7) y asociación de facies 9 (AF9).
  - Corrientes turbidíticas - Flujo de sedimentos fluidizados: Asociación de facies 10 (AF10) y asociación de facies 11 (AF11).
  - Suspensión hemipelágica - Corriente turbidítica diluida: Asociación de facies 4 (AF4) y asociación de facies 5 (AF5).
  - Suspensión hemipelágica - Corrientes turbidíticas - Corriente de fondo marino: Asociación de facies 6 (AF6).

- Los depósitos turbidíticos del “flysch” Eoceno presente en la Isla de Margarita, contienen un total de ocho (08) elementos arquitecturales, de los cuales siete (07) son elementos de tercer orden y uno (01) de segundo orden, (según la clasificación de Ghosh y Lowe, 1996). Estos son:
- Capas tabulares de grano grueso. (2do. Orden).
  - Capas amalgamadas de areniscas. (3er. Orden).
  - Capas interestratificadas de areniscas, limolitas y/o arcilitas. (3er. Orden).
  - Arcilitas y/o limolitas con menor presencia de areniscas. (3er. Orden).
  - Canales conglomeráticos. (3er. Orden)
  - Canales de arenas (3er. Orden).
  - Lóbulos de arenas (3er. Orden).
  - Depósitos caóticos (3er. Orden).
- Mediante los análisis realizados a las asociaciones de facies y los elementos arquitecturales, se logró establecer la distribución de subambientes turbidíticos dentro de las secciones estratigráficas estudiadas, presentando una variación desde depósitos de talud hasta depósitos de piso de cuenca (“Basin Plain”).).
- En la Formación Pampatar, se definieron cuatro secuencias estratigráficas de frecuencia alta, de las cuales dos son incompletas y una se encuentra amalgamada y otra completa.
- La superficie de inundación máxima (MFS1), definida en la Formación Pampatar, fue inferida (debido a la esterilidad en contenido fósil de la muestra tomada en el sector), en base a los cambios de empaquetamiento entre la secuencia que suprayace e infrayace a esta superficie,

determinándose así los sistemas encadenados transgresivos y de nivel alto presentes en la secuencia.

- Mediante el uso del sistema encadenado transgresivo 4 (TST4) como una sección condensada de clave (debido a su contenido litológico y gran extensión lateral), se realizó la correlación estratigráfica secuencial entre las secciones estratigráficas I (Punta Gorda) y II (Pampatar), corroborando la presencia de el sinclinal con eje este-oeste ( propuesto por LORENZ, (1949); MUÑOZ, (1973); MORENO Y CASAS, (1986)), como la principal estructura presente en el área de Pampatar
- En el Grupo Punta Carnero, se definieron tres secciones estratigráficas de alto orden, dos de ellas incompletas y una completa.
- Las superficie de máxima inundación ubicadas en la secuencia del Grupo Punta Carnero, se definieron con base en su contenido micropaleontológico. La superficie de máxima inundación 1 (MFS1), se establecio debido a la presencia de radiolarios (muestra GPC – 018) y la abundancia de foraminíferos planctónicos, (muestra GPC<sub>L</sub>-014), indicando condiciones de máxima profundización de la cuenca. Por otro lado en la superficie de máxima inundación 2 (MFS2), se identificaron foraminíferos arenaceos tales como *Ammodiscus* sp y *Cyclammina* sp (GPC<sub>L</sub>-087,088 y 089), indicadores de máxima profundidad de agua.
- La presencia de los sistemas encadenados de nivel bajo (LST2 y LST1), presentes en el sector basal de las secciones estratigráficas compuestas I (Punta Gorda) y III (Las Bermúdez – El Manglillo), los cuales se caracterizan primordialmente por grandes espesores arcillo – arenosos que envuelven diferentes tipos litológicos dispuestos caóticamente, representan una facies de “wildflysch” que podría ser el producto de una fase de

levantamiento rápido asociada a el período de extensión en la cuenca de Granada desarrollada durante el Paleoceno Temprano hasta el Oligoceno Tardío y propuesta por PINDELL, et al. 1998.

➤ Los resultados obtenidos en el estudio petrográfico de los principales litotipos presentes tanto en La Formación Pampatar, como en El Grupo Punta Carnero indican que estas rocas no poseen una buena calidad de roca reservorio debido a la inmadurez textural y alto porcentaje de cemento y matriz de minerales de arcilla, que disminuyen los valores de porosidad de la misma, presentándose en la mayoría de los casos en trazas o ausente.

## CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de alta resolución de minerales de arcilla presentes en las rocas del “flysch” Eoceno de la Isla de Margarita, con el fin de utilizarlos como geotermómetros.
- Debido a lo tectonizado de la sección de La Isleta, se recomienda realizar un estudio detallado del contenido paleontológico presente en el área, con el fin de establecer el orden estratigráfico de las distintas secciones aflorantes en la zona. .
- Hacer un estudio detallado de los foraminíferos grandes presentes en el Grupo Punta Carnero, con la finalidad de clasificar las diferentes especies presentes en el mismo.
- Estudiar en detalle las características sedimentológicas de las estructurales esferoidales por cementación diferencial, con el propósito de clasificarlas como estructuras sedimentarias, de acuerdo al proceso que las originó.
- Realizar un estudio petrofísico detallado, a escala regional y local, el cual conlleve a la caracterización de las posibles rocas yacimento y sellos, presentes en la zona.

## CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLEN, J.R.L. (1983) *Studies in Fluviailes Sedimentation: Bars, bar complexes and sandstone sheets (low – sinuosity braided streams)* in the Browstones (L.Devonian), Welsh Borders. *Sedim. Geol.*, 33, 237-293 p.
- BERMÚDEZ, R J., & GÁMEZ, H. (1966) *Estudio paleontológico de una sección del Eoceno. Grupo Punta Camero de la isla de Margarita, Venezuela.* Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, Tomo Y.XVI, No. 75, 205-259 p.
- BOGGS, S. (1992) *Petrology of Sedimentary Rock*. Macmillan Publishing Co, New York, 707 p.
- BOLLI, H. M & J. B. SAUNDERS, (1985) Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. EN BOLLI, H. M., J. B. SAUNDERS, & K. PERCH NIELSEN (Eds.) *Plankton Stratigraphy*. Cambriadge University Press, Cambridge: 155-262 p.
- BURNE, R. V. (1995) The retun of “the fan never was”: Westphalian turbidite systems in the Variscan Culm Basin Bude Formation (Southwest England). En Plint, G. A. (ed.) *Sedimentary facies analysis*. 101 – 136 p.

- CHEVALIER, Y., STEPHAN, JF., DARBOUX, J.R., GRAVELLE, M ., BELLON, H ., BELLIZZIA, A., Y BLANCHET, R. (1988) *Obduction et collision pre-Tertiaire dans les zones internes de la Chaine Caribe venezuelienne*, sur le transect ILe de Margarita- Peninsule d' Araya. Rendus 1' Academie des Science de Paris , Serie II, V.307, 1925- 1932 p.
- COLLINSON, J., THOMPSON, D. (1982) *Sedimentary Structures*. Geroge allen y Unwin Pubs. LTD. London, 149 p.
- DE. RIVERO, F. de, 1956. Grupo Punta Carnero en: *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Pub. Esp N° 1, pp. 532-535.
- DUNHAM, R. J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. EN HAM, W. E. (Ed.) *Classification of carbonate rocks*. AAPG mem., 1: 108-121p.
- EMBRY, A. F Y KLOVAN, J. E (1971) *A Late Devonian reef tract on north-eastern Banks Island, Northwest Territories*. Bulletin of Canadian Petroleum Geology. 19, 730-781.
- FOLK, R. (1974) *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill, Austin, TX, 159 pp.
- FRIEDMAN, G. & SANDERS, J. (1979) *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons, New Cork; 792 p..

- GALLOWAY, W. (1974) *Deposition and diagenetic alteration of sandstone in Northeast Pacific Arc related basin. Implication for petroleum exploration.* S. E. P.M., spec. Pub. N° 26, 251-262 p.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., ITURRALDE J. & PICARD X. (1980) *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*, 2 T. Edic. FONIVES, Caracas, 1021 p.
- HANDFORD, R. C. & LOUCKS, R. G. (1985) *Carbonate Depositional Sequence and Systems Tracts-Responses of Carbonate Platforms to Relative Sea-Level Changes.* En memoir 57 AAPG. 3-41 p.
- JAM, R Y M. MÉNDEZ A. (1962) *Geología de las Islas de Margarita, Coche y Cubagua.* Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Tomo XXII, No. 61, 50-93 p.
- JOHNSON, D. S., FLINT, S., HINDS, D. & WICKENS, D.V. (2001). *Anatomy, Geometry y Secuence Stratigraphy of Basin Floor to Slope Turbidity Systems, Tanqua Karoo, South Africa.* Sedimentology (48). 987 – 1023 p.
- LEEDER, M. (1982) *Sedimentology process and product.* George Allen & Unwin (Publishers) Ltd. London. 344 p.
- LEEDER, M. (1999) *Sedimentology and Sedimentary Basins from Turbulence to Tectonic.* Blackwell science Ltd. Paris. 592 p.

- LORENZ, W. (1949) *Contribución a la Geología de la formaciones sedimentarias en la Isla de Margarita.* Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 177 p.
- MARTINI, E. (1971) *Standard Tertiary and Quaternary Calcarenous Nannoplankton. Proceedings of the II Planktonic Conference* (Roma, 1970). Farinacci ed, Edizioni Tecnoscienza, Roma; 1380 p.
- MIALL, A.D. (1996) *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology.* Springer. 582 p.
- MIDDLETON, G.V (1973) Johannes Walther's law of correlation of facies. *Bulletin of the Geological Society of America*, 84, 979-988 p.
- MIDDLETON, G.V. Y HAMPTON, M.A.,(1973) *Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition.* In: *Turbidites and Deep Water Sedimentation* (ed G.V. Middleton y A.H. Bouma), Pacific Section, Society of Economic Paleontologist and Mineralogist Short Course Notes, 1-38 p.
- MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS, 1999. *Léxico Estratigráfico de Venezuela.* Bol. Geol. (Venezuela), Publ. Esp 1: 1 - 728 p.
- MORENO, J. & CASAS, J. (1986) *Estudio petrográfico y estadístico de la secuencia flysch eoceno de la isla de Margarita.* Tesis de Grado., inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 177 p.
- MOUNT, J., (1985) Mixed siliciclastic and carbonate sediment: a proposed first order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 32; 435-442 p.

- MUÑOZ N. G. (1972) *Guía de la Excursión L-3, Flysch Eoceno de la Isla de Margarita.* Memorias de la VI Conf. Geol. Caribe, Margarita, Venezuela, 25-27 p.
- MUÑOZ N. G. (1973) *Geología Sedimentaria del Flysch Eoceno de la Isla de Margarita, Venezuela.* Bol. "GEOS", Escuela de Geología y Minas U.C.V. N° 20, Venezuela.
- MUTTI, E. (1992) *Turbidite Sandstones.* AGIP. Instituto di Geologia, University di Parma; 275 p.
- MUTTI, E. & W. R. NORMAK (1991) An Integrated Approach to the Study of Turbidite Systems. En WEIMER, P. & LINK, M. H. (Eds) *Seismic Facies and Sedimentary Processes of Submarine Fans and Turbidites Systems.* Springer-Verlag, New York: 75-106 p.
- MUTTI, E. & RICCI LUCCI, F. (1975) Turbidites facies and associations. En *Examples of turbidite facies and facies associations from selected formations of the Northern Apennines, field trip guidebook.* IX Int. Cong. Sedimentologist, Nice (France), Int. Assoc. Sedimentologist, A-11: 21-36 p.
- MUTTI, E. & RICCI LUCCI, F. (1978) *Turbidites of the Northern Apennines: introduction to facies analysis.* Int. Geo. Rev., 20: 125-166 p..
- NICHOLS, G. (1999) *Sedimentology & Stratigraphy.* Blackwell science Ltd. Paris. 355 p.

- PAIVA, A., (1969) *Contribución al estudio de las rocas del Eoceno de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta.* (informe inédito). Dpto. de Geología, Universidad Central de Venezuela.
- PETTIJOHN, F. J.; PORTIER & R. SIEVER (1972) *Sands and Sandstone.* Springer-Verlag, New York; 618 p.
- PICARD, M. D. (1971) Clasification of fine – grained sedimentary rocks. *Jour. Sed. Petrology*, 41; 179 – 195 p.
- PICKERING, K. T.; R. N. HISCOCK & F. J. HEIN (1989) Deep marine environments: clastic sedimentation and tectonics. Unwin Hyman, London; 416 p.
- PINDELL, J. L., ROGERS, H. & DEWEY, F. J. (1998) *Cenozoic Palinspastic Reconstruction, Paleogeographic Evolution and Hydrocarbon Setting of the Northern Margin of South America.* S.E.P.M. Spec. Pub. No 58. 45-87 p.
- PITTMAN, E. (1979) *Recent advances in sandstone diagénesis.* Am. Rev. Earth. Planet Sci., 7 (1). 39 – 62 pp.
- READING, H. G. & RICHARDS, M. (1994). *Turbidite Systems in Deep Water Basin Margins Classified by Grain size and Feeder systems.* AAPG bul. V 78. N° 5. 792-822 pp.
- SANDOVAL, M. E. (2001). *Diagénesis de arenas.* Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 414 p.

- SPEED, R. (1985). *Cenozoic Collision of the Lesser Antilla Arc and Continental South America. The origin of the El Pilar fault.* Tectonic 4 (1) 41 – 69 p.
- STEPHAN, J. F. (1990). *Paleogeodynamic Maps of the Caribbean: 14 steps from Lias to Present.* Bulletin society geology france. Volumen 1(6). 915 – 919 p.
- STOW. V. A. D., READING, G. H. & COLLINSON, J. D. (1996). Deep Seas en READING. H. G. (ed.) *Sedimentary Environments Processes, Facies and Stratigraphy.* 3ra. Edición. 396 – 451 p.
- TUCKER, M. E. & WRIGHT, P. V. (1990). *Carbonate Sedimentology* Blackwell scientific publication. 482 p.
- UDDEN, J.A.(1914) Mechanical composition of clastic sediments. GSA Bull, 25: 655-744 p.
- VAN WAGONER, T. C., MITCHUM, M. R., CAMPION, M. K. & RAHMANIAN, O. V. (1990). *Siliciclastic Secuence Stratigraphy in Well Logs, Cones and Outcrops.* AAPG. Methods in exploration seris, N° 7. USA. 55 pp.
- WALKER R. G. (1984) Facies Models. 2da. Ed., Geological Association of Canada, Geoscience Canada, Reprint Series 1; 317 p.
- WENTWORTH, C. K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. Jour. Geology, 30: 377 – 392 p.

- ZAPATA, E. ( 1983) Manual de Petrografía y Diagénesis de Rocas Carbonáticas. GEOS, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 3 – 140 p.

#### DIRECCIONES ELECTRONICAS (INTERNET)

- CIEN, (2002), COMITE INTERFILIAL DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA, Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela. PDVSA – Intevep; <http://www.pdv.com/lexico>.



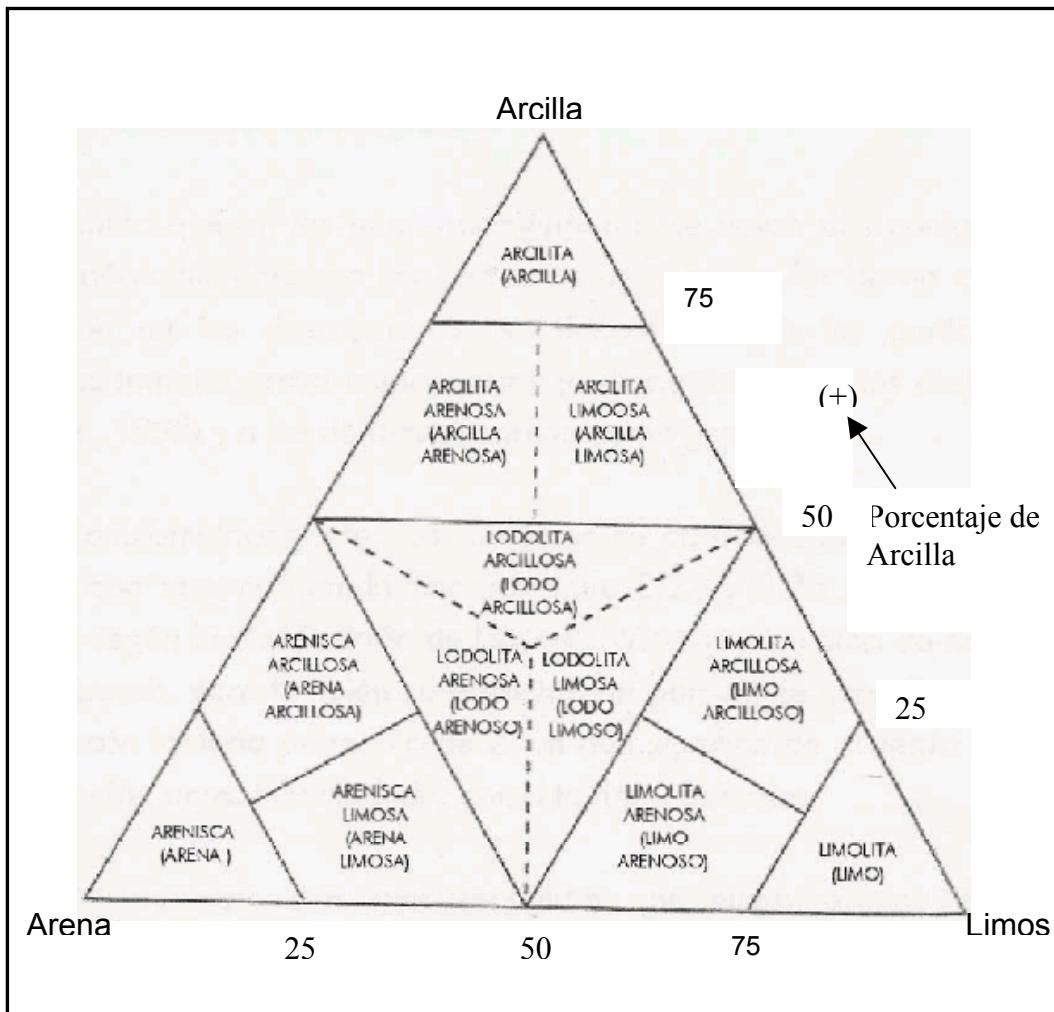
## **CAPÍTULO X: APENDICE A**

## APÉNDICE A.1

Fracción		Longitud de partícula (d)		Terminología de Clastos y Grados	
Sin Litificar	Litificado	mm	Φ		
G R A V A S	C O N G L O M E R A D O S	256	-12 -10 -8 -7	Peñones	
		64	-6 -5 -4	Peñas	
		16	-3	Guijarros	
		4	-2	Gránulos	
		2	-1		
		1	0	Arenas Muy Gruesas	
		1/2	1	Arenas Gruesas	
		1/4	2	Arenas Medias	
		1/8	3	Arenas Finas	
		1/16	4	Arenas Muy Finas	
		1/32	5	Limos Gruesos	
		1/64	6	Limos Medios	
		1/128	7	Limos Finos	
		1/256	8 9 10 11 12 13 14	Limos Muy Finos	
A R E N A S				Arcillas	
L I M O S					
A R C L L A S					

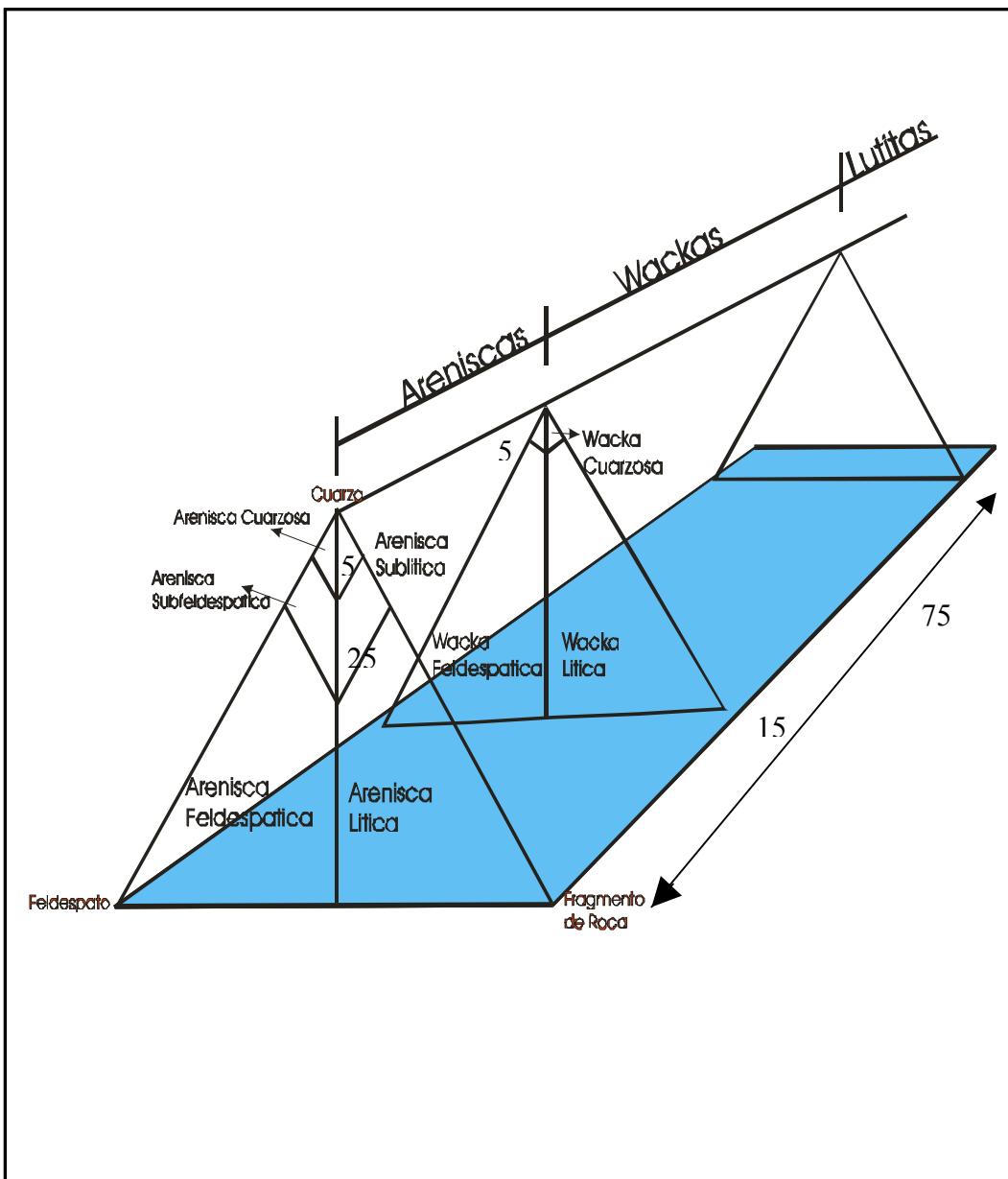
**APÉNDICE A.1.** Clasificación de rocas según el tamaño de grano de UDDEEN (1914) – WENTWORT (1922).

## APÉNDICE A.2



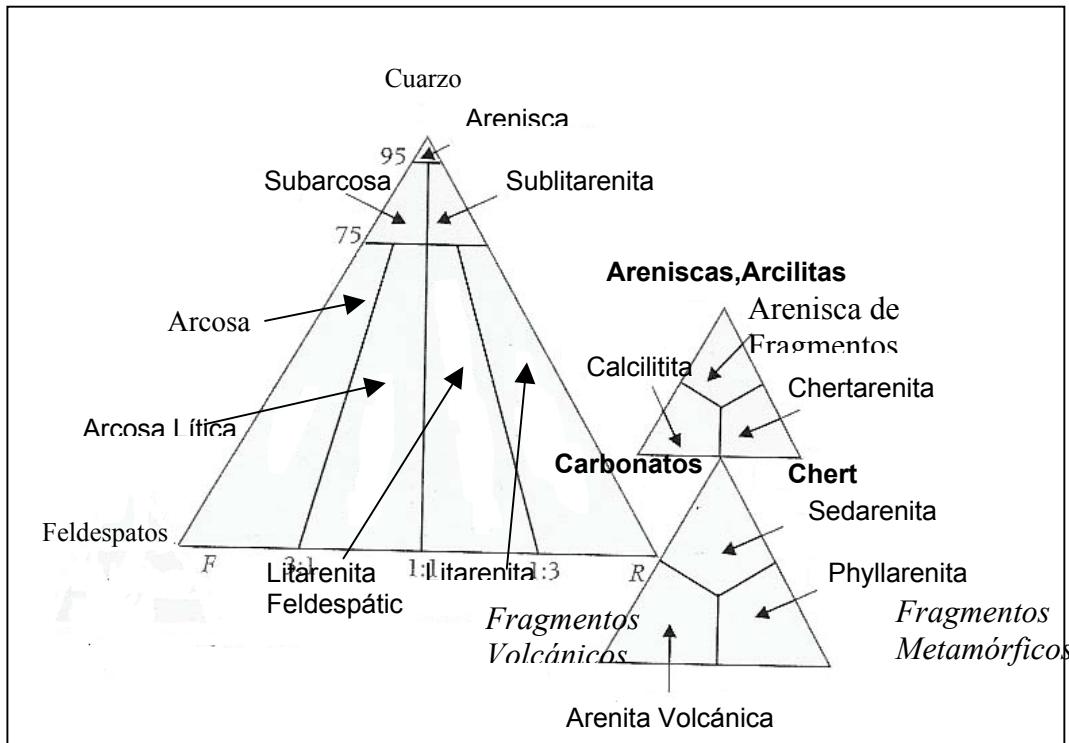
**APÉNDICE A.2.** Clasificación Textural De las rocas de grano finos y sedimentos de PICARD (1971).

### APÉNDICE A.3



APÉNDICE A.3. Clasificación Composicional de las areniscas de PETTIJOHN, et al. (1972) (Tomado y modificado de PETTIJOHN, et al. 1972).

## APÉNDICE A.4



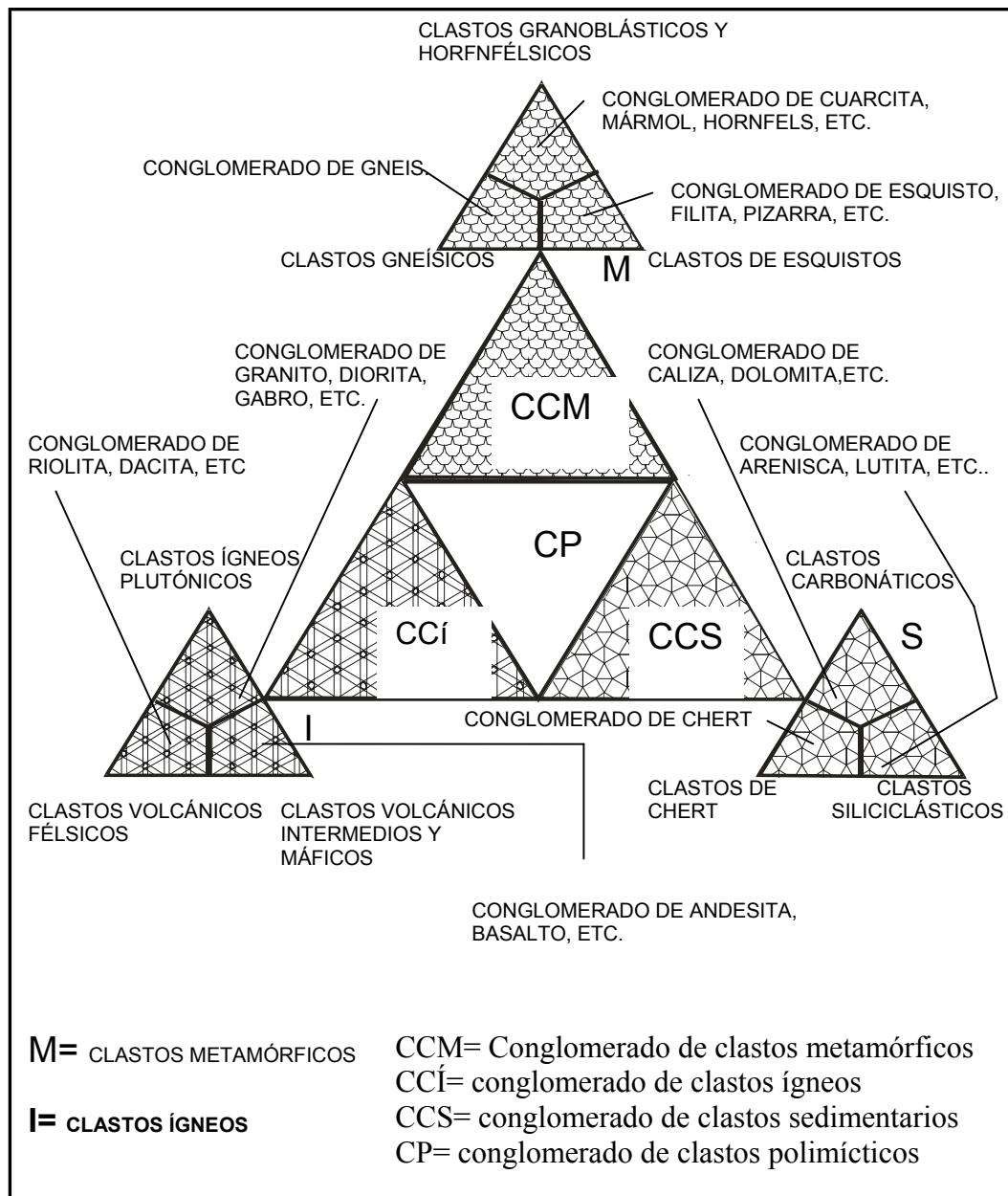
**APÉNDICE A.4.** Clasificación de areniscas de Folk, (1972) (Tomado y modificado de HIBBARD, (1997)).

## APÉNDICE A.5

SOPORTE	CLASIFICACIÓN
Matriz	Paraconglomerado
Clastos	Ortoconglomerado

**APÉNDICE A.5.** Clasificación de conglomerados según su fábrica de COLLINSON Y THOMPSON, (1982).

## APÉNDICE A.6



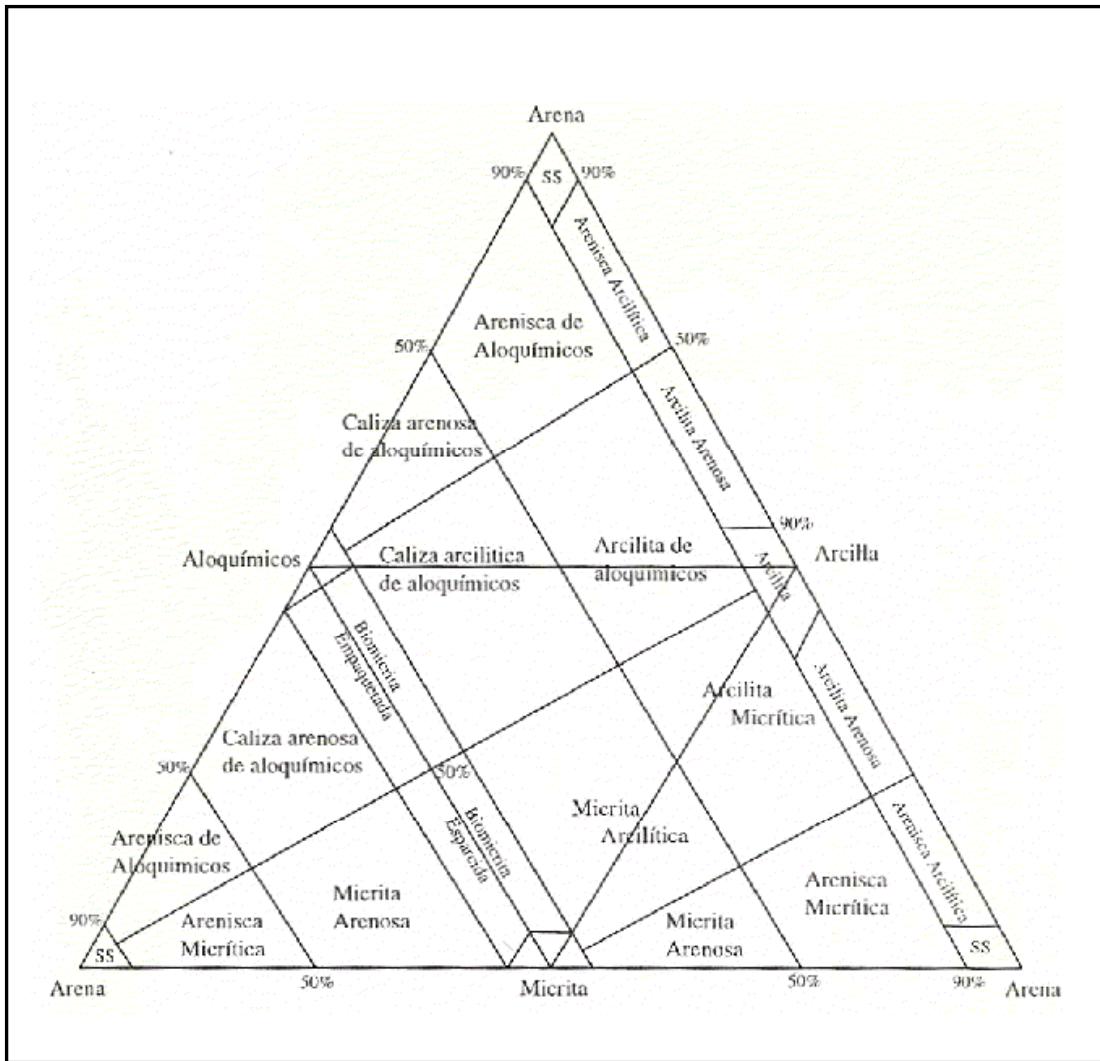
**APÉNDICE A.6.** Clasificación composicional de los conglomerados según la composición de los clastos (Tomado y modificado de BOGGS, 1992).

## APÉNDICE A.7

Los componentes originales no se encuentran juntos durante la deposición		Los componentes originales se encuentran juntos durante la deposición		Los componentes originales no se encuentran juntos durante la deposición				
Generalmente granos < 2 mm (arena y limo)		Organismos De formas ramosas que entrampan sedimentos	Organismos tabulares ó laminares que incrustan sedimentos	Organismos constructores primarios y secundarios de arrecifes	Más del 10% de granos mayores a 2			
Contiene lodo (matriz micrítica)	Carece de lodo				Contiene lodo			
< 10% de granos	> 10% de granos	Soportado por granos			Carece de lodos			
Soportado por lodos								
Mudstone	Wackstone	Packstone	Grainstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	Floatstone	Rudstone

**APÉNDICE A.7.** Clasificación textural de carbonatos de DUNHAM (1962), modificada por EMBRY Y KLOVAN (1971). (Tomado y modificado de NICHOLS, 1999).

## APÉNDICE A.8



APÉNDICE A.8. Clasificación de rocas carbonáticas de mezclas de MOUNT ,(1985).

## **CAPÍTULO XI: ANEXOS**