

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS GEOLÓGICO INTEGRADO EN LA FACIES NO-ROJA
DE LA FORMACIÓN LA QUINTA
(SECCIÓN DE CARRETERA JAJÍ-SAN JUAN), EDO. MÉRIDA.**

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Br. Mauricio Hernández
Para optar al título de
Ingeniero Geólogo

Caracas, Mayo de 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS GEOLÓGICO INTEGRADO EN LA FACIES NO-ROJA
DE LA FORMACIÓN LA QUINTA
(SECCIÓN DE CARRETERA JAJÍ-SAN JUAN), EDO. MÉRIDA.**

Tutor Académico: Ing. Paúl Romero
Co-tutor Académico: Ing. Ricardo Alezones
Tutor Industrial: Dr. Andrés Pilloud

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Br. Mauricio Hernández
Para optar al título de
Ingeniero Geólogo

Caracas, Mayo de 2003

Trabajo Especial de Grado aprobado a nombre de la Universidad Central de Venezuela por el siguiente jurado calificador:

Prof. Paúl Romero

Prof. Rafael Falcón

Prof. Alfredo Mederos

Mauricio Hernández

**ANÁLISIS GEOLÓGICO INTEGRADO EN LA FACIES NO-ROJA
DE LA FORMACIÓN LA QUINTA
(SECCION DE CARRETERA JAJÍ-SAN JUAN) ESTADO MÉRIDA.**

**Tutor Académico: Ing. Paúl Romero. Co-tutor Académico: Ing. Ricardo Alezones.
Tutor Industrial: Dr. Andrés Pilloud. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. 2003, 243pp.**

Frases claves: Rocas calcáreas lacustres con invasiones marinas, Potencial generador de hidrocarburos, Jurásico, Andes de Mérida.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el análisis evaluativo integrado de la facies no-roja de la Formación La Quinta, en el cual, se evaluó el ambiente de sedimentación, la edad, la posición estratigráfica, el potencial generador de hidrocarburos y la madurez termal de esta facies. El estudio se realizó en la sección de carretera Jají - San Juan, Estado Mérida.

El trabajo consistió en el levantamiento geológico a detalle de la zona de estudio, en los análisis petrográficos de secciones finas y muestras de mano, en las evaluaciones diagenéticas de secciones finas, en el análisis del material paleontológico, en la caracterización mineralógica de la fracción roca total y de la fracción menor de dos micras, en el estudio geoquímico del porcentaje del carbono orgánico total y en el análisis de la reflectancia de vitrinita.

Finalmente, se elaboró un mapa geológico de la zona de estudio. Se construyeron 36 columnas detalladas de secciones parciales. Se construyeron dos cortes estructurales de la zona de estudio. Se definieron 14 litofacies en la Formación La Quinta. Se determinó una diagénesis tardía en las rocas estudiadas. Se definieron cuatro facies: la Facies ***Roja*** (de ambiente fluvial, de cono aluvial), la Facies ***Naranja grisáceo*** (de ambiente fluvial, de corrientes entrelazadas), la Facies ***Gris Oscuro*** (de ambiente lacustre con invasiones marinas) y la Facies ***Gris claro*** (de ambiente de llanura de marea con invasiones marino someras) en la Formación La Quinta. La primera infrayace a la segunda y así sucesivamente. No obstante, las rocas Cretácicas se encuentra en contacto de falla con las rocas Jurásicas en el área de estudio. Se determinó una edad Jurásico Tardío, Titoniense para la Facies Gris oscuro. Se construyeron tres columnas compuestas y una columna sintética esquemática. El potencial de generación de hidrocarburos en la Facies Gris oscuro se determinó de “**muy buena**” a “**buena**”. La madurez termal se considera dentro del rango de “**generación y preservación del gas seco**”.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I: INTRODUCTORIO	1
1.1- Introducción.....	1
1.2- Objetivos.....	3
1.3- Ubicación.....	5
1.4- Metodología.....	7
1.4.1- Recopilación bibliográfica y cartográfica.....	7
1.4.2- Trabajo de campo.....	8
1.4.2.1- Reconocimiento vial y de seguridad.....	8
1.4.2.2- Reconocimiento geológico.....	9
1.4.2.3- Levantamiento geológico de afloramientos.....	10
1.4.2.4- Levantamiento geológico de secciones parciales.....	12
1.4.2.5- Ubicación geográfica de puntos de interés.....	16
1.4.3- Trabajo de oficina y laboratorio.....	19
1.4.3.1- Trabajo de oficina.....	19
1.4.3.2- Análisis de muestras de mano con la lupa binocular.....	20
1.4.3.3- Análisis de secciones finas con el microscopio.....	21
1.4.3.4- Análisis palinológico.....	22
1.4.3.5- Análisis de foraminíferos.....	25
1.4.3.6- Identificación de microfósiles.....	26
1.4.3.7- Caracterización mineralógica de la fracción roca total y de la fracción menor de dos micras.....	26
1.4.3.8- Análisis del porcentaje del carbono orgánico total.....	27

1.4.3.9- Análisis de reflectancia de vitrinita.....	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	32
2.1- Antecedentes.....	32
2.2- Geología regional.....	35
2.2.1- Litología.....	37
2.2.2- Paleoclima.....	42
2.2.3- Fósiles.....	43
2.2.4- Tectónica.....	44
2.2.5- Modelo de sedimentación.....	46
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	53
3.1- Geología local.....	53
Afloramiento 1.....	54
Afloramiento 2.....	55
Afloramiento 3.....	56
Afloramiento 4.....	57
Afloramiento 5.....	58
Sección parcial JSJ-36.....	59
Sección parcial JSJ-35.....	59
Sección parcial JSJ-34.....	61
Sección parcial JSJ-27.....	61
Afloramiento 6.....	62
Sección parcial JSJ-26.....	62
Afloramiento 7.....	63
Sección parcial JSJ-3.....	64

Afloramiento 8.....	65
Sección parcial JSJ-19.....	65
Afloramiento 9.....	66
Sección parcial JSJ-28.....	66
Afloramiento 11.....	67
Sección parcial JSJ-2.....	67
Sección parcial JSJ-29.....	69
Afloramiento 12.....	71
Sección parcial JSJ-1.....	71
Afloramiento 13.....	72
Sección parcial JSJ-25.....	73
Sección parcial JSJ-14.....	74
Sección parcial JSJ-13.....	76
Afloramiento 14.....	77
Sección parcial JSJ-24.....	78
Sección parcial JSJ-23.....	79
Sección parcial JSJ-22.....	80
Sección parcial JSJ-21.....	81
Sección parcial JSJ-20.....	81
Sección parcial JSJ-12.....	82
Sección parcial JSJ-11.....	83
Sección parcial JSJ-10.....	85
Sección parcial JSJ-9.....	87
Sección parcial JSJ-7.....	88

Sección parcial JSJ-8.....	90
Sección parcial JSJ-6.....	91
Sección parcial JSJ-5.....	93
Sección parcial JSJ-4.....	94
Afloramiento 15.....	95
Sección parcial JSJ-15.....	96
Afloramiento 16.....	97
Sección parcial JSJ-16.....	97
Sección parcial JSJ-33.....	99
Sección parcial JSJ-32.....	100
Sección parcial JSJ-31.....	101
Sección parcial JSJ-30.....	101
Afloramiento 17.....	102
Sección parcial JSJ-17.....	102
Afloramiento 18.....	104
Sección parcial JSJ-18.....	104
Afloramiento A-2.....	105
Afloramiento A-3.....	107
3.2- Geología estructural.....	109
Bloque tectónico meridional.....	109
Bloque tectónico central.....	114
Bloque tectónico septentrional.....	123
3.3- Petrografía.....	126
3.3.1- Litofacies en la Formación La Quinta.....	126

Litofacies M.....	127
Litofacies C.....	133
Litofacies SH.....	136
Litofacies SL1.....	139
Litofacies SL2.....	143
Litofacies SL3.....	144
Litofacies SL4.....	147
Litofacies S1.....	149
Litofacies S2.....	153
Litofacies G1.....	157
Litofacies G2.....	159
Litofacies G3.....	161
Litofacies D.....	165
Litofacies T.....	166
3.3.2- Petrografía en las rocas aledañas al área de estudio.....	170
3.4- Diagénesis.....	172
3.5- Paleontología.....	180
3.5.1- Análisis de microfósiles.....	180
3.5.1.1- Reconocimiento de palinomorfos.....	180
3.5.1.2- Reconocimiento de foraminíferos.....	182
3.5.2- Análisis de macrofósiles.....	183
3.6- Caracterización mineralógica.....	187
3.6.1- Caracterización mineralógica de la fracción roca total.....	187
3.6.2- Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras.....	190

3.7- Carbono orgánico total.....	191
3.8- Reflectancia de vitrinita.....	195
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	198
4.1- Asociaciones de litofacies.....	198
Facies rojo.....	199
En el bloque tectónico meridional.....	199
Interpretación sedimentológica.....	199
Resumen ambiental.....	200
En el bloque tectónico septentrional.....	200
Interpretación sedimentológica.....	201
Resumen ambiental.....	202
Intercalación de facies gris claro y rojo.....	202
Interpretación sedimentológica.....	203
Resumen ambiental.....	204
Facies naranja grisáceo.....	204
Interpretación sedimentológica.....	205
Resumen ambiental.....	206
Facies gris oscuro.....	206
En el bloque tectónico meridional.....	206
Interpretación sedimentológica.....	207
Resumen ambiental.....	208
En el bloque tectónico central.....	208
Interpretación sedimentológica.....	209
Resumen ambiental.....	212

En el bloque tectónico septentrional.....	212
Interpretación sedimentológica.....	213
Resumen ambiental.....	214
Intercalación de facies gris oscuro y gris claro.....	214
Interpretación sedimentológica.....	215
Resumen ambiental.....	216
Facies gris claro.....	216
Interpretación sedimentológica.....	217
Resumen ambiental.....	218
4.2- Interpretación sedimentológica y ambiental de la Facies gris oscuro.....	220
4.3- Capacidad generadora de hidrocarburos y madurez termal de la Facies gris oscuro.....	226
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	233
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	237
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	238
APÉNDICES	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio.....	5
Figura 2: Escala de tamaño de grano de la compañía SHELL.....	11
Figura 3: Microscopio de luz polarizada Zeiss.....	21
Figura 4: Ejemplo de una espora.....	23
Figura 5: Ejemplo de vitrinitas en la Muestra 10-8.....	29
Figura 6: Distribución de las rocas Jurásicas en Venezuela, WEC (1997).....	36
Figura 7: Cuadro de correlación de las unidades Jurásicas en Venezuela.....	37
Figura 8: Creación de océano.....	46
Figura 9: Afloramiento 1.....	55
Figura 10: Afloramiento 2.....	56
Figura 11: Afloramiento 3.....	57
Figura 12: Afloramiento 4.....	58
Figura 13: Afloramiento 5.....	60
Figura 14: Profundidades de la sección parcial JSJ-26.....	62
Figura 15: Profundidades de la sección parcial JSJ-3.....	65
Figura 16: Afloramiento 8.....	66
Figura 17: Afloramiento 9.....	67
Figura 18: Profundidades en la sección parcial JSJ-2.....	69
Figura 19: Sección parcial JSJ-29.....	70
Figura 20: Sección parcial JSJ-1.....	72
Figura 21: Sección parcial JSJ-25.....	73
Figura 22: Sección parcial JSJ-14.....	74

Figura 23: Calizas con estructura entrecruzada.....	75
Figura 24: Dique de arena en JSJ-13.....	77
Figura 25: Secciones parciales JSJ-23 y JSJ-24.....	78
Figura 26: Secciones parciales JSJ-20, 21, 22 y 23.....	80
Figura 27: Sección parcial JSJ-20.....	82
Figura 28: Sección parcial JSJ-12.....	83
Figura 29: Sección parcial JSJ-11.....	84
Figura 30: Secciones parciales JSJ-11 y JSJ-10.....	85
Figura 31: Sección parcial JSJ-10.....	86
Figura 32: Sección parcial JSJ-9 y JSJ-10.....	87
Figura 33: Sección parcial JSJ-7.....	90
Figura 34: Sección parcial JSJ-8.....	91
Figura 35: Sección parcial JSJ-6.....	92
Figura 36: Sección parcial JSJ-5.....	94
Figura 37: Sección parcial JSJ-4.....	95
Figura 38: Afloramiento 15.....	96
Figura 39: Sección parcial JSJ-16.....	98
Figura 40: Secciones parciales JSJ-30, 31, 32, 33 y JSJ-16.....	100
Figura 41: Afloramiento 17.....	103
Figura 42: Afloramiento 18.....	105
Figura 43: Afloramiento A-2.....	106
Figura 44: Afloramiento A-3.....	108
Figura 45: Plano de estrías de la <i>Falla 1</i>	110
Figura 46: <i>Falla 28</i>	113

Figura 47: Contacto de falla entre el bloque tectónico central y meridional.....	115
Figura 48 y 49: Pliegues secundarios en “S”	116
Figura 50: <i>Falla 13/14</i>	116
Figura 51: <i>Falla 21/22</i>	117
Figura 52: <i>Falla 11/12</i>	119
Figura 53: <i>Falla 8 y la Falla 7/9</i>	120
Figura 54: <i>Falla 6/7</i>	120
Figura 55: Sistema de fallas del afloramiento 16.....	122
Figura 56: Fallas en afloramiento 18.....	124
Figura 57 y 58: Estilolitas y varvas en Litofacies M.....	128
Figura 59: Estéridos en Litofacies M.....	132
Figura 60 y 61: Fallas normales sinsedimentarias y estilolitas en Litofacies L.....	134
Figura 62: Vetas de calcita en escalón y estilolitas en Litofacies L.....	135
Figura 63: Madriguera rellena por arena en Litofacies SH.....	137
Figura 64 y 65: Convoluta y escape de fluidos en Litofacies SL1.....	141
Figura 66: Horizonte de pirita en Litofacies SL1.....	142
Figura 67: Limolita arcillosa de la Litofacies SL3.....	145
Figura 68: Fracturamiento de granos y formación de pseudomatriz en Litofacies SL3....	146
Figura 69: Limolita arcillosa de la Litofacies SL4.....	148
Figura 70: Estratificación flaser en Litofacies S1.....	150
Figura 71: Reemplazo de calcita en granos de plagioclasa en Litofacies S1.....	152
Figura 72: Sobrecrecimiento de cuarzo en continuidad óptica en Litofacies S1.....	152
Figura 73: Gradación normal e imbricación en Litofacies S2.....	155
Figura 74: Deformación de granos dúctiles y contactos suturados en Litofacies S2.....	156

Figura 75: Extraña textura en fragmento de granito en Litofacies G1.....	158
Figura 76: Porosidad parcial por disolución en feldespatos de la Litofacies G2.....	160
Figura 77: Deformación de granos y formación de pseudomatriz en Litofacies G3.....	164
Figura 78: Dolomía calcárea diagenética de la Litofacies D.....	165
Figura 79: Veta de dolomita en Litofacies D.....	166
Figura 80: Secuencia turbidítica Ta-c de la Litofacies T.....	167
Figura 81: Fragmento de alga en Litofacies T.....	168
Figura 82: Sobrecrecimiento de cuarzo.....	172
Figura 83: Cristales de dolomita.....	173
Figura 84: Alteración de microclino a arcilla del tipo illita/esmectita.....	175
Figura 85: Calcitización en cuarzo.....	175
Figura 86: Disolución parcial de carbonato.....	176
Figura 87: Contacto suturado.....	177
Figura 88: Estilolitas cortando vetas de calcita.....	178
Figura 89: <i>¿Mendicodinium sp.</i>	180
Figura 90: <i>Cicatricosisporites sp.</i>	181
Figura 91: <i>¿Batioladinium sp.</i>	182
Figura 92: <i>¿Briozoa</i>	183
Figura 93: <i>¿Oncooides</i>	184
Figura 94: Fragmento de algas verdiazules.....	184
Figura 95: Ostrácodo o estérido.....	184
Figura 96: Resto de planta.....	185
Figura 97: Fósil indeterminado.....	186
Figura 98: Roca con 5,05 % de COT.....	193

Figura 99: Vitrinitas en la muestra 10-147.....	195
Figura 100: Vitrinitas en la muestra J-2.....	196
Figura 101: Columna sintética esquemática de la Formación La Quinta.....	219
Figura 102: Sección idealizada de las Facies de la Formación La Quinta.....	223
Figura 103: Mapa de afloramientos de la facies no-roja de la Formación La Quinta.....	228

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Primera descripción macroscópica de la Litofacies M.....	128
Tabla 2: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies M.....	130
Tabla 3: Descripción microscópica textural de la Litofacies M.....	132
Tabla 4: Descripción microscópica composicional de la Litofacies M.....	133
Tabla 5: Primera descripción macroscópica de la Litofacies L.....	134
Tabla 6: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies L.....	135
Tabla 7: Descripción microscópica textural de la Litofacies L.....	136
Tabla 8: Descripción microscópica composicional de la Litofacies L.....	136
Tabla 9: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SH.....	137
Tabla 10: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SH.....	137
Tabla 11: Descripción microscópica textural de la Litofacies SH.....	138
Tabla 12: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SH.....	139
Tabla 13: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL1.....	139
Tabla 14: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL1.....	140
Tabla 15: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL1.....	142
Tabla 16: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SL1.....	143
Tabla 17: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL2.....	144
Tabla 18: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL2.....	144
Tabla 19: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL3.....	145
Tabla 20: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL3.....	145
Tabla 21: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL3.....	147
Tabla 22: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SL3.....	147

Tabla 23: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL4.....	148
Tabla 24: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies SL4.....	148
Tabla 25: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL4.....	148
Tabla 26: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL4.....	149
Tabla 27: Primera descripción macroscópica de la Litofacies S1.....	150
Tabla 28: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies S1.....	151
Tabla 29: Descripción microscópica textural de la Litofacies S1.....	152
Tabla 30: Descripción microscópica composicional de la Litofacies S1.....	153
Tabla 31: Primera descripción macroscópica de la Litofacies S2.....	154
Tabla 32: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies S2.....	154
Tabla 33: Descripción microscópica textural de la Litofacies S2.....	156
Tabla 34: Descripción microscópica composicional de la Litofacies S2.....	156
Tabla 35: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G1.....	157
Tabla 36: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G1.....	157
Tabla 37: Descripción microscópica textural de la Litofacies G1.....	158
Tabla 38: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G1.....	158
Tabla 39: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G2.....	159
Tabla 40: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G2.....	159
Tabla 41: Descripción microscópica textural de la Litofacies G2.....	160
Tabla 42: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G2.....	160
Tabla 43: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G3.....	161
Tabla 44: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G3.....	162
Tabla 45: Descripción microscópica textural de la Litofacies G3.....	164
Tabla 46: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G3.....	164

Tabla 47: Primera descripción macroscópica de la Litofacies D.....	165
Tabla 48: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies D.....	165
Tabla 49: Descripción microscópica textural de la Litofacies D.....	166
Tabla 50: Descripción microscópica composicional de la Litofacies D.....	166
Tabla 51: Primera descripción macroscópica de la Litofacies T.....	167
Tabla 52: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies T.....	167
Tabla 53: Descripción microscópica textural de la Litofacies T.....	168
Tabla 54: Descripción microscópica composicional de la Litofacies T.....	168
Tabla 55: Primera descripción macroscópica de las rocas aledañas al área de estudio.....	170
Tabla 56: Secunda descripción macroscópica de las rocas aledañas al área de estudio....	170
Tabla 57: Descripción microscópica textural de las rocas aledañas al área de estudio.....	171
Tabla 58-a: Descripción microscópica composicional de las rocas aledañas al área de estudio (siliciclastos).....	171
Tabla 58-b: Descripción microscópica composicional de las rocas aledañas al área de estudio (carbonatos).....	171
Tabla 59a: Caracterización mineralógica de la fracción Roca Total.....	187
Tabla 59b: Caracterización mineralógica de la fracción Roca Total.....	189
Tabla 60a: Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras.....	190
Tabla 60b: Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras.....	190
Tabla 61: Porcentaje del Carbono Orgánico Total.....	191
Tabla 62: Porcentaje COT en las rocas aledañas al área de estudio.....	192
Tabla 63a: Promedio del % COT con valores <i>mayores a 2.0</i>	193
Tabla 63b: Promedio del % COT con valores <i>entre 2.0 y 1.0</i>	193
Tabla 63c: Promedio del % COT con valores <i>entre 2.0 y 1.0</i>	194

Tabla 63d: Promedio del % COT con valores <i>menores a 1.0</i>	194
Tabla 64a: Reflectancia de vitrinita en rocas dentro del área de estudio.....	195
Tabla 64b: Reflectancia de vitrinita en rocas aledañas al área de estudio.....	196
Tabla 65a: Temperatura máxima de soterramiento en el rango <i>190°-200°C</i>	196
Tabla 65b: Temperatura máxima de soterramiento en el rango <i>220°-230°C</i>	196
Tabla 65c: Temperatura máxima de soterramiento en el rango <i>230°-240°C</i>	197

ÍNDICE DE APENDICES

Apéndice A: Clasificación de rocas según el tamaño de grano, ATTERBERG (1904) y WENTWORTH (1922).

Apéndice B: Espesores de las capas, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice C: Clasificación de conglomerados y brechas según el porcentaje de matriz, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice D: Clasificación textural de carbonatos, DUNHAM (1962).

Apéndice E: Clasificación de calizas y dolomías según el porcentaje de calcita y dolomita, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice F: Clasificación textural de carbonatos, FOLK (1959).

Apéndice G: Clasificación de rocas carbonáticas de mezcla, MOUNT (1985).

Apéndice H: Clasificación de rocas intermedias siliciclásticas-carbonáticas, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice I: Clasificación de la redondez y esfericidad, KRUMBEIN y SLOSS (1995).

Apéndice J: Clasificación de la redondez y esfericidad, POWERS (1953).

Apéndice K: Clasificación de las rocas de granos finos y sedimentos, PICARD (1971).

Apéndice L: Clasificación composicional de las areniscas, PETTIJOHN et al (1972).

Apéndice M: Simbología de las rocas sedimentarias, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice N: Simbología de estructuras sedimentarias y fósiles, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

CAPÍTULO I: INTRODUCTORIO

1.1- INTRODUCCIÓN:

Venezuela tiene la necesidad de explorar y producir sus recursos económicos, de los cuales los más importantes son sus hidrocarburos. Para la explotación de los mismos se deben registrar y comprender los procesos geológicos que los han formado, y evaluar las áreas que sean de interés petrolero. Por otra parte, diversos autores han estudiado la secuencia de edad Triásico y Jurásico en los Andes de Mérida (Formación La Quinta) en donde siempre se ha hecho referencia a las capas rojas. No obstante, pocos autores han estudiado la facies no-roja de esta unidad litoestratigráfica. GHOSH y ODREMAN (1980) al igual que SANZ y SÁNCHEZ (1999) han identificado lutitas y calizas oscuras a negras, en los alrededores de Mérida. Sin embargo, no se ha publicado aún un estudio geoquímico que evalúe su potencial petrolero como roca madre. De aquí la necesidad de complementar los estudios anteriores y realizar un análisis geoquímico que pueda responder a los intereses petroleros.

El presente trabajo consiste en el análisis integrado de la facies no-roja de la Formación La Quinta, en la sección de carretera Jají - San Juan, Estado Mérida. Se evaluará su ambiente de sedimentación, edad y posición estratigráfica dentro de la Formación La Quinta, su calidad como roca madre, el grado de diagénesis y su madurez termal con respecto a rocas cretácicas ubicadas en el área de estudio. Para la realización de este trabajo se efectuó un levantamiento geológico de precisión centimétrica, con toma de fotos y muestras de mano. Posteriormente, se definieron litofacies a través de la descripción de las muestras de mano, de los análisis petrográficos de secciones finas con conteo modal y de la caracterización mineralógica de la fracción roca total. Las litofacies en conjunto con el análisis del material paleontológico sirven para interpretar las asociaciones de litofacies, los ambientes de sedimentación, la edad y la posición estratigráfica de las rocas estudiadas dentro de la columna de la Formación La

Quinta. Finalmente se realizaron análisis de laboratorio para determinar el porcentaje del carbono orgánico total (%COT), que conjuntamente con la caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras, el análisis de reflectancia de vitrinita y la descripción diagenética de las secciones finas, ayudaron a interpretar el potencial generador de hidrocarburos de estas posibles rocas madres. Además, se comparó la madurez termal de estas rocas, con rocas cretácicas ubicadas en las adyacencias de la zona de estudio.

1.2– OBJETIVOS:

1.2.1 – Objetivo general:

El objetivo general del presente trabajo es realizar un estudio geológico integrado en la facies no-roja de la Formación La Quinta, en la sección de carretera Jají - San Juan, estado Mérida, evaluando las características petrográficas, sedimentológicas, estratigráficas y geoquímicas.

1.2.2 – Objetivos específicos:

Este trabajo tienen trece objetivos específicos:

1. Ubicar geográficamente los puntos de interés en la zona de estudio, con una precisión de 2cm, en el sistema de referencias SIRGAS-REGVEN, establecido por el INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR (1995).
2. Realizar el levantamiento geológico y de secciones parciales con datos litológicos, sedimentológicos, paleontológicos, estructurales y de radioactividad gamma.
3. Recolectar muestras de mano en la zona de estudio.
4. Describir y clasificar las muestras tomadas en campo a través del:
 - Análisis con la lupa binocular de muestras de mano seccionadas.
 - Análisis con el microscopio petrográfico de secciones finas y de reflectancia de vitrinita (Ro).
 - Análisis de laboratorio del porcentaje de carbono orgánico total (actual) y difracción de rayos X de roca total y de la fracción menor de dos micras.
 - Análisis paleontológico de macrofósiles, palinomorfos y foraminíferos.
5. Definir las Litofacies dentro de la Formación La Quinta.
6. Elaborar las diferentes columnas detalladas a escala 1:200.
7. Construir el mapa geológico a escala 1:500.
8. Elaborar cortes estructurales a escala 1:500.

9. Construir las diferentes columnas compuestas a escala 1:200.
10. Definir las asociaciones de litofacies dentro de la Formación La Quinta.
11. Interpretar las características sedimentológicas y ambientales de las facies de la Formación La Quinta.
12. Formular una columna sintética esquemática que represente la posición estratigráfica y cronológica de las facies de la Formación La Quinta.
13. Integrar los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de laboratorio, a fin de establecer conclusiones respecto al potencial generador de hidrocarburos en la facies no-roja de la Formación La Quinta.

1.3- UBICACIÓN:

El área de estudio comprende una sección de carretera entre los pueblos Jají y San Juan, en el Estado Mérida, en la zona central de los Andes de Mérida (ver Figura 1).

En la sección de carretera Jají-San Juan se presentan estratos de la facies no-roja de la Formación La Quinta. Los afloramientos son de fácil acceso y presentan una exposición amplia de los estratos y de las estructuras geológicas. La formación La Quinta representa una secuencia de estratos, que fueron depositados en la parte septentrional de Sudamérica, durante el Triásico Tardío y Jurásico en surcos de ruptura (GONZALEZ DE JUANA *et al*, 1980).

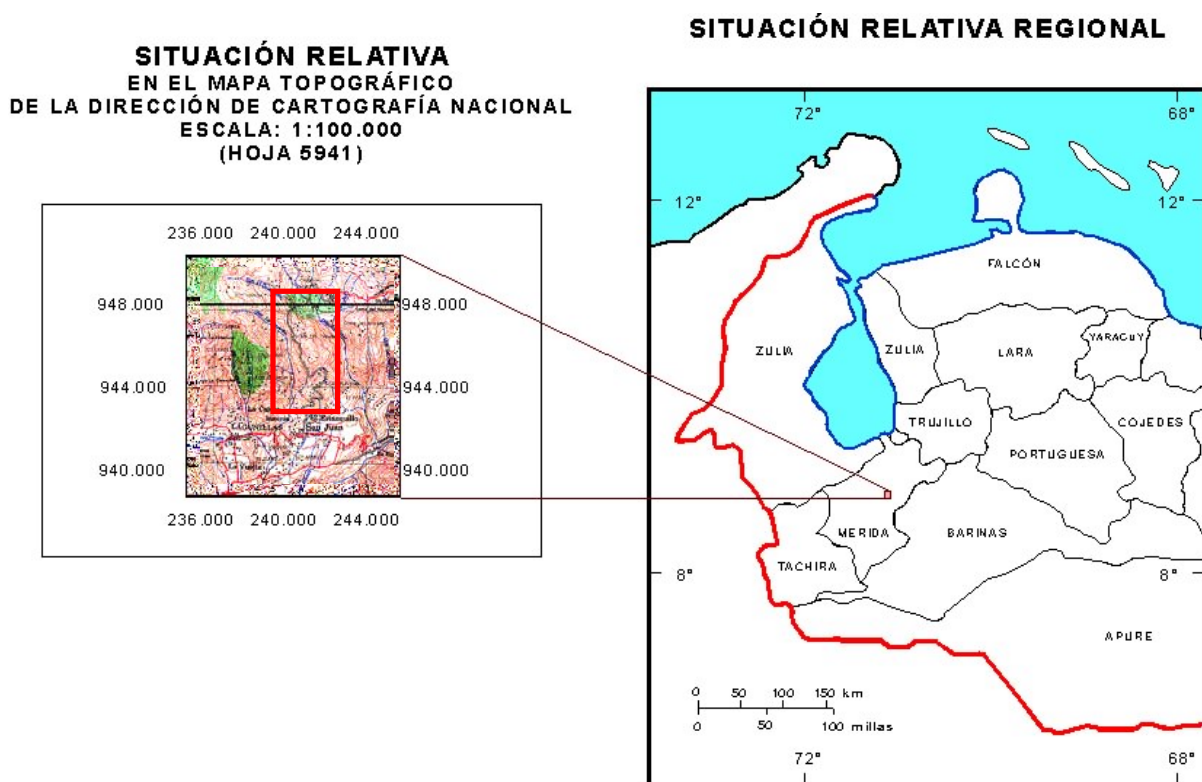


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

La facies no-roja de la Formación La Quinta se ubica a unos 10Km de la población de Jají y a unos 6Km de la población de San Juan.

La zona de estudio geográficamente está ubicada:

Coordenadas UTM: entre el (N: 941.000) y el (N: 950.000).

y entre el (E: 239.000) y el (E: 243.000).

Coordenadas Geográficas: Latitud, entre ($8^{\circ}30'00''\text{N}$) y ($8^{\circ}35'00''\text{N}$).

Longitud, entre ($71^{\circ}20'00''\text{O}$) y ($71^{\circ}23'00''\text{O}$).

Cabe destacar que también fueron estudiadas algunas rocas de edad Jurásica y Cretácica tomadas en las cercanías del pueblo de Jají, a fin de poder establecer comparaciones de reflectancia de vitrinita y de mineralogía de arcilla.

1.4– METODOLOGÍA:

La metodología del presente trabajo se describe en tres etapas principales: recopilación bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo y trabajo de oficina y laboratorio.

1.4.1 – Recopilación bibliográfica y cartográfica:

En esta etapa se realiza la búsqueda, recolección y estudio de la documentación existente referida a la zona de trabajo, la selección de las hojas, de los mapas topográficos y de los mapas geológicos, el estudio de las fotos aéreas y la adquisición de las coordenadas de la ubicación del punto GPS que a su vez, sirvió de base para el levantamiento geográfico de puntos de interés.

- Hoja del mapa topográfico, a escala 1:100.000:

5941

- Hojas del mapa topográfico, a escala 1:25.000:

5941 – IV – SE y 5941 – IV – SO

- Hoja del mapa geológico, a escala 1:50.000:

F-3-D de CREOLE PETROLEUM CORPORATION

- Fotos aéreas, a escala 1:35.000:

010480 1408, 010480 1409 y 010480 1410

- Punto GPS utilizado, según el sistema de referencia REGVEN (1995):

Punto 11 (Chiguará).

Ubicación del material bibliográfico:

Biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV, Biblioteca de la Escuela de Geología de la ULA, Biblioteca de INTEVEP (CIT), Ministerio de Energía y Minas (INGEOMIN), INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR, Internet.

1.4.2 - Trabajo de campo:

El trabajo de campo se realizó en cinco sub-etapas, caracterizadas por las siguientes actividades: reconocimiento vial y de seguridad, reconocimiento geológico, levantamiento geológico de afloramientos, levantamiento geológico de secciones parciales y ubicación geográfica de puntos de interés.

1.4.2.1 – Reconocimiento vial y de seguridad:

El reconocimiento vial y de seguridad se realizó en los primeros días, en los cuales se obtiene la ubicación de la zona de estudio, la ubicación de clínicas, hospitales, organismos policiales, destacamentos militares y lugares de hospedaje. Además, el personal de campo se presenta ante los miembros responsables en las instituciones visitadas. Con la información recolectada

se redacta el “Plan de Emergencia”. Este plan contiene números de teléfonos, direcciones, nombres de agentes de seguridad y horarios para la adecuada prevención en casos de emergencia, como pueden ser: accidentes, enfermedades, mordeduras de serpiente, robo y hurto.

1.4.2.2 – Reconocimiento geológico:

El reconocimiento geológico tuvo como finalidad ubicar y definir en campo los afloramientos a levantar, así como, establecer el grado de detalle requerido para la recolección de los datos y toma de muestras de mano. En esta actividad se recorrió el área de estudio y se generó un mapa de afloramientos mediante una poligonal, con el uso de la brújula geológica Brunton y el uso de la cinta métrica.

Las zonas cubiertas por vegetación o por una capa delgada de suelo fueron descubiertas con el uso del machete, la pala, el pico y la piqueta y finalmente son barridas con una escoba. De esta manera se pusieron al descubierto características geológicas que estaban ocultas.

En la libreta de campo se realizaron croquis en planta, para mostrar la distribución y ubicación de los cuerpos rocosos con respecto a puntos de referencia y se realizaron croquis en perfil, perpendicular al rumbo de las capas, para mostrar las estructuras geológicas.

A través del reconocimiento geológico se establecieron dos tipos de levantamientos según el grado de detalle que se requiera, así tenemos: levantamientos geológicos de afloramientos y levantamientos geológicos de secciones parciales.

El levantamiento geológico de afloramientos se utilizó para aquellos afloramientos que no necesitaban de un alto grado de detalle, bien sea por sus características monótonas, por su

poca importancia en los objetivos que busca la investigación, o sencillamente porque dichas rocas sólo complementan la información que evidencia la sección de interés.

El levantamiento geológico de secciones parciales se utilizó para afloramientos que requerían de un alto grado de detalle, esto puede deberse a la complejidad o variedad litológica, paleontológica, estratigráfica y/o estructural. También para aquellos casos donde se requiere identificar algún fenómeno o evidencia específica, como lo puede ser un fósil, una máxima superficie de inundación, un subambiente sedimentario o un litotipo característico.

Los levantamientos geológicos de afloramientos y de secciones parciales se realizaron con la finalidad de crear un mapa geológico descubierto y generar los cortes estructurales. Adicionalmente, el levantamiento geológico de secciones parciales sirve para producir las columnas detalladas.

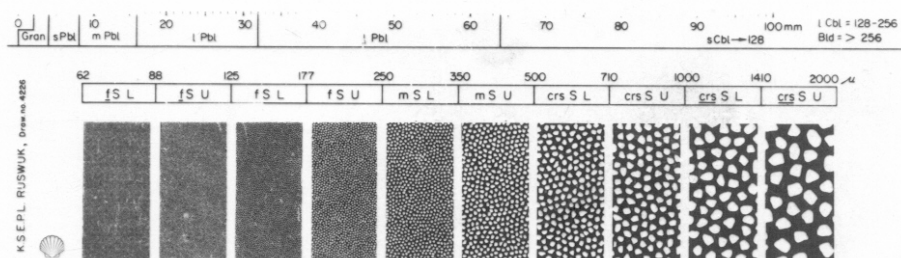
1.4.2.3 – Levantamiento geológico de afloramientos:

En esta actividad se describieron los estratos de las rocas estableciendo unidades de descripción que poseían características litológicas semejantes. Para establecer los contactos entre las unidades se recorrió el afloramiento de tope a base, buscando diferencias que puedan ser utilizadas como criterios para distinguir cada unidad. Estos criterios pueden ser litológicos, el color o el contenido fósil. En el caso del presente trabajo se describieron siete afloramientos de tope a base de la siguiente manera:

1. Para cada unidad de descripción previamente identificada se anotaron en la libreta de campo los litotipos presentes y sus características. Estas características pueden ser: el tamaño de grano promedio y máximo de los componentes siliciclásticos

mayores a dos milímetros, según la escala de tamaño de grano de la compañía SHELL (ver Figura 2), la redondez, la esfericidad, la forma, los componentes comunes y los minerales accesorios, el color fresco y el color de meteorización, según la tabla de color de roca de MUNSEL, el tipo de fractura, la compactación y la porosidad cualitativa, la estratificación, las estructuras sedimentarias, diagenéticas y tectónicas, los fósiles, los ichnofósiles, los indicadores de hidrocarburos, el espesor de cada estrato y el espesor de cada paquete litológico o unidad de descripción. Finalmente, se describió el contacto basal con la próxima unidad de descripción.

Figura 2. Escala de tamaño de grano de la compañía SHELL.



2. Se obtuvieron datos de orientación de los planos geológicos (estratos, fallas, limbos de pliegue) y de las líneas geológicas (estrías) con la brújula Clar.
3. Se tomaron fotos panorámicas y fotos de detalle, con la descripción respectiva de cada foto en la libreta de campo.
4. Se colectaron muestras de mano para los análisis petrográficos y geoquímicos. La identificación de las muestras se realizó con una nomenclatura alfanumérica, de una letra diferente para cada afloramiento y de números consecutivos para las

muestras. Por ejemplo: C-1, C-2, C-3 y J-14. Se tomó una muestra por cada unidad de descripción, recolectándose en total 64 muestras de mano en esta actividad.

5. Los límites de los afloramientos, los contactos entre las unidades de descripción, los lugares de medición de orientación de planos geológicos y los sitios de toma de muestras de mano se ubicaron en los croquis de planta y de perfil como rectas y puntos, respectivamente. Posteriormente, estas rectas y puntos se ubicaron geográficamente con los equipos de posicionamiento satelital.

1.4.2.4 – Levantamiento geológico de secciones parciales:

Las secciones parciales representan una secuencia de estratos que se ubican a lo largo de una travesía. Las secciones parciales están delimitadas por fallas sin control estratigráfico o por zonas cubiertas de estratos con un espesor mayor a dos metros (largo del metro plegable). Los datos recolectados y las muestras tomadas en la sección parcial se presentan como una columna estratigráfica en la libreta de campo, esta columna se subdivide en varias columnas (Tracks). Para este trabajo, todas las columnas detalladas son graficadas con el programa de computación RAGWARE. Finalmente, se describieron 36 secciones parciales de tope a base a lo largo de 19 afloramientos, siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Marcar puntos con pintura (roja), cada 40 centímetros de espesor a lo largo de la travesía de la sección parcial a estudiar, partiendo desde el tope hacia la base de la sección. Esta actividad se realizó con el metro plegable, usándolo como vara de Jacobo ubicándolo perpendicular al buzamiento de los estratos. En cada punto de la sección parcial se colocó un papel indicando (de manera visible) la profundidad en metros de cada marca roja.

2. Identificación de cada litotipo y sus calificativos dentro de la sección parcial, según la Leyenda Estratigráfica de PDVSA (1998). Entre estos tenemos: el tamaño de grano promedio y máximo de los componentes siliciclásticos mayores a dos milímetros, según la escala de tamaño de grano de la compañía SHELL, la redondez, la esfericidad, la forma, los componentes comunes y los minerales accesorios. También, se identificó el color fresco y el color de meteorización, según la tabla de color de roca de MUNSEL, el tipo de fractura, la compactación y la porosidad cualitativa, la estratificación, las estructuras sedimentarias, diagenéticas y tectónicas, los fósiles, los ichnofósiles, los indicadores de hidrocarburos (como el olor, las impregnaciones y las manchas), el espesor para cada litotipo y el tipo de contacto con el próximo litotipo a definir.
3. En la libreta de campo la nomenclatura, el estilo de redacción y las características geológicas, son representados con la simbología de los códigos del programa de computación RAGWARE, para entender en campo como se van a representar los resultados obtenidos de las columnas detalladas. Por lo tanto, en la libreta se trazaron las columnas (tracks) de la columna estratigráfica, en este trabajo se definen nueve columnas. En la primera columna se anotaron las profundidades en metros de la sección parcial, una línea por cada 40 centímetros. En la segunda columna se dibujó la columna de meteorización. En la tercera columna se anotó el litotipo de cada estrato, identificando la separación de cada litotipo diferente por un segmento horizontal en su debida profundidad. Para la anotación de estratos menores a 40 centímetros se estableció un paquete que contenga todos los litotipos presentes de manera porcentual. En la cuarta columna se indican las características de la estratificación y de las estructuras sedimentarias, diagenéticas y tectónicas en su debida profundidad. En la quinta columna se anotaron los fósiles e ichnofósiles

en su debida profundidad. En la sexta columna se señalan la profundidad y la identificación de las muestras tomadas. En la séptima columna se anotó la profundidad promedio de los sitios donde se midieron las direcciones acimutales de buzamiento y los ángulos de buzamiento de los planos estratigráficos. En la octava columna se anotó el tamaño de grano promedio y máximo de los componentes siliciclásticos de cada litotipo. El tamaño de grano se realizó sistemáticamente cada diez centímetros respetando los contactos litológicos. En la novena columna se indicó la identificación de los puntos geográficos de interés ubicados con el equipo de posicionamiento satelital en su debida profundidad. En las paginas siguientes se señaló el color fresco y el color meteorizado de cada litotipo antes descrito y cualquier otra observación pertinente que complementa las características geológicas de la sección parcial.

4. Se realizó la medición del rayo gamma espectral cada 40 centímetros de espesor con el escintilómetro-espectrómetro, marca Scintrex, calibrado. Esta herramienta se calibra cada 30 a 60 minutos. En caso de una descalibración se repiten las mediciones realizadas durante este intervalo de tiempo. Las ventanas de mediciones son el conteo total (cps, conteo por segundo) mayor a 0,08 MeV para el TC1, mayor a 0,04 MeV para el TC2, entre 1,35 y 1,59 MeV para el K, entre 1,65 y 1,87 MeV para el U y entre 2,45 y 2,79 MeV para el T. Por cada estación se realizaron seis mediciones para cada ventana, obviando en las anotaciones el valor de la primera medición. Cada medición se realizó durante diez segundos. Los valores se promediaron en una tabla de Excel y luego se genera la curva del rayo gamma espectral que se presenta en las columnas detalladas. Esta labor se realizó en una computadora portátil. Dado el caso de que se tenga una incongruencia, se vuelve a medir el dato directamente del campo y se sustituye la medición errónea.

5. Se tomaron los datos de orientación de los estratos, con la brújula geológica Clar. Esta brújula mide la dirección en acimut del buzamiento y el ángulo de buzamiento de los planos geológicos. En cada estación se tomó un mínimo de cinco mediciones. Estas mediciones fueron promediadas.
6. Se tomaron fotos panorámicas y de detalle con una cámara digital. En la libreta de campo se identifica la imagen de la foto con la fecha, el diskette y el número de la foto. Además, se anotó la dirección en la cual se tomó la foto y se describen las características geológicas que se desean representar en las mismas. Luego, las fotos fueron interpretadas, dibujando y retocando con el programa de computación PowerPoint los puntos, las trazas y las superficies que representan fenómenos geológicos. Esta labor se realizó con una computadora portátil, para el dado caso en que no se aprecien las características geológicas que representaban, en este sentido, se vuelven a tomar las fotos en campo.
7. Se tomaron muestras de mano para los análisis petrográficos y geoquímicos. La identificación de las muestras se realizó con una nomenclatura numérica. En este trabajo, con el número diez en todas las secciones parciales, seguido por un número consecutivo para cada muestra. Por ejemplo: 10-1, 10-2, 10-3 y 10-234. La toma de muestras se realiza cada metro y medio aproximadamente, tomándose 234 muestras en esta actividad, e indicándose en la mayoría de los casos el tope y la base de dicha muestra.
8. Búsqueda sistemática de fósiles e ichnofósiles en los estratos de las secciones parciales. Los fósiles recolectados son envueltos en papel con tirro para protegerlos. Luego, en cada bolsa de muestra de mano, al igual que en la libreta de campo, se identifica el nombre de la sección parcial en que se encuentra el fósil, la profundidad y los grupos de fósiles que se presentan.

9. Los límites de los afloramientos, algunas profundidades de la sección parcial, los lugares de medición de orientación de planos geológicos y los sitios de toma de muestras de mano se ubicaron en los croquis de planta y de perfil como rectas y puntos, respectivamente. Posteriormente, estas rectas y puntos se ubicaron geográficamente con los equipos de posicionamiento satelital.

1.4.2.5 – Ubicación geográfica de puntos de interés:

La ubicación de los puntos de interés para el levantamiento geológico se realizó con el equipo de posicionamiento satelital GPS 4800, que posee una precisión de dos centímetros. Este equipo consiste de un navegador estacionario, tres navegadores móviles, un teodolito láser y un programa de computación para el almacenamiento, la visualización y el manejo de los datos.

El sistema de referencia SIRGAS-REGVEN es parte de un sistema de referencia internacional basado en posicionamientos satelitales, este sistema de referencia tiene como objetivo precisar y estandarizar la información geográfica de Venezuela. No obstante, el INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR es el ente encargado de brindar la información geográfica de los “puntos” establecidos para Venezuela. En este trabajo, el punto más cercano al área de estudio, establecido por el INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR en este sistema, es el **Punto 11** (Chiguará) teniendo una precisión de dos centímetros.

Para el levantamiento geográfico de puntos de interés se definieron dos grupos de trabajo, el grupo A y el grupo B. El grupo A, calibra el navegador estacionario sobre un punto conocido o un punto que tenga información sobre su ubicación geográfica, es decir, el punto 11.

Además, el navegador estacionario recibe la información de su ubicación geográfica por los satélites que se encuentren encima de él para ese momento. En este sentido, el navegador estacionario compara la ubicación que dictan los satélites con respecto a la ubicación del punto conocido, corrigiendo así, el patrón de error que arrojan los satélites. Este patrón de error en la ubicación de los puntos geográficos, dictados por los satélites de diferentes países en la ubicación de los puntos geográficos es un criterio del departamento de defensa de cada gobierno para la seguridad nacional.

Por otra parte, el grupo B realiza una poligonal que parte desde el punto conocido hasta llegar al área de estudio. Esta poligonal se construye con los navegadores móviles. Los navegadores móviles están en constante movimiento y se calibran segundo a segundo con la información que le envía el navegador estacionario a través de la onda de antena con la cual se comunican. Por lo tanto, ambos grupos deben trabajar paralelamente. Cabe mencionar, que los navegadores móviles, el navegador estacionario y el teodolito láser poseen un programa de memoria para almacenar todos los datos geográficos que se están generando en cada punto. Finalmente, cuando la poligonal realizada por los navegadores móviles llega al área de estudio se fijan estaciones o vértices con una estaca o clavo a lo largo de los afloramientos a estudiar. Estos vértices o estaciones deben colocarse con los bastones específicos del equipo GPS 4800 y son identificados con una nomenclatura individual para cada punto.

Una vez definidos los puntos geológicos y topográficos de interés, tanto en campo como en los croquis de planta y de perfil, se procedió a ubicarlos geográficamente con el equipo 4800. Para esta actividad, los grupos A y B establecen las características o fenómenos geológicos con el teodolito láser, identificando pausadamente y con precisión la ubicación de los puntos de interés. Para los límites de afloramientos se toman varios puntos, modelando la silueta del afloramiento. Para los contactos entre unidades de descripción o planos de fallas se toman tres

o mas puntos, modelando el plano geológico. Para las profundidades de las secciones parciales se toma uno o dos puntos que pertenezcan a la travesía de la sección parcial. Para los sitios donde se toman muestras de mano o en las estaciones donde se midieron planos geológicos se toma el punto de dicho lugar. Esta herramienta no necesita calibrarse con la información satelital, sino más bien, con los vértices o estaciones previamente definidos con los navegadores móviles. El teodolito láser también puede generar puntos vértices o puntos de apoyo en donde mejor se puedan visualizar las características geológicas y geográficas de los afloramientos y de las secciones parciales. La nomenclatura utilizada para el levantamiento geográfico de puntos de interés es la siguiente:

Los puntos vértices del levantamiento geográfico del área de estudio se nombran con una letra mayúscula “A”, “B”, “C” o “Z”.

Los puntos de apoyo, ubicados entre los vértices desde los cuales se visan puntos en el terreno con la teodolito láser se nombran “PA”.

Los puntos que indican la vía de la carretera Jají-San Juan se nombran “CARRETERA”.

Los puntos que indican el borde de una vía, o mas específicamente, el borde de una vía derecho o izquierdo se nombran “BV”, “BV-D” y “BV-I”, respectivamente.

Los puntos de límite de afloramientos, que representan la silueta de un afloramiento se nombran “LA”.

Los puntos claves, que indican una profundidad de interés dentro de una sección parcial se nombran “PC”.

Los puntos que representan el trayecto de una falla se nombran “F-#-#”. En éste, el primer número indica el afloramiento en donde se encuentra la falla y el segundo número indica el código de esa falla específica.

Los puntos que indican la estación en donde se miden las orientaciones de los planos geológicos se nombran “DAB- # - #”. En el cual, el primer número indica el afloramiento al cual pertenece y el segundo número indica el valor obtenido en la brújula.

Los puntos que indican el lugar en donde fue tomada una muestra de mano se nombran “M- #”. En estos, el número indica el código de la muestra.

1.4.3 – Trabajo de oficina y laboratorio:

En esta etapa se realiza la preparación, el montaje y el análisis de las muestras recolectadas en campo. Esta etapa consta de nueve sub-etapas: trabajo de oficina, análisis de muestras de mano con la lupa binocular, análisis de secciones finas con el microscopio, análisis palinológico, análisis de foraminíferos, identificación de macrofósiles, caracterización mineralógica de roca total y de la fracción menor de dos micras, análisis del porcentaje de carbono orgánico total y análisis de reflectancia de vitrinita.

1.4.3.1 – Trabajo de oficina:

Los datos recolectados en las libretas de campo se organizaron en tablas, en columnas estratigráficas a escala 1:200, en mapas geológicos a escala 1:500 y en fotos interpretadas, a

través de los programas de computación Excel, RAGWARE, CANVAS 7 y PowerPoint, respectivamente. Además, los cortes estructurales fueron elaborados en CANVAS 7 a escala 1:500 con el método Kink. Finalmente, las muestras de mano, las libretas de campo y los datos en computadora (tablas, columnas estratigráficas, mapas geológicos y fotos interpretadas) se encuentran en INTEVEP-PDVSA, en el centro de procesamiento de muestras, en la biblioteca y en la computadora personal de la sala ViPa del departamento EPAE, respectivamente.

1.4.3.2 – Análisis de muestras de mano con la lupa binocular:

Para el análisis de muestras de mano se analizaron 298 muestras con la lupa binocular, esta actividad sirve de base para seleccionar las muestras que van a ser analizadas por petrografía, por análisis bioestratigráficos y por análisis geoquímicos. La metodología para estudiar las muestras de mano comprende dos cortes (con la sierra punta de diamante), paralelos entre sí y perpendiculares a la estratificación. Una de las superficies del corte se sumerge en ácido clorhídrico al diez por ciento, durante diez segundos. Esta superficie se deja secar y se estudia bajo la lupa binocular. Con este método se reconocen fácilmente las componentes no solubles en el ácido (silicatos, óxidos, sulfuros y dolomita). Por lo tanto, con esta actividad se reconoce el porcentaje de los componentes no carbonáticos y el tamaño de grano en las rocas intermedias (siliciclásticas-carbonáticas). En esta superficie se procedió a la identificación de los litotipos, los componentes comunes y los minerales accesorios. Se estudió el tamaño de grano según la escala de tamaño de grano de la compañía SHELL, la forma, la redondez, el escogimiento y la esfericidad de los granos, el color fresco y el color de meteorización según la tabla de color de roca de MUNSEL, los fósiles y los ichnofósiles, las estructuras sedimentarias, tectónicas y diagenéticas y los indicadores de hidrocarburos.

1.4.3.3 – Análisis de secciones finas con el microscopio:

Con el microscopio de luz polarizada (ver Figura 3) se analizaron 73 secciones finas para la identificación de la composición mineralógica, los litotipos, las características texturales, los fragmentos fósiles y las evidencias diagenéticas de las rocas. Dependiendo de las características litológicas se procedió de diferente manera. A continuación se describen los análisis realizados:

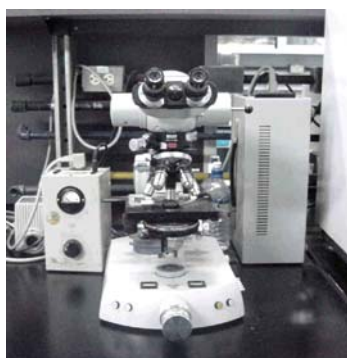


Figura 3. Microscopio de luz polarizada Zeiss.

- Para las areniscas (19 muestras), las limolitas (2 muestras) y los conglomerados (5 muestras), se realizó un estudio con la técnica del conteo modal de 400 puntos por muestra, para el conteo porcentual de sus componentes. En estas muestras se identificó: el litotipo, según PETTIJOHN (1972), PICARD (1971), COLLISON (1982), BOGGS (1992) y la Leyenda Estratigráfica de PDVSA (1998), el tamaño de grano promedio y máximo, según la Leyenda Estratigráfica de PDVSA (1998), el escogimiento, según PETTIJOHN *et al* (1972), la redondez, según POWERS (1953), los contactos entre los granos, según CORRALES (1977), la orientación de los granos y la porosidad, según SCHMIDT (1977). Además, en los análisis de secciones finas se cuantifican los componentes detríticos, la matriz, el cemento y los minerales autigénicos. Finalmente, se describen las estructuras sedimentarias, tectónicas y diagenéticas como lo son la recristalización, la cementación, la disolución, el

reemplazo, la alteración, la compactación, la deformación y el fracturamiento de granos y las estructuras de presión-solución.

- Para las arcilitas (14 muestras), las calizas (7 muestras), la dolomía (1 muestra) y las rocas de mezclas (24 muestras), se realizó un estudio con la técnica de la estimación visual de los componentes según CHILINGAR *et al* (1955). El litotipo de estas rocas se identificó según MOUNT (1985), PICARD (1971) y la Leyenda Estratigráfica de PDVSA (1998), el tamaño de grano promedio y máximo de los componentes siliciclásticos, según la Leyenda Estratigráfica de PDVSA (1998), los contactos entre los granos, según CORRALES (1977), la orientación de los granos y la porosidad, según SCHMIDT *et al* (1977). Además, en los análisis de secciones finas se cuantifican los componentes detríticos, la matriz, el cemento, los minerales autigénicos, los fósiles y los ichnofósiles (madrigueras). Igualmente, se reconocieron las estructuras sedimentarias, tectónicas y diagenéticas como lo son el neomorfismo, la cementación, la disolución, el reemplazo, la alteración, la compactación, la deformación de granos y las estructuras de presión-solución.

1.4.3.4 - Análisis palinológico:

Al igual que otras ramas de la micropaleontología, los palinomorfos pueden ser preservados en gran número y diversidad en los ambientes de sedimentación adecuados. Los palinomorfos pueden establecer la edad o un marco bioestratigráfico, en sedimentos continentales. Se entiende por palinomorfos cualquier entidad de origen biológico que esté presente en las preparaciones microscópicas sometidas a las técnicas palinológicas, tales como: polen, esporas (ver Figura 4), helechos, esporas de hongos, mandíbulas de gusanos marinos (escolecodontos), dinoflagelados, acritarcos, algas de agua dulce y membranas internas de foraminíferos. En esta fase se prepararon 35 muestras para el estudio de los palinomorfos. Las

muestras fueron tomadas a lo largo de la columna estratigráfica, para establecer la edad de las mismas.

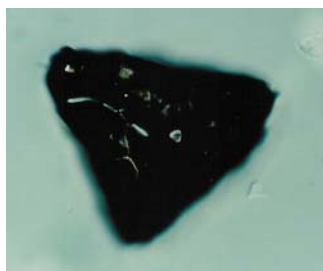


Figura 4. Ejemplo de una espora.

Cicatricosisporites sp. 100X. Lmáx 47 μ . Muestra 10-88. Coordenadas (12.5/70.2).

La preparación de muestras para análisis de Palinología, consiste en eliminar la fracción mineral y concentrar la materia orgánica. En el laboratorio de bioestratigrafía el proceso comienza cuando el cliente o solicitante, llena el formato, orden de trabajo con la información de las muestra a procesar y el analista le asigna un número, que funciona como número único de laboratorio para controlar y llevar un registro de todos y cada uno de los pozos que solicitan de nuestro servicio en el cuaderno de laboratorio.

- Uno de los métodos para preparar palinomorfos consiste en:
 - 1) Pesar 15-20grs de la muestra en un beaker de 250ml. Se debe pesar la muestra después de lavarla y triturarla, además se debe tomar nota de los pesos obtenidos.
 - 2) Calentar el ácido clorhídrico (HCl), en un beaker de vidrio de 500ml, aproximadamente a 50°C. Todos los ácidos deben manipularse dentro de la campana y se debe usar bata, guantes de neopreno, mascarilla para sustancias orgánicas y lentes de seguridad.
 - 3) Agregar lentamente el HCl a cada muestra esperando su reacción, hasta que ésta deje de reaccionar o se hayan agregado 25cc de HCl, dejándola reaccionar por un lapso de

- 12 horas, con el objeto de eliminar los carbonatos. Si se observa una reacción violenta en la muestra y ésta se derrama, se debe agregar una gotas de acetona para eliminar la tensión superficial entre las burbujas, se debe tomar nota de la reacción con el ácido por muestra.
- 4) Neutralizar y lavar la muestra con H₂O destilada, tres veces para eliminar el HCl.
 - 5) Repetir los pasos N° 2 y 3, pero con ácido fluorhídrico (HF), usando un beaker de teflón de 250ml para calentar el ácido, con el objeto de eliminar los silicatos presentes en la muestra.
 - 6) Neutralizar y lavar la muestra con H₂O destilada tres veces para eliminar el HF.
 - 7) Revisar en el microscopio la muestra, para determinar la presencia de cristales, si estos prevalecen se debe repetir la reacción con HF y HCl según sea el caso y se debe repetir el paso 4 ó 6 dependiendo del ácido empleado.
 - 8) Montar una lámina, que servirá para determinar las Palinofacies.
 - 9) Filtrar la muestra, pasándola a través de una malla de nylon de 10μ, lavando siempre con agua destilada.
 - 10) Recoger en un tubo de ensayo de vidrio la muestra que queda en la malla después de filtrarla, y montar una lámina, que servirá para determinar los Palinomorfos.
 - 11) Tomar una parte del material y revisarlo en el microscopio para determinar las condiciones de preservación del mismo. Es necesario tomar algunos criterios en consideración tales como la coloración del material (amarillo – marrón – negro), el tipo de material (amorfo – vitrinita – polen – esporas). Luego, en base a lo observado se toma la decisión de oxidarla. Se aplica al caso donde hallan palinomorfos recubiertos y estos sean de color marrón oscuro a negro.

● La oxidación consiste en:

- 1) Tomar aproximadamente la mitad de la muestra y colocarla en un beaker de vidrio de 80cc. Luego se agrega, poco a poco, ácido nítrico (HNO_3) a temperatura ambiente, observando su reacción. Si no hay reacción, se calienta la muestra con el ácido, aproximadamente entre 15 a 30 segundos, a unos 60°C , agregando un poco más de ácido a la muestra.
- 2) Neutralizar con agua destilada y filtrar.
- 3) Revisar al microscopio. Si con HNO_3 no se obtienen los resultados esperados (aclarar la muestra), se agregan unos 10cc de Schulze (solución de $\text{KClO}_3 + \text{NH}_3$), después de observar si hubo o no reacción, se neutraliza con agua destilada y se filtra.
- 4) Se monta una lámina con el material oxidado, observando al microscopio y si presenta ácido húmico producido en la oxidación, se agregan 20cc de hidróxido de potasio (KOH) para limpiar, sometiendo la muestra por 15 o 20 segundos a ultrasonido.
- 5) Filtrar y montar una lámina definitiva, que servirá para determinar los Palinomorfos.
- 6) Recoger la materia orgánica restante en un vial.

Después de haber concentrado la materia orgánica se procede a montar y limpiar las láminas, que son el producto final.

● La identificación del material palinológico fue llevado a cabo por Peter Hochuli de la ETH, Zurich (Suiza), Iraida Paredes y Diana Cabrera de PDVSA-INTEVEP.

1.4.3.5 - Análisis de foraminíferos:

Se lavaron y se estudiaron dos muestras para el estudio de foraminíferos y se analizaron dos secciones finas por este grupo fósil. Estas muestras fueron tomadas de secuencias de edad

Cretácica, ubicadas en las cercanías del pueblo de Jají, para de poder establecer la edad de las mismas.

- La preparación y la identificación de los foraminíferos estuvo a cargo de Maritza Canache de PDVSA-INTEVEP.

1.4.3.6- Identificación de macrofósiles:

El estudio de los macrofósiles se realizó en tres actividades. La primera actividad consiste en la búsqueda de macrofósiles en campo con la lupa de 20x. A lo largo del área de estudio se identificaron ostrácodos o estéridos y restos de plantas. La segunda actividad es el estudio petrográfico de 73 secciones finas, realizado con el microscopio, y el estudio petrográfico de 298 muestras de mano, realizado con la lupa binocular. La tercera actividad consiste en la identificación biográfica de 46 muestras de fósiles, recolectadas en campo.

- La identificación de los macrofósiles se llevó a cabo por el Dr. Oscar Odreman de la ULA, para la identificación de los restos de plantas, y por parte del Dr. Oscar Gallego de la FACENA-UNNE (Argentina), para la identificación de los estéridos.

1.4.3.7 – Caracterización mineralógica de la fracción roca total y de la fracción menor de dos micras (mineralogía de arcillas):

En este estudio, se analizaron 80 muestras para la caracterización mineralógica de la fracción *Roca Total*, con análisis cualitativos y semicuantitativos. Las muestras fueron tomadas de areniscas, arcilitas, limolitas, calizas y rocas de mezcla, ubicadas en diferentes niveles de la columna estratigráfica. Además, se analizaron 16 muestras para la caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras, “mineralogía de arcilla”, con análisis cualitativos y semicuantitativos. Las muestras fueron tomadas de arcilitas ubicadas en

diferentes partes de la columna, con el fin de obtener una mejor descripción de las arcillas y su evolución diagenética.

- La caracterización mineralógica de la fracción roca total y de la fracción menor de dos micras estuvo a cargo de Alberto Campos de PDVSA-INTEVEP.

1.4.3.8 – Análisis del porcentaje de carbono orgánico total (%COT):

El porcentaje del carbono orgánico total es la riqueza de materia orgánica (tanto soluble como insoluble) de una roca en porcentaje en peso de carbono orgánico. Este dato proporciona al geoquímico un resultado que permitirá caracterizarla y poder calcular su potencial generador de hidrocarburos. Se analizaron 57 muestras para la identificación del porcentaje de carbono orgánico total en diferentes profundidades de la columna estratigráfica. Este análisis permitió determinar las variaciones verticales del potencial generador de hidrocarburos.

La metodología para determinar el análisis de carbono orgánico total consiste en medir el contenido de materia orgánica por la combustión de la muestra, que transforma el carbono orgánico en CO₂ (atmósfera de oxígeno).

- La preparación de las muestras para medir el %COT consiste en:
 - 1) Pulverizar la muestra de roca.
 - 2) Pesar en un beaker de 100 ml, alrededor de 400 mg de la muestra a analizar.
 - 3) Preparar una solución de HCl de 2N y una de NaOH de 1.3N
 - 4) Agregar 20ml de HCl de 2N al beaker que contiene la muestra.
 - 5) Si han quedado sólidos en suspensión después de haber agregado HCl, se debe agregar un poco de acetona analítica. Tapar el beaker con un trozo de papel de aluminio al cual se le han hecho pequeños orificios.
 - 6) Colocar el beaker en una plancha de calentamiento durante 3 horas, a una temperatura entre 45-50°C.

- 7) Enfriar la solución durante 15 minutos, aproximadamente.
- 8) Titular la solución con NaOH 1.3N.
- 9) Titular 3 alícuotas de 20ml de HCl de digestión para conocer la concentración exacta de ésta.
- 10) Titular 3 alícuotas de 10ml (emplear la pipeta volumétrica de 10ml) de HCl 1N (Tritisol) para determinar la concentración del NaOH usado. Todas las titulaciones se realizan en el titulador 960 Orion.
- 11) Dejar decantar la solución durante 15 minutos, aproximadamente, hasta que el residuo haya sedimentado.
- 12) Proceder a filtrar al vacío la solución a través de los crisoles porosos.
- 13) Ubicar el crisol con el residuo obtenido en la estufa a 45°C, hasta el día siguiente.
- 14) Transcurrido este tiempo, la muestra se encuentra en condiciones para ser analizada por el equipo de determinación del porcentaje de carbono orgánico total (%COT).

Una vez acondicionada la muestra para ser medida, se procede a trabajar con el determinador de carbono orgánico total.

- Esta labor estuvo supervisada por Carmen Zambrano y Oswaldo Gallango de PDVSA-INTEVEP.

1.4.3.9 – Análisis de reflectancia de vitrinita “Ro”:

La reflectancia de vitrinita (ver Figura 5) se define como el porcentaje de un haz que refleja una superficie pulida. Para este análisis se seleccionaron ocho muestras de las cuales cinco se tomaron en la facies no-roja de la Formación La Quinta del área de estudio. Las otras tres muestras provienen de estratos de las Formaciones Apón, La Luna y La Quinta que afloran

cercanos al pueblo de Jají. Estas tres muestras se analizaron para comparar la madurez del kerógeno entre el Jurásico y el Cretácico de dicha zona con respecto a la zona de estudio, estableciendo asociaciones termales entre las mismas.

La metodología para determinar la reflectancia de vitrinita en kerógeno consiste en eliminar la materia inorgánica y concentrar la materia orgánica. En los laboratorios de bioestratigrafía el proceso comienza cuando el solicitante llena la orden de trabajo con la información de las muestra a procesar, el analista le asigna un número.

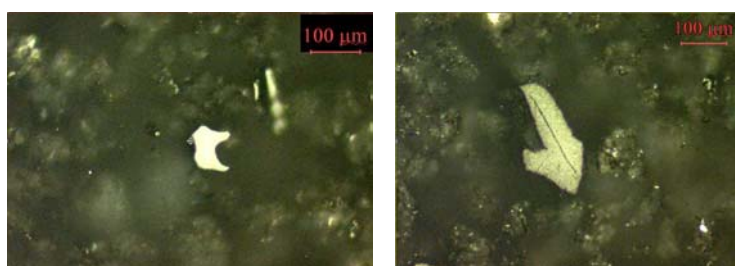


Figura 5. Ejemplo de vitrinitas en la Muestra 10-8.

- Para concentrar la materia orgánica, se debe seguir la metodología descrita a continuación:
 - 1) Pesar 15-20grs de la muestra en un beaker de 250ml. Se debe pesar la muestra después de lavarla y triturlarla, además se debe tomar nota de los pesos obtenidos.
 - 2) Calentar el ácido clorhídrico (HCl), en un beaker de vidrio de 500ml, aproximadamente, a 50°C, con el objeto de eliminar los carbonatos. Todos los ácidos deben manipularse dentro de la campana y se debe usar bata, guantes de neopreno, mascarilla para sustancias orgánicas y lentes de seguridad.
 - 3) Agregar, lentamente, el ácido a cada muestra esperando su reacción, hasta que la muestra deje de reaccionar, que equivale a 25cc, dejándola reaccionar por un lapso de 12 horas. Si se observa una reacción violenta en la muestra y ésta se derrama, se debe

- agregar una gotas de acetona para eliminar la tensión superficial entre las burbujas, se debe tomar nota de la reacción con el ácido por muestra.
- 4) Neutralizar la muestra con H₂O destilada, tres veces para eliminar el HCl.
 - 5) Repetir los dos primeros pasos, pero con ácido fluorhídrico (HF), usando un beaker de teflón de 250ml para calentar el ácido, con el objeto de eliminar los silicatos presentes en la muestra.
 - 6) Neutralizar y lavar la muestra con H₂O destilada tres veces para eliminar el HF.
 - 7) Revisar en el microscopio la muestra, para determinar la presencia de cristales, si estos prevalecen se debe repetir el ataque con HF y HCl, según sea el caso. Se debe repetir el paso 4 ó 6 veces, dependiendo del ácido empleado. Después de neutralizar el ácido, se monta una lámina sin filtrar que servirá para determinar el Kerógeno visual.
 - 8) Filtrar la muestra, pasándola a través de una malla de 10 μ , lavando siempre con agua destilada.
 - 9) Recoger en un tubo de ensayo de vidrio, la muestra filtrada, y montar una lámina que servirá para determinar el Kerógeno visual.
 - 10) Secar, en el horno a 45°C, parte del material filtrado en un vidrio reloj.
 - 11) Recoger en un vial el material seco para determinar la reflectancia de vitrinita y el conteo de macerales.
 - 12) Verificar que no quedan minerales en la muestra, ésta se colocará en un vidrio reloj, previamente identificado, y con la menor cantidad de agua destilada posible.
 - 13) Introducir al horno el vidrio reloj hasta que seque totalmente, aproximadamente doce horas a temperatura de 45° \pm 5°C .
 - 14) Recoger la materia orgánica seca en viales de 1 Dram (3.7 ml) con su respectiva identificación.

- 15) Introducir la muestra en el vial, para ello se disgrega y se raspa con una hojilla, se coloca sobre un papel de pesar haciéndola deslizar al interior del envase.
- 16) Montar la materia orgánica concentrada en tacos o secciones finas.

Finalmente, en las muestras previamente preparadas, se miden los “Ro” observados con el método de medición de la reflectancia de los macerales de vitrinita. Esta medición se realiza con un equipo especializado para ello. Básicamente, el equipo consiste en un microscopio que visualiza los macerales dentro de las muestras y un programa de computación que almacena y contabiliza el porcentaje de luz reflejada por las vitrinitas. El método consiste en ubicar los macerales de vitrinita con un contador modal y “dispararles” un haz de luz que se refleja en un lector óptico. Este lector cuantifica el porcentaje de luz reflectado y los contabiliza al mismo tiempo con el programa de computación antes mencionado.

- Esta labor estuvo supervisada por Armando Ruggiero y Héctor Suárez de PDVSA-INTEVEP.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1- ANTECEDENTES:

SUTTON (1946), es el primer autor en mencionar la facies no-roja de la Formación La Quinta en su trabajo "Geology of Maracaibo Basin, Venezuela", en la senda de Potosí-Libertad de Canaguá, estado Mérida, en este estudio se describe la presencia de lutitas negras formadas en un ambiente acuático de aguas dulces. SUTTON asigna el nombre de "cinturón calcáreo" para esta facies no-roja de la Formación La Quinta.

ODREMAN y GHOSH (1980), autores pioneros en estudiar la facies no-roja de la Formación La Quinta en las rocas encontradas en la carretera Jají-San Juan, realizaron un trabajo titulado "Estudio paleoambiental-paleontológico de facies de la formación La Quinta, cerca de Mérida", en este trabajo se plantea un modelo sedimentológico y paleoambiental, según el estudio paleontológico y litológico de las facies de la Formación La Quinta. Aquí se describe, en litología: conglomerados polimícticos finos de color gris verdoso, arenisca micácea de colores blanco-grisáceos claros, lutitas negras y calizas impuras de color gris. El contenido de fósiles: estéridos, ostrácodos y restos de plantas, indicando una edad Jurásica y un ambiente de aguas dulces. ODREMAN y GHOSH interpretan pequeños ciclos fluviales indicados por conglomerados y areniscas con afinamiento hacia el tope, las lutitas sugieren depositación en pequeños lagos y depresiones, si bien someros pero no emergentes. La posición de esta facies dentro de la Formación La Quinta indica que ella puede representar depositación relativamente más baja que la zona piemontina (donde se produjo el desarrollo de la facies roja de dicha unidad) en ríos tipo anastomosados. Según los fósiles, esta facies es correlacionable con facies similares reportadas en los estados Táchilla y Trujillo.

BECERRA Y GÓMEZ (1987), en su trabajo titulado “Geología sedimentaria de una zona ubicada al Norte de la población de Jají, estado Mérida (estudio de rocas fosfáticas)”, estudian las rocas ubicadas en la carretera Jají-San Juan y la Quebrada Mocoa (esto representa el 2% del área total estudiado). Describen en la Formación La Quinta: areniscas líticas de grano grueso y muy grueso, moderadamente escogidos a mal escogidos, subangulosos a subredondeados, porosidad baja (2-4%) y matriz (7-30%) totalmente recristalizada a minerales de arcilla. Respecto a las características diagenéticas, mencionan: etapa Redoxomórfica (procesos oxido-reducción y seritización), etapa Locomórfica (perdida de la porosidad primaria y deformación de granos dúctiles) y etapa Filomórfica (presencia de minerales autigénicos y fracturamiento de granos de cuarzo). Finalmente indican fuentes de sedimentos de rocas ígneas ácidas, metamórficas y sedimentarias.

SÁNCHEZ Y SANZ (1999), realizan un trabajo titulado “Geología de superficie del área comprendida entre las poblaciones de San Juan y Jají, Municipios Sucre y Campo Elías, estado Mérida.” En el mismo se da a conocer el resultado de un estudio de Geología de Superficie en los afloramientos de carretera Jají-San Juan y sus alrededores. Los autores interpretan 5 facies: Litofacies 1, compuesta por conglomerados polimícticos sedimentados en un ambiente de llanura aluvial, desorganizado por sedimentación piroclástica. Litofacies 2, conformada por lutitas y calizas de color gris oscuro a negras de ambiente lagunar. Litofacies 3, caracterizada por calizas, areniscas y lutitas sedimentadas en un ambiente posiblemente lagunar. Litofacies 4, constituídas por limolitas intercaladas con finas calizas y lutitas de ambiente de sedimentación de playa de laguna. Litofacies 5, compuesta por conglomerados basales, areniscas de grano fino a grueso e intercalación de limolitas en el tope, probablemente se sedimentó en un ambiente de llanuras de inundación. Finalmente, establecen por análisis de minerales pesados, procedencias ígneas, metamórficas y

sedimentarias, siendo en su mayoría rocas ígneo-metamórficas de la Asociación Sierra Nevada (granitos y gneises) y la Formación Palmarito por el contenido de esquistos, posiblemente de rocas muy cercanas al área.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1- ANTECEDENTES:

SUTTON (1946), es el primer autor en mencionar la facies no-roja de la Formación La Quinta en su trabajo "Geology of Maracaibo Basin, Venezuela", en la senda de Potosí-Libertad de Canaguá, estado Mérida, en este estudio se describe la presencia de lutitas negras formadas en un ambiente acuático de aguas dulces. SUTTON asigna el nombre de "cinturón calcáreo" para esta facies no-roja de la Formación La Quinta.

ODREMAN y GHOSH (1980), autores pioneros en estudiar la facies no-roja de la Formación La Quinta en las rocas encontradas en la carretera Jají-San Juan, realizaron un trabajo titulado "Estudio paleoambiental-paleontológico de facies de la formación La Quinta, cerca de Mérida", en este trabajo se plantea un modelo sedimentológico y paleoambiental, según el estudio paleontológico y litológico de las facies de la Formación La Quinta. Aquí se describe, en litología: conglomerados polimícticos finos de color gris verdoso, arenisca micácea de colores blanco-grisáceos claros, lutitas negras y calizas impuras de color gris. El contenido de fósiles: estéridos, ostrácodos y restos de plantas, indicando una edad Jurásica y un ambiente de aguas dulces. ODREMAN y GHOSH interpretan pequeños ciclos fluviales indicados por conglomerados y areniscas con afinamiento hacia el tope, las lutitas sugieren depositación en pequeños lagos y depresiones, si bien someros pero no emergentes. La posición de esta facies dentro de la Formación La Quinta indica que ella puede representar depositación relativamente más baja que la zona piemontina (donde se produjo el desarrollo de la facies roja de dicha unidad) en ríos tipo anastomosados. Según los fósiles, esta facies es correlacionable con facies similares reportadas en los estados Táchilla y Trujillo.

BECERRA Y GÓMEZ (1987), en su trabajo titulado “Geología sedimentaria de una zona ubicada al Norte de la población de Jají, estado Mérida (estudio de rocas fosfáticas)”, estudian las rocas ubicadas en la carretera Jají-San Juan y la Quebrada Mocoa (esto representa el 2% del área total estudiado). Describen en la Formación La Quinta: areniscas líticas de grano grueso y muy grueso, moderadamente escogidos a mal escogidos, subangulosos a subredondeados, porosidad baja (2-4%) y matriz (7-30%) totalmente recristalizada a minerales de arcilla. Respecto a las características diagenéticas, mencionan: etapa Redoxomórfica (procesos oxido-reducción y seritización), etapa Locomórfica (perdida de la porosidad primaria y deformación de granos dúctiles) y etapa Filomórfica (presencia de minerales autigénicos y fracturamiento de granos de cuarzo). Finalmente indican fuentes de sedimentos de rocas ígneas ácidas, metamórficas y sedimentarias.

SÁNCHEZ Y SANZ (1999), realizan un trabajo titulado “Geología de superficie del área comprendida entre las poblaciones de San Juan y Jají, Municipios Sucre y Campo Elías, estado Mérida.” En el mismo se da a conocer el resultado de un estudio de Geología de Superficie en los afloramientos de carretera Jají-San Juan y sus alrededores. Los autores interpretan 5 facies: Litofacies 1, compuesta por conglomerados polimícticos sedimentados en un ambiente de llanura aluvial, desorganizado por sedimentación piroclástica. Litofacies 2, conformada por lutitas y calizas de color gris oscuro a negras de ambiente lagunar. Litofacies 3, caracterizada por calizas, areniscas y lutitas sedimentadas en un ambiente posiblemente lagunar. Litofacies 4, constituídas por limolitas intercaladas con finas calizas y lutitas de ambiente de sedimentación de playa de laguna. Litofacies 5, compuesta por conglomerados basales, areniscas de grano fino a grueso e intercalación de limolitas en el tope, probablemente se sedimentó en un ambiente de llanuras de inundación. Finalmente, establecen por análisis de minerales pesados, procedencias ígneas, metamórficas y

sedimentarias, siendo en su mayoría rocas ígneo-metamórficas de la Asociación Sierra Nevada (granitos y gneises) y la Formación Palmarito por el contenido de esquistos, posiblemente de rocas muy cercanas al área.

2.2. - GEOLOGÍA REGIONAL

El periodo Jurásico con una duración de 70 millones de años, se encuentra ubicado entre el tope del Triásico (210 millones de años) y la base del Cretácico (140 millones de años), constituye la parte central del Mesozoico.

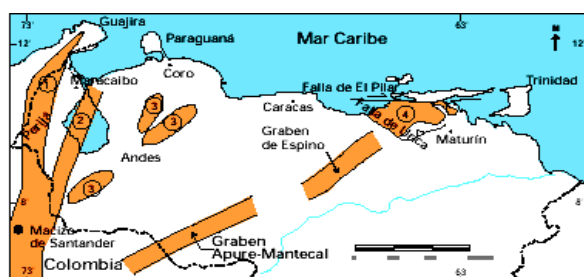
La división y pisos del Jurásico es el siguiente:

Jurásico superior (140 – 160m.a.)	Titoniense	(140-145m.a.)
	Kimmeridgiense	(145-154m.a.)
	Oxfordiense	(154-160m.a.)
Jurásico medio (160 – 184m.a.)	Calloviense	(160-166m.a.)
	Bathoniense	(166-172m.a.)
	Bajociense	(172-177m.a.)
	Aaleniense	(177-184m.a.)
Jurásico inferior (184 – 210m.a.)	Tooarciense	(184-189m.a.)
	Pliensbachiense	(189-195m.a.)
	Sinemuriense	(195-201m.a.)
	Hettagiense	(201-210m.a.)

El Mesozoico se presenta en Venezuela en dos provincias geológicas diferentes, una de dominio epicontinental y otra de dominio geosinclinal (DOTT, 1974); la primera es autóctona, mientras que la segunda está en posición alóctona.

En el presente trabajo sólo estudiaremos el dominio autóctono epicontinental, más específicamente, el Mesozoico Occidental, en la Cordillera de los Andes.

Para GONZÁLEZ DE JUANA *et al*, (1980) el evento Permo-Triásico culminó con el levantamiento de la parte Occidental de Venezuela. Los primeros sedimentos del Mesozoico están representados por capas rojas de ambiente continental que alternan con episodios lacustrinos y salobre, y sólo se reconocen facies marinas, en la Guajira. Estos ambientes se localizan frecuentemente en cuencas separadas (ver Figura 6), con marcada coalescencia entre clásticos gruesos. En consecuencia, deberá esperarse que a pesar de la similitud litológica entre las varias secuencias de capas rojas, existan secciones contemporáneas entre si (ver Figura 7), por lo cual las correlaciones entre áreas diferentes son frecuentemente difíciles de hacer. Estudios paleontológicos sugieren que estos ambientes continentales comenzaron a desarrollarse en el Triásico Superior, pero su edad es principalmente Jurásica (BENEDETTO y ODREMAN, 1977a; GEYER, 1977 y ODREMAN y BENEDETTO, 1977).



Distribución de las rocas jurásicas en Venezuela, mostrando que las mismas se encuentran aflorando en la Sierra de Perijá (1), como parte del basamento en el subsuelo de la Cuenca de Maracaibo (2), en los Andes (3), en el subsuelo de las cuencas de Barinas-Apure y Oriental (grabenos de Apure-Mantecal y Espino) y han sido interpretadas como involucradas en profundidad en los corrimientos de la Serranía del Interior (4). Tomado de Bartok (1993), Passalacqua et. al. (1995) y Lugo y Mann (1995).

Figura 6. Distribución de las rocas Jurásicas en Venezuela, WEC (1997).

Para FALCÓN, 1999 (notas de clases, UCV) la diferencia entre la Formación la Quinta de Perijá con respecto a la de los Andes se explica por la ubicación de las asociaciones volcánicas, en los Andes se encuentra en la base (tobas de composición intermedia) y el resto de su columna estratigráfica, son rocas de carácter piroclástico (areniscas piroclásticas), depositadas en ambiente fluvial; mientras que, en Perijá, las volcánicas alternan con los

clásticos, lo que indica que Perijá, se encuentra más cerca del foco volcánico principal depositación “sinrifting” (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*, 1980).

Edad	Perijá y Guajira	Andes	Guárico y Cojedes	Cordillera de La Costa
Jurásico	Conglomerado de Seco Cojoro/DONAS La Quinta	La Quinta	Ipire ?	Pueblo Nuevo Las Brisas (Zenda) Macuro ?
	El Toruno Macota			
	Volcánicas de La Gé Tinacoa			
Triásico			Guacamayas ?	

Figura 7. Cuadro de correlación de las unidades Jurásicas en Venezuela, WEC (1997).

2.2.1 - LITOLOGIA:

En la sección tipo SCHUBERT *et al* (1979), la Formación La Quinta consta de tres intervalos: uno inferior, compuesto por capas de toba vítrea de color violáceo, de aproximadamente 150 metros de espesor; uno medio, consistente de una secuencia interestratificada de toba, arenisca gruesa y conglomerática, limolita y algunas capas delgadas de caliza, de color verde, blanquecino, gris o violáceo (espesor aproximado: 840 metros); y un intervalo superior, formado por limolita y arenisca, intercaladas con algún material tobáceo, de color rojo ladrillo y marrón chocolate, de aproximadamente 620 metros de espesor.

Según ARNOLD (1961), la cantidad de rocas piroclásticas en la Formación La Quinta, decrece de suroeste a noreste en los Andes de Mérida. En el estado Trujillo, SCHUBERT (1986), describió una secuencia puramente clástica, y en el estado Táchira, al sur de la sección tipo, no halló rocas piroclásticas en la Formación La Quinta. En la Sierra de Perijá, MAZE (1984) describió la Formación La Quinta en la Quebrada La Gé, ésta se divide en tres intervalos: uno inferior (700-800 metros, aproximadamente la mitad de la secuencia total), consistente de arcosa marrón a roja oscura, fina a mediana, con pocas intercalaciones

volcánicas, y la cual contiene fragmentos vegetales y de carbón; una zona de transición (aproximadamente 100 metros), la cual se compone de capas de basalto-andesita (de más de 20 metros de espesor), conglomerado tobáceo, y arcosa verde, mediana a gruesa, con intercalaciones de arcosa marrón a rojo oscuro, y lutita roja a negra (rara vez verde) fosilíferas; y un intervalo superior (700-800 metros), con rocas de grano más grueso (localmente conglomerado de cantos), compuesto principalmente, por arcosa roja oscura a marrón oscura, de grano grueso, y capas finas de ceniza félsica roja a rosada. El contenido de rocas volcánicas decrece de norte (donde predominan en la formación) a sur (hasta menos de la tercera parte del total).

En la población de La Quinta, en el camino de Seboruco a La Grita, estado Táchira, KUNDIG (1938); se reconocen tres subunidades de la Formación La Quinta:

- 1.- La inferior, de conglomerados de color rojo a veces con material tobáceo, interstratificados con areniscas arcillosas.
- 2.- La parte media, predominantemente lutítico-limosa.
- 3.- La parte superior, de areniscas rojas con estratos cruzados.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980) en la base, encuentran tobas dacíticas o riolíticas, infrayacentes en aparente concordancia con los conglomerados rojos. BURKLEY, (1976) determinó una edad de 229 millones de años, más o menos, 15 millones de años, en circones de estas tobas, ubicándolo en un intervalo en el Triásico inferior. La presencia de material tobáceo redepositado en sedimentos de la Formación La Quinta, la escasa ocurrencia de volcánicas en secciones de esta unidad y las determinaciones paleontológicas de una edad Jurásica para estas rocas, sugieren un hiato entre las volcánicas y los sedimentos de La Quinta en los Andes venezolanos. El carácter de los cantos dentro de los conglomerados de esta

formación está constituido por la provincia distributiva, siendo un factor distintivo, los cantos rodados de calizas de la Formación Palmarito.

ODREMAN y GHOSH (1980) realizan una descripción litológica de la Formación La Quinta a través de litofacias. En este sentido, se presenta la siguiente descripción:

Litofacias 1: Caracterizada por numerosas capas de caliza y paquetes de capas negras, finamente laminadas de lutitas y limolitas alternas.

Litofacias 2: con predominio de lutitas oscuras a negras, finamente laminadas, también presenta delgadas capas de caliza, lenticulares.

Litofacias 3: Se compone de capas de oscuras a negras de lutitas, con ocasionales capas delgadas de areniscas y calizas.

Litofacias 4: De color oscuro brillante, conformado en orden de abundancia, por limolitas, arenisca y lutitas; es frecuente la presencia de niveles calcáreos.

Litofacias 5: Conformada por arenisca impura de grano fino y micácea, es frecuente la presencia de limolitas de color gris oscuro y de estratificación gradada con capas de conglomerados, pasando hacia arriba a areniscas de grano medio.

USECHE y FIERRO (1978) describen 400-600 metros de estos conglomerados que pasan gradualmente a una zona calcárea de espesor variable, formada por calizas dolomíticas o lutitas calcáreas constituyendo éstas un nivel fosilífero, con la presencia de un intervalo de restos carbonosos y frecuentes restos de peces y conostráceos, que representa un ambiente lacustre.

HARGRAVES y SHAGAM (1969) estudiaron el paleomagnetismo dentro de las facies litológicas halladas, desde limolitas rojas de grano fino hasta areniscas de grano medio, con

algunas areniscas gruesas a conglomeráticas; son de color rojo púrpura y la mayoría muestra laminación u otra evidencia de estratificación, algunas muestras presentan estratificación cruzada simple y mal desarrollada. La deformación penecomtemporánea es característica en esta zona, observándose en forma de pequeñas estructuras de derrumbes, grietas de desecación, escamas de lutitas intraformacionales y manchas difusas producidas por bioturbación.

PÉREZ (1977), encontró calizas solamente en la parte superior de la Formación La Quinta, en la región de Pregonero. Este autor describe una bioesparita arcillosa y una biomicrita de ostrácodos; en la primera, algunos ostrácodos han sido reemplazados por albita autigénica.

HARGRAVES y SHAGAM (1969) Petrográficamente muestran textura mal escogida, con granos clásticos de cuarzo y cantidades menores de microclino, plagioclasa, mica y cloritóide, embebidos en un 10-15% de matriz arcillosa teñida de rojo y ocasionalmente calcárea. El cemento es silíceo, y hay crecimientos secundarios de sílice sobre los granos de cuarzo, el cual está prácticamente ausente en los sedimentos rojos de la Formación Sabaneta del Paleozoico. Además los óxidos están en forma de detriticos, los granos clásticos opacos son de hematita, las patinas pueden ser también hematíticas y fueron emplazadas antes de la cementación y suturación.

KUNDIG (1938) respecto a las rocas volcánicas menciona: “son intrusiones básicas en forma de pequeños lentes y gruesos sills (hasta 80 metros), están íntimamente conectadas con la Formación La Quinta. Se consideran en parte como lavas diabásicas superficiales y en parte como diques intrusivos. Las dioritas porfídicas, dioritas cuarcíferas porfídicas, diabasas vitrofídicas, son los tipos petrográficos principales. No muestran ningún indicio de

metamorfismo y nunca se han encontrado en la región de Mérida en capas más jóvenes que las de la Quinta. Están sólo localmente desarrollados, por ejemplo al oeste de Mérida, en el Valle de Carvajal. Al norte de Lagunillas en el Valle de Aguadura, varios sills de roca diabásica se intercalan con los conglomerados basales de la Formación La Quinta”.

RAMÍREZ y CAMPOS (1972), mencionaron haber encontrado “una” toba brechóide en una sección del área de La Grita, y hacen referencia a “grandes espesores de tobas”, descritas por ARNOLD (1969) en un informe privado.

HARGRAVES y SHAGAM (1969), en su estudio sólo mencionan las tobas en la base de la sección tipo de la Formación La Quinta, indicando que son las únicas con probable paleomagnetismo remanente primario Terciario? sin alterar.

LOAIZA (1978), definió dos intervalos litológicos. Comenzando en sección, se encuentra una secuencia interestratificada de tobas, areniscas, limolitas y locales desarrollos de calizas y conglomerados con aspecto brechóide, lo cual diferencia el intervalo inferior del superior. El intervalo superior está caracterizado por una monótona secuencia de areniscas y limolitas de color rojo. La Formación La Quinta se encuentra representada por una secuencia monótona de capas rojas de areniscas y limolitas, algo calcáreas, con espesores individuales que varían de 20 a 70 centímetros.

VELEZ (1978), menciona que la secuencia consiste fundamentalmente de dos intervalos, que son fácilmente reconocibles en campo y diferenciables petrográficamente: El intervalo inferior, definido así por ubicarse inmediatamente por encima de rocas de la unidad metamórfica, está constituido por rocas de aspecto tobáceo, intercaladas con areniscas gruesas

a conglomeráticas, lutitas oscuras algo carbonosas, escasas limolitas y algunos desarrollos locales de calizas y conglomerados. El intervalo superior, considerado así por la aparición de los primeros sedimentos rojos de grano fino, consiste, casi exclusivamente, de una alternancia de areniscas, limolitas y algunas lutitas, de colores predominantemente rojo ladrillo y marrón chocolate.

Para SEQUERA (1978), la unidad presenta una monotonía en cuanto a litología, caracterizada por secuencia de lutitas laminadas interestratificadas con láminas carbonáceas pastosas, las cuales presentan manchas amarillentas de oxidación, generalmente el color de estas lutitas es rojo ladrillo, apareciendo también algunas de color verdoso, limolitas amarillentas a rojizas y areniscas pardas rojizas, de grano fino y muy oxidadas.

2.2.2 - PALEOCLIMA:

El clima durante el Jurásico fue aún más húmedo que durante el Triásico, y las condiciones cálidas se extienden inclusive hacia los polos. Los fósiles de plantas del Jurásico están distribuidos tanto en zonas templadas de la Tierra como en las regiones polares, lo cual indica que el clima era suave y uniforme.

El mar, instalado en la actual región Alpina, presentaba temperaturas que oscilaban entre los 17 y 32° C. En Suramérica, Venezuela, se acumularon areniscas abigarradas, lo que es indicativo de que reinaba un clima cálido y seco, en donde además encontramos depósitos de sal.

2.2.3 - FÓSILES:

KUNDIG (1938), mencionó la presencia de coprolitos de peces con escamas, placas, dientes y huesos palatinos, pertenecientes al género ganóideo *Lepidotus*. En la sección tipo, se han hallado conostráceos (estéridos), ostrácodos, restos de dientes de peces, palinomorfos y restos de plantas (SCHUBERT *et al*, 1979).

Entre los conostráceos se encuentran *Isaura olssoni* Bock, *Cypridea valdensis* Sowerby y *Howellites colombianus* Bock (SUTTON, 1946, BOCK, 1953; USECHE y FIERRO, 1972; PÉREZ en GONZÁLEZ DE JUANA *et al*, 1980). Entre los palinomorfos, se han identificado *Circulina meyeriana* Klaus, *Classopolis papillatus* y *Caytopollenites pallidus* (DI GIACOMO, en SCHUBERT *et al*, 1979) en la sección tipo.

Entre los restos de plantas, se han identificado los siguientes géneros: *Dictyophyllum* sp., *Nilssonia* sp., *Ptilophyllum* sp. y *Zamites* sp., en la sección tipo (BENEDETTO y ODREMAN, 1977; REMY, en SCHUBERT *et al*, 1979); en la región del estado Trujillo, BENEDETTO y ODREMAN (1977), además de estos géneros, hallaron *Otozamites* sp. En la sierra de Perijá, BENEDETTO y ODREMAN (1977) hallaron los géneros *Ptilophyllum-Otozamites*, *Dyctyozamites* sp. y *Williamsonella* sp., en la Formación Tinacoa; TASCH (en MAZE, 1984) identificó los conostráceos *Cyzicus (Lioestheria) colombianus* Bock y *Cyzicus (Euestheria)* sp., en la parte inferior de la Formación La Quinta.

2.2.4 - TECTÓNICA:

Para GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980), los efectos de la orogénesis Permo-Triásica, que se observan principalmente en el occidente de Venezuela, muestran indicios de una tectónica compresiva con actividad ígnea calco-alcalina intrusiva y extrusiva. Esta última parte parece haberse extendido hasta el Mesozoico inferior.

La ruptura de Pangea comenzó hace unos 200 millones de años, iniciándose con una tectónica distensiva de “Rift” en la que pudo ocurrir volcanismo basáltico y sedimentación de capas rojas intercaladas con depósitos lacustres. En el Triásico Superior y más abundantemente durante el Jurásico, se acumularon en Venezuela Occidental, grandes espesores de capas rojas y lacustres, ocasionalmente intercaladas con rocas volcánicas.

A principios del Jurásico, hace unos 180 millones de años, ya existía mar entre Norte y Sur América (mar de Thetis), esto indica que se debería tener hacia el Norte una sedimentación marina Jurásica en el Golfo de México (posteriormente destruida por el paso de la placa Caribe).

La sedimentación del Mesozoico inferior ocurre sobre una base erosional y comienza con conglomerados de grano grueso llamados “conglomerados basales”; ésta estuvo controlada por el tectonismo de pilares y fosas (SHAGAM, 1972).

Para GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980), la sedimentación se presenta ubicada en franjas angostas y controladas por fallas normales que aparentemente estuvieron activas durante la sedimentación de los clásticos continentales, todos los graben y semi-graben se han originado por fallamiento normal.

La separación continental consiste de varias etapas FALCON, 1999 (notas de clases, UCV):

1.- Prerift:

- Para que ocurra la separación continental deben converger dos celdas de convección, debido a las anómalas concentraciones de elementos radioactivos en el núcleo.

- Luego empieza un abombamiento, en donde asciende la astenósfera y se adelgaza la corteza continental, esto genera el ascenso de una pluma mantelar, que en la superficie se expresa como un punto caliente o punto triple.

- Entonces, estos comienzan a unirse por sus dos brazos activos, dejando a un lado su brazo abortado, generándose cuencas tipo graben dentro de las cuales intrusión el magma.

Aquí la depositación es continental de ambiente fluvial y se alterna con coladas de basalto que se estratifican sobre la corteza continental adelgazada, existen volcanes de composición intermedia a ácida.

2.- Sinrift:

Sobre una corteza transicional (corteza entre continental y oceánica), se depositan sedimentos continentales de ambientes fluviales, evaporitas, donde pueden haber todavía flujos de basalto y depósitos continentales, se aprecian calizas continentales, en donde el ambiente no necesariamente es marino, sino muy somero, además en éste se construyen lagos, pues el ambiente no es abierto. Volcanismo fisural o efusivo de intermedio a ácido.

3.- Postrift:

Ya la corteza es oceánica, aquí se aprecia la penetración del mar, pues se eleva el nivel del mar por subsidencia de los bordes continentales, se depositan calizas y areniscas de ambientes marinos a los flancos de las cordilleras centroceanicas. En estos sedimentos pueden apreciarse los cambios de polaridad magnética como franjas paralelas al eje de expansión (ver Figura 8).

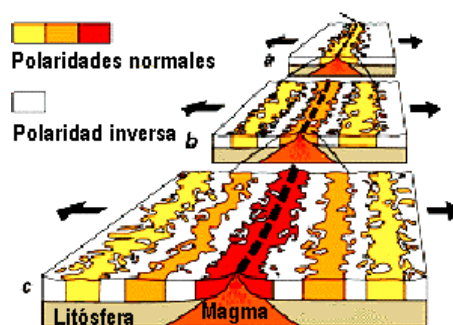


Figura 8. Creación de océano.

Según FALCON, 1999 (notas de clases, UCV) el relleno de todos los grabenes en Venezuela son Prerift (incluyendo la Formación La Quinta), sólo en Perijá se tiene indicios del Sinrift. Sólomente en los Andes se ha encontrado un nivel de rocas volcánicas intermedias.

2.2.5 - MODELO DE SEDIMENTACIÓN:

Con base en las estructuras sedimentarias, litología y distribución de las rocas piroclásticas (SCHUBERT *et al*, 1986), se puede postular que la secuencia de limolitas de la Formación La Quinta, se originó en una planicie aluvial. En el intervalo inferior y medio, la presencia de tobas y conglomerados, indica levantamiento tectónico, un aumento en el gradiente, y una depositación de sedimentos mixtos (gruesos y finos), bajo un clima árido o semiárido. El cambio de color entre el intervalo medio (verde, gris, violeta) y el superior (marrón chocolate), se debe a la abundancia de tobas en el primero. Se ha postulado que la depositación de lavas, desorganizó el drenaje y produjo condiciones de laguna o pantano locales, en las cuales existían condiciones reductoras y una depositación local calcárea. Cuando cesó la actividad volcánica, se restableció el drenaje y se depositó la secuencia de capas rojas superiores.

En la región de Mérida, ODREMAN y GHOSH (1980) concluyeron que la secuencia no-roja de la Formación La Quinta, se puede interpretar como un evento de progradación sedimentaria, con depósitos de laguna dulce en su parte inferior. Según este modelo, las capas rojas representan una facies marginal dentro de la cuenca.

ODREMAN y GHOSH (1980) representan esquemáticamente la Formación La Quinta la en un modelo de sedimentación caracterizado por lo siguiente:

La secuencia representa un episodio de progradación.

La litofacies roja típica con conglomerado polimíctico, arenisca feldespática y limolita micácea, puede representar una facies al margen de la cuenca (tipo piemontina).

La litofacies no-roja, probablemente, representa una facies del centro de la cuenca.

El color verde y negro de las areniscas de la facies no rojas, significan una depositación predominantemente de ambiente subacuático y no oxidante.

La facies roja fue depositada en un ambiente plenamente oxidante y parcialmente subáereo.

La facies no-roja, puede ser comparada con la asociación de llanura aluvial, y la facies roja con la asociación de abanico aluvial.

La secuencia estratigráfica se puede originar como relleno de una depresión fluvial debido a la progradación efectuada por los ríos hacia la depresión.

La base y parte central de la columna fueron depositadas en lagunas fuera del abanico de los ríos o en áreas entre los canales de los ríos (áreas interfluviales).

El tope de la columna fue depositado principalmente en las vecindades de los canales de los ríos en espolones de barras, albordones y al pie de los albordones.

Según LOAIZA (1978), el ambiente de depositación de la Formación La Quinta es considerada continental de aguas dulces a salobres, sin embargo, algunos autores KEHRER

(1938) y USECHE (1969), mencionaron estratos marinos, debido a la presencia de fósiles de aguas someras, lo cual podría ser una posible incursión de los mares (LÉXICO, 1956).

Por otra parte ARNOLD (1961), considera que la depositación de la Formación La Quinta fue variando desde un ambiente de fosas tectónicas en su parte inferior, pasando a un ambiente de aguas someras, debido a pequeñas transgresiones marinas, en su miembro medio, hasta llegar a un ambiente árido, propicio para la formación de yeso (DUMBAR y RODGERS, 1963). Para SHAGAM (1969), según informe de prensa, postulo un ambiente de fosas y pilares tectónicos, actuando ambos como cuencas y fuentes de sedimentos respectivamente, de esta teoría se encuentran bastantes evidencias, regionalmente.

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980), en los Andes, la parte inferior de la Formación La Quinta muestra clásticos rojos que descansan sobre tobas, la parte media consta de lutitas y limonitas calcáreas con calizas, donde se encuentran restos de plantas y crustáceos indicativos de un ambiente lacustrino a salobre (USECHE y FIERRO, 1972). El intervalo medio esta recubierto por clásticos rojos. En los Andes venezolanos no ha sido encontrado un centro volcánico definido.

Según VELEZ (1978), la Formación La Quinta, tradicionalmente ha sido considerada de carácter continental por la mayoría de los autores, en base a sus características litológicas y sedimentarias.

Para SHAGAM (1972), los ambientes sedimentarios post-paleozoicos están claramente evidenciados por el control tectónico de la sedimentación de la Formación La Quinta, se considera como un espesor de detritos acumulados en surcos limitados por fallas.

De acuerdo a los modelos de facies post-orogénicas o de molaza, presentado por CEDIEL (1968) para el Grupo Girón de Colombia y por SITTER (1976) para la cuenca septentrional de los Alpes, y de acuerdo a la secuencia estratigráfica descrita, el suscrito postula la hipótesis de considerar la Formación La Quinta como un depósito tipo molaza.

El Grupo Girón de Colombia, según CEDIEL (1968), representa una serie sedimentaria post-orogénica, una molaza típica, constituida por subgrauvacas y lutitas rojas, representando depósitos de un ambiente fluvial principalmente, y en el cual se desarrolló un volcanismo inicial, arrojando grandes espesores de rocas volcánicas.

Los criterios que sustentan esta posición según CEDIEL (1968), para el Grupo Girón son:

- 1.- La geometría y extensión (distribución regional de estos sedimentos).
- 2.- La asociación litológica y su organización cíclica.
- 3.- La petrología y facies de toda organización sedimentaria.

Señalando asimismo que la molaza de Girón aflora en diferentes regiones, tanto en la Cordillera Oriental de Colombia, como también en la Cordillera de Mérida, Venezuela, bajo la denominación de la Formación La Quinta.

Asimismo, DE SITTER (1976), considera que una molaza significa en la actualidad un tipo general de facies relacionada con la historia orogénica de una cadena montañosa. Menciona, SITTER (1976), que las características litológicas y sedimentarias de una molaza son:

- 1.- Estratificación irregular.
- 2.- Predominio de conglomerados y areniscas.
- 3.- Medio ambiente continental o de agua dulce.
- 4.- Frecuente estratificación cruzada y oleaje fósil (rizaduras).

Agrega además, que el borde “interno” de la molaza Alpina se caracteriza por enormes acumulaciones de conglomerados, a menudo intercalándose con areniscas, algunas veces lignitos y depósitos pequeños de agua dulce, que pasan rápidamente a potentes areniscas rojizas y a lutitas con evaporitas (yeso, anhidrita, etc.); destaca, también que la facies molaza de la orogénesis herciniana (Pérmico) se caracteriza por un componente volcánico muy desarrollado.

Para VELEZ (1978), hay otras evidencias que sustentan la idea de que los sedimentos de la Formación La Quinta son una molaza. Entre estas tenemos:

- 1.- La presencia de areniscas líticas coinciden con las areniscas típicas de una molaza (PETTIJOHN *et al*, 1973) y menciona que las areniscas de la molaza Terciaria del Norte de los Alpes son areniscas líticas
- 2.- KRYNINE (en DUNBAR y ROGERS, 1976), en estudio petrográfico detallado de la fosa tectónica, post-Apalachiana de Nueva Inglaterra describió la asociación de arcosas, areniscas feldespáticas y conglomerados, limonitas y lutitas, todas continentales y muchas rojas, incluyendo en la secuencia algunos lechos de carbón. Además, señala un componente volcánico (rocas piroclásticas) presente en la secuencia, la cual coincide con la estudiada en VELEZ (1978).
- 3.- Los resultados en la fracción de arcillas, realizada principalmente en la parte inferior de la Formación La Quinta, presenta la siguiente asociación: ilita y caolinita, según MILLOT (1970) la fracción arcillosa, de la molaza Alpina entre el Ulm y Munich la ilita predomina sobre la caolinita y la clorita.
- 4.- Finalmente, como criterio de carácter tectónico, que contribuyó a formar el graben, en la cual se depositó la Formación La Quinta está el sistema de fallas de Bocono de edad posiblemente, Mesozoico temprano a Reciente.

Para VELEZ (1978), otro tipo posible de ambiente para la depositación de la Formación La Quinta sería el de considerar un ambiente de llanura aluvional. El Grupo Newark ocupa una serie de fosas tectónicas a lo largo de los ejes de los Apalaches, KRYNINE (en DUNBAR y ROGERS, 1976) en estudio detallado de estos depósitos, mostró que, aunque el Grupo Newark es predominantemente rojo, un espesor bastante considerable de lechos se encuentran entre los mantos de lava basálticas, estos no son rojos, debido probablemente a que los derrames de lava desorganizaron el drenaje, produciendo condiciones pantanosas o lagunares. Cuando esta actividad aparentemente cesó, se restableció nuevamente el drenaje, depositándose, entonces la gruesa acumulación de sedimentos rojos. Señala además, que desde el punto de vista petrográfico y litológico esta secuencia consiste de conglomerados algo heterogéneos, depositándose en los bordes fallados de la fosa, abundancia en feldespatos frescos y en parte alterados, principalmente en sedimentos de grano fino y finalmente, de desarrollos de lentes de lutitas negras, ricas en restos de plantas y restos de peces.

De acuerdo a esta secuencia bastante generalizada del Grupo Newark, propuesta por DUNBAR y ROGERS (1976), la Formación La Quinta presenta una similitud en cuanto a litología y características sedimentarias. En este caso las tobas sustituirían a las lavas basálticas, la presencia de conglomerados y areniscas feldespáticas y del depósito local de agua dulce de la parte inferior de esta unidad. Es de hacer notar que en el ambiente lacustre es posible que se desarrolle una rica y exuberante vegetación en las áreas circundantes de dicha laguna, en la que prevalecieron procesos de fosilización adecuada para la preservación de las hojas y restos de troncos, como queda demostrado en muestras de la sección tipo (SCHUBERT *et al*, 1977).

Finalmente, la parte superior de la Formación La Quinta indicaría una vasta llanura aluvional, cruzada por un sistema de río tal como lo demuestran la presencia de estructuras sedimentarias. Probablemente depositadas bajo condiciones climáticas de áridas a semi-áridas, como lo evidencia por el desarrollo lenticular de evaporizas (yeso con locales períodos de volcanismo) y la presencia de fragmentos de roca de esta naturaleza presentes en las muestras analizadas en VELEZ (1978).

SEQUERA (1978), considera que la secuencia de lutitas, limolitas y areniscas líticas, posiblemente sea el resultado de la depositación de sedimentos de llanura de inundación aluvional, cruzada por sistemas de ríos. Esta depositación puede ser confirmada por la poca madurez textural y el alto contenido de matriz (óxido de hierro, principalmente) de las rocas de esta secuencia, característica común de los depósitos aluviales.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

La información geológica recopilada del área de estudio se describe en ocho secciones en este trabajo. La primera sección consiste en la descripción de las características litológicas, sedimentológicas, estratigráficas y paleontológicas reconocidas en campo (Geología Local). La segunda sección reside en la descripción de las estructuras geológicas observadas en la zona de estudio (Geología Estructural). La tercera sección resume el análisis petrográfico de las muestras tomadas en campo. La cuarta sección de estudio es el análisis diagenético de secciones finas. La quinta sección consiste en el análisis del material paleontológico en las muestras. La sexta sección radica en la caracterización mineralógica de las muestras. La séptima sección se basa en el análisis del porcentaje del carbono orgánico total en las rocas en las muestras. La octava sección consiste en la evaluación de la reflectancia de vitrinita de las muestras de edad Jurásicas con respecto a las muestras de edad Cretácicas aledañas al área de estudio.

3.1 - GEOLOGÍA LOCAL:

En el área de estudio se analizaron 19 afloramientos a lo largo de la sección parcial de carretera la Jají - San Juan, Estado Mérida. Estos afloramientos representan en su mayoría cortes de carretera y están separados entre sí por zonas cubiertas. Los afloramientos están ubicados en el Mapa Geológico del Área de Estudio (ver Anexo A-1). Los estratos estudiados pertenecen a la facies roja y no-roja de la Formación La Quinta, según ODREMAN *et al* (1980). A fin de tener una caracterización litológica y sedimentológica y un control estratigráfico de estas facies. Se describen a continuación los estratos que se presentan en los afloramientos.

En los afloramientos 1, 2, 3, 4, A-2 y A-3 se describen los estratos presentes.

En los afloramientos 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 se describieron secciones parciales y los resultados se presentan en columnas detalladas. Las secciones parciales están delimitadas por fallas sin control estratigráfico o por zonas cubiertas.

Afloramiento 1:

El afloramiento 1 presenta estratos con un espesor total de 19.80 metros. El cuerpo rocoso fue dividido en tres unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 4.50 metros, la UD2 de 0.50 metros y la UD3 de 14.80 metros. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2 y UD3 consisten en gradaciones de paraconglomerados polimícticos a areniscas arcillosas. En estas unidades se presenta una disminución de la dominancia de paraconglomerados hacia la UD1, y un aumento del tamaño de los granos hacia la UD3.

Los paraconglomerados polimícticos poseen una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena media y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rojo grisáceo y marrón amarillento pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, estos paraconglomerados presentan gradación normal, lentes de arenisca, bases erosivas y componentes imbricados. Estas rocas forman capas gruesas a macizas. Suprayacente a estas rocas se encuentran areniscas arcillosas y conglomeráticas en contacto gradacional.

Las areniscas arcillosas y conglomeráticas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano fino y medio y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa y gránulo. Su color es rojo moderado y rojo pálido y meteoriza a un color rojo grisáceo, pardo claro y marrón amarillento moderado. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas y conglomeráticas presentan gradación normal, estratificación cruzada de bajo ángulo y lentes de gravas (ver Figura 9). Estas rocas forman capas delgadas y medias.

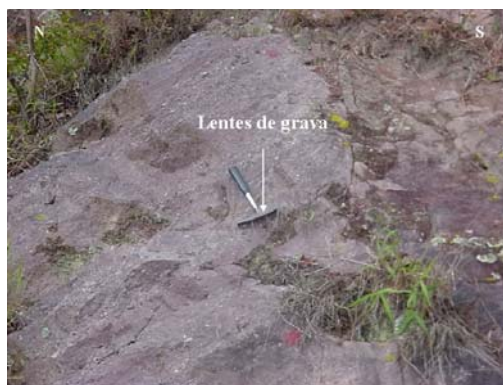


Figura 9: Afloramiento 1 (tomada en dirección 100°).

El hierro de la piqueta indica la dirección de la estratificación.

Afloramiento 2:

El afloramiento 2 presenta estratos con un espesor de 95.00 metros. El cuerpo rocoso fue dividido en cuatro unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 6.00 metros, la UD2 de 4.00 metros, la UD3 de 10.00 metros y la UD4 de 75.00 metros. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2, UD3 y UD4 consisten en gradaciones de paraconglomerados polimícticos a areniscas arcillosas. En estas unidades se presenta una disminución de la dominancia de paraconglomerados polimícticos hacia la UD1, y un aumento del tamaño de los granos hacia la UD4.

Los paraconglomerados polimícticos poseen una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena media y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo pálido y rosado grisáceo y meteoriza a un color pardo claro, marrón moderado y marrón rojizo pálido.

La roca generalmente es masiva. No obstante, los paraconglomerados presentan gradación normal, lentes de arenisca, bases erosivas (ver Figura 10) y componentes imbricados. Estas rocas forman capas gruesas a macizas. Suprayacente a estas rocas se encuentran areniscas arcillosas en contacto gradacional.

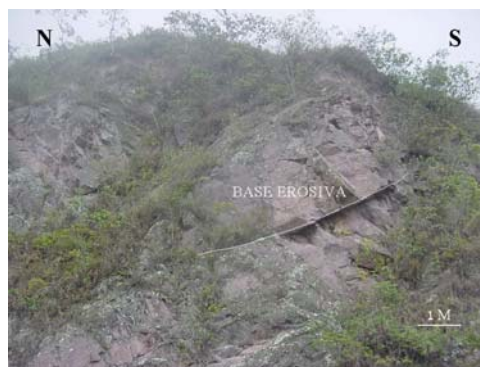


Figura 10: Afloramiento 2 (tomada en dirección 110°).

Las areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano fino a medio y un tamaño de grano máximo de gránulo. Su color es rojo pálido y rojo moderado y meteoriza a un color marrón rojizo pálido, marrón amarillento moderado y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presentan gradación normal, estratificación cruzada de bajo ángulo y lentes de gravas. Estas rocas forman capas delgadas a gruesas.

Afloramiento 3:

El afloramiento 3 presenta estratos con un espesor de 15.00 metros. El cuerpo rocoso fue dividido en cuatro unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 0.60 metros, la UD2 de 0.80 metros, la UD3 de 1.10 metros y la UD4 de 12.50 metros. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2, UD3 y UD4 consisten en gradaciones de areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas a limolitas arcillosas. En estas unidades se presenta una disminución de la dominancia de areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas hacia la UD1, y un aumento del tamaño de los granos hacia la UD4.

Las areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa

a gránulo. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color marrón amarillento moderado y marrón grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presentan gradación normal, laminación paralela, estratificación cruzada de bajo ángulo y lentes de arena muy fina (ver Figura 11). Estas rocas forman capas medias y gruesas. Suprayacente a estas rocas se encuentran limolitas arcillosas en contacto gradacional.



Figura 11: Afloramiento 3 (tomada en dirección 45°).

Las limolitas arcillosas presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo moderado y meteoriza a un color pardo ahumado. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan laminación incipiente y laminaciones muy delgadas, debido a la presencia de láminas micáceas. La fractura es tabular a fisil. La limolita arcillosa forma capas medias.

Afloramiento 4:

El afloramiento 4 presenta estratos con un espesor de 12.80 metros. El cuerpo rocoso fue dividido en seis unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 1.30 metros, la UD2 de 2.70 metros, la UD3 de 0.50 metros, la UD4 de 2.50 metros, la UD5 de 2.80 metros y la UD6 de 3.00 metros (ver Figura 12). Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2, UD3, UD4, UD5 y UD6 consisten en intercalaciones de areniscas arcillosas y conglomeráticas y limolitas arcillosas.



Figura 12: Afloramiento 4 (tomada en dirección 65°).

Las areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano fino y medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a guijón. Su color es rojo pálido y gris rosado y meteoriza a un color rosado naranja moderado y marrón moderado. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presentan laminación paralela. Estas rocas forman capas medias a macizas. Infrayacente y suprayacente se presentan limolitas arcillosas en contacto gradacional y abrupto.

Las limolitas arcillosas presentan un tamaño de grano máximo de arena fina y media. Su color es rojo moderado y meteoriza a un color rojo grisáceo, marrón amarillento oscuro y marrón moderado. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan laminación incipiente y laminaciones muy delgadas, debido a la presencia de láminas micáceas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y muy delgadas.

Afloramiento 5:

En el afloramiento 5 se presenta una falla normal, que buza subparalelo a la ladera. Esta falla separa dos bloques tectónicos. En el bloque techo se levantaron las secciones parciales, de base a tope: JSJ-36, JSJ-35 y JSJ-27. En el bloque piso se describió la sección parcial JSJ-34. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describen las secciones parciales (ver Figura 13):

JSJ-36 (ver anexo B-36):

La sección parcial JSJ-36 tiene un espesor de 3.25 metros. En esta sección se presenta una gradación de paraconglomerado polimíctico a limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-35.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena muy gruesa y gránulo y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y naranja muy pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, los paraconglomerados presentan bases erosivas y componentes imbricados. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Suprayacente se presentan areniscas arcillosas en contacto gradacional.

La arenisca arcillosa y ocasionalmente conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino y arena fina y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa y gránulo. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. Estas rocas forman capas medias. Suprayacente se presentan rocas en contacto gradacional.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo púrpura a rosado moderado y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y rosado naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan delgados lentes de arena. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas medias y gruesas.

JSJ-35 (ver anexo B-35):

La sección parcial JSJ-35 tiene un espesor de 3.80 metros. En esta sección se presenta una intercalación de arenisca arcillosa, paraconglomerado polimíctico y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-34 por contacto de falla.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa y muy gruesa. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca es masiva. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Infrayacente y suprayacente se presentan rocas en contacto gradacional y abrupto.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena gruesa y muy gruesa y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y naranja muy pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, los paraconglomerados presenta bases erosivas y componentes imbricados. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Infrayacente y suprayacente se presentan rocas en contacto gradacional y abrupto.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo púrpura a rosado moderado y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y rosado naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan delgados lentes de arena. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas medias.



Figura 13: Afloramiento 5 (tomada en dirección 105°).

JSJ-34 (ver anexo B-34):

La sección parcial JSJ-34 tiene un espesor de 2.30 metros. En esta sección se presenta una intercalación de arenisca arcillosa y conglomerática y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-27 por contacto de falla.

La arenisca arcillosa y ocasionalmente conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a guijón. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presenta bases erosivas. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Infrayacente y suprayacente se presentan limolitas arcillosas en contacto gradacional y abrupto.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo púrpura a rosado moderado y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y rosado naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas medias.

JSJ-27 (ver anexo B-27):

La sección parcial tiene JSJ-27 tiene un espesor de 4.45 metros. En esta sección se presenta una intercalación de arenisca arcillosa, paraconglomerado polimíctico y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa y muy gruesa. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca es masiva. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Infrayacente y suprayacente se presentan rocas en contacto gradacional y abrupto.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena gruesa a gránulo y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo

pálido y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y naranja muy pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, los paraconglomerados presentan bases erosivas. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Infrayacente y suprayacente se presentan rocas en contacto gradacional y abrupto.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo púrpura a rosado moderado y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y rosado naranja grisáceo. Las rocas son masivas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas medias.

Afloramiento 6:

El afloramiento 6 se presenta en la ladera por encima del afloramiento 5. En la parte septentrional de este afloramiento se reconocen las estrías de un plano falla. En el afloramiento 6 se describió la sección parcial JSJ-26 (ver Figura 14). Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describe la sección parcial:



Figura 14: Profundidades de la sección parcial JSJ-26 (tomada en dirección 100°).

JSJ-26 (ver anexo B-26):

La sección parcial tiene un espesor de 10.85 metros. En esta sección se presenta una gradación de paraconglomerado polimíctico a limolita arcillosa.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena gruesa a gránulo y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y naranja muy pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, el paraconglomerado presenta bases erosivas. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Suprayacente se presentan areniscas arcillosas en contacto gradacional.

La arenisca arcillosa y ocasionalmente conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a arena media y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a gránulo. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presentan laminación paralela, gradación normal y estratificación cruzada. Estas rocas forman capas medias.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo pálido a rosado moderado y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y rosado naranja grisáceo. Las rocas son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas.

Afloramiento 7:

En el afloramiento 7 se describió la sección parcial JSJ-3. Cabe mencionar, que las rocas descritas en este afloramiento se encuentran mas meteorizadas que las rocas descritas en los afloramientos anteriores. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas por derrumbes y zonas cubiertas por bloque caídos. A continuación se describe la sección parcial (ver Figura 15):

JSJ-3 (ver anexo B-3):

La sección parcial JSJ-3 tiene un espesor de 26.70 metros. En esta sección se presenta una intercalación de paraconglomerado polimíctico, arenisca arcillosa y conglomerática, limolita arcillosa y arcilita.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena gruesa a gránulo y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es gris claro y gris amarillento y meteoriza a un color gris amarillento y naranja amarillento pálido.

La roca generalmente es masiva. No obstante, los paraconglomerados presentan bases erosivas, componentes imbricados y gradación normal. Estas rocas forman capas gruesas y muy gruesas. Suprayacente se presentan areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas en contacto gradacional.

La arenisca arcillosa y ocasionalmente conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano fino y medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a gránulo. Su color es gris amarillento y amarillo ahumado y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris oliva claro. La roca generalmente es masiva. No obstante, las areniscas arcillosas presentan gradación normal, laminación paralela y estratificación cruzada. Estas rocas forman capas medias y gruesas. Suprayacente se presentan limolitas arcillosas en contacto gradacional.

La limolita arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena fina. Su color es gris medio y amarillo ahumado y meteoriza a un color naranja grisáceo y oliva pálido. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las limolitas arcillosas presentan delgados lentes de arena, laminación cruzada y laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas.

La arcilita presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris medio y amarillo ahumado y meteoriza a un color marrón amarillento oscuro, oliva pálido y naranja amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las arcilitas presentan

laminación incipiente y laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas.

La fractura es tabular a fisil. La arcilita forma capas delgadas a medias.



Figura 15: Profundidades de la sección parcial JSJ-3 (tomada en dirección 45°).

Afloramiento 8:

El afloramiento 8 representa la superficie de una capa de arenisca conglomerática, que buza subparalelo al talud (ver Figura 16). Esta capa está cubierta por bloques deslizados de forma tabular. Estos bloques están deslizados sobre la superficie de la capa. En el afloramiento 8 se describió en la sección parcial JSJ-19. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-19 (ver anexo B-19):

La sección parcial JSJ-19 tiene un espesor de 0.80 metros. En esta sección se presenta una arenisca arcillosa y conglomerática.

La arenisca arcillosa y conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano fino y medio y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa a guijón. Su color es gris amarillento y gris muy claro y meteoriza a un color naranja amarillento pálido. La roca es masiva. Esta arenisca arcillosa y conglomerática forma una capa media.



Figura 16: Afloramiento 8 (tomada en dirección 160°).

Afloramiento 9:

El afloramiento 9 representa la superficie de una capa de paraconglomerado polimíctico, que buza subparalelo al talud (ver Figura 17). Esta capa está cubierta por bloques deslizados de forma tabular. Estos bloques están deslizados sobre la superficie de la capa. En el afloramiento 9 se describió en la sección parcial JSJ-28. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-28 (ver anexo B-28):

La sección parcial JSJ-28 tiene un espesor de 0.90 metros. En esta sección se presenta una capa de paraconglomerado polimíctico.

El paraconglomerado polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena media a gránulo y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color gris claro medio y gris medio y meteoriza a un color pardo claro. La roca es masiva. No obstante, el paraconglomerado presenta gradación normal. Esta roca forma una capa media.

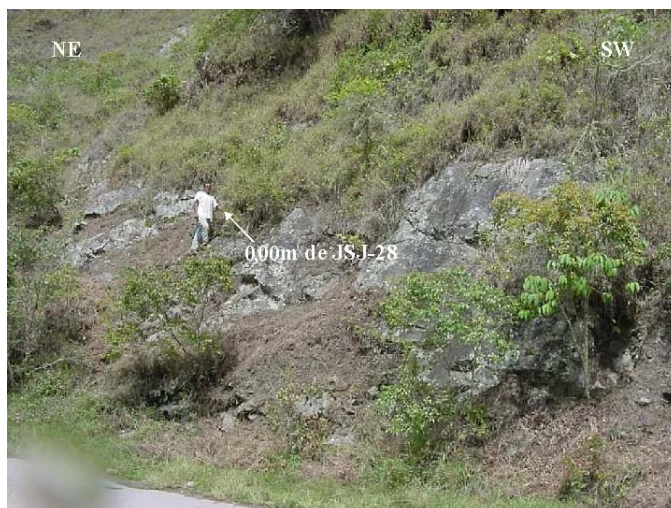


Figura 17: Afloramiento 9 (tomada en dirección 115°).

Afloramiento 11:

El afloramiento 11 presenta estratos que describen un sinclinal. En este afloramiento se describieron dos secciones parciales, de base a tope: JSJ-2 (ver Figura 18) y JSJ-29 (ver Figura 19). Es de hacer notar, que en la parte meridional del afloramiento se presentan inyectitas de areniscas conglomeráticas a paraconglomerados. Estas inyectitas son subparalelas a la estratificación (sills y diques de arena). Suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos e infrayacente al afloramiento se encuentra el afloramiento 12. A continuación se describen las secciones parciales:

JSJ-2 (ver anexo B-2):

La sección parcial JSJ-2 tiene un espesor de 19.45 metros. En esta sección se presenta una intercalación de calizas, margas, arcilita calcárea, arenisca calcárea y arcillosa, limolita calcárea y arcillosa y paraconglomerado ligeramente calcáreo y polimíctico. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-29.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es negro grisáceo, gris oscuro y gris oscuro medio y meteoriza a un

color gris medio, marrón amarillento pálido y naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris medio y gris oliva y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las margas presentan varvas, laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas, estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilitas calcáreas forman capas delgadas a gruesas.

La arenisca calcárea y arcillosa y ocasionalmente conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a gránulo. Su color es gris claro a gris medio y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo, gris amarillento y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, rizaduras asimétricas y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas y medias.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, las limolitas calcáreas presentan varvas, laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, rizaduras asimétricas, fallas normales sinsedimentarias y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Esta limolita arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

El paraconglomerado ligeramente calcáreo y polimíctico posee una matriz arenosa, teniendo un tamaño de grano promedio de arena media y un tamaño de grano máximo de guijón. Su color es gris claro y gris claro medio y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, presenta gradación normal. Estas rocas forman capas medias.



Figura 18: Profundidades en la sección parcial JSJ-2 (tomada en dirección 160°).

JSJ-29 (ver anexo B-29):

La sección parcial JSJ-29 tiene un espesor de 5.00 metros. en esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilitas calcáreas, calizas y limolita calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta el núcleo de un sinclinal erosionado.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro a gris medio y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, las margas presentan varvas, laminación incipiente, laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas, estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris oscuro y gris oscuro medio y meteoriza a un color gris medio y naranja grisáceo. Las rocas son masivas. No obstante, las calizas presentan estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Estas calizas forman capas delgadas.



Figura 19: Sección parcial JSJ-29 (tomada en dirección 95°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, las limolitas calcáreas presentan varvas, laminación incipiente o paralela y vetas de calcita. La fractura es tabular a físil. Esta limolita arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris claro a gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, presenta laminación incipiente o paralela y vetas de calcita. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas.

Afloramiento 12:

En el afloramiento 12 se describió en la sección parcial JSJ-1 (ver Figura 20). Suprayacente a este afloramiento se encuentra el afloramiento 11, e infrayacente al afloramiento se presenta un cubierto de bloques caídos. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-1 (ver anexo B-1):

La sección parcial JSJ-1 tiene un espesor de 10.00 metros. En esta sección se presenta una intercalación de calizas, margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa y arenisca calcárea y arcillosa.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris oscuro y gris oscuro medio y meteoriza a un color gris oliva claro, marrón amarillento pálido y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es negro oliva, gris oscuro y gris oscuro medio y meteoriza a un color gris oliva claro y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas, estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a físil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación incipiente, rizaduras

asimétricas y vetas de calcita. La fractura es tabular a físil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris medio y gris claro medio y meteoriza a un color gris oliva claro, gris amarillento y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, rizaduras asimétricas, huellas de carga y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.



Figura 20: Sección parcial JSJ-1 (tomada en dirección 95°).

Afloramiento 13:

En el afloramiento 13 se presentan dos fallas inversas en la zona inferior y meridional del afloramiento y una falla normal en la zona superior y septentrional del afloramiento (ver Anexo D-1). Las fallas inversas delimitan las tres secciones parciales descritas en este afloramiento (ver Figura 21 y Figura 22), de base a tope: JSJ-25, JSJ-14 y JSJ-13. En el extremo meridional del afloramiento los estratos describen un anticlinal con pliegues secundarios. Es de hacer notar, que en la parte meridional del afloramiento se presentan inyectitas de arena (ver Figura 24). Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se

presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describen las secciones parciales:

JSJ-25 (ver anexo B-25):

La sección parcial tiene un espesor de 7.70 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa y arenisca calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-14 por contacto de falla (ver Figura 21).

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es negro grisáceo a gris medio oscuro y meteoriza a un color gris medio, naranja grisáceo y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan varvas, laminación incipiente, estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.



Figura 21: Sección parcial JSJ-25 (tomada en dirección 65°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-25 y JSJ-14.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oscuro medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es

masiva. No obstante, se presentan varvas, laminación ondulada, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris claro medio y gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris oliva claro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, rizaduras asimétricas y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

JSJ-14 (ver anexo B-14):

La sección parcial JSJ-14 tiene un espesor de 12.05 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, calizas, limolita calcárea y arcillosa y dolomía calcárea. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-13 por contacto de falla (ver Figura 22).



Figura 22: Sección parcial JSJ-14 (tomada en dirección 90°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-13 y JSJ-14.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro a gris medio y

gris oliva y meteoriza a un color gris medio, naranja grisáceo y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, presentan laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La caliza, la caliza arcillosa y la dolomía calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris oliva claro y gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan estructuras entrecruzadas (ver Figura 23), estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas y dolomía calcárea forman capas delgadas y medias.



Figura 23: Calizas con estructura entrecruzada en la profundidad 3.80m.

Sección parcial JSJ-14 (tomada en dirección 50°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oscuro medio y gris oliva claro y meteoriza un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación paralela, laminación incipiente y

vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

Además, se presentan arenisca calcárea y fosilífera que gradan a marga arenosa y fosilífera. Estas rocas fueron interpretadas como una secuencia turbidítica. La arenisca calcárea y fosilífera poseen un tamaño de grano promedio de arena fina que gradan a marga arenosa y fosilífera de grano promedio arcilla. El tamaño de grano máximo de estas rocas es arena media y grueso. Su color es gris medio oscuro a gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y gris oliva claro. Las rocas presentan gradación normal y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron fragmentos de algas, de ostrácodos y de estéridos. Estas rocas forman capas delgadas.

JSJ-13 (ver anexo B-13):

La sección JSJ-13 tiene un espesor de 5.00 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, calizas y limolita calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris amarillento y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y gris claro medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan vetas de calcita. La

fractura es concooidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas y medias.



Figura 24: Dique de arena en JSJ-13 (tomada en dirección 70°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-13 y JSJ-14.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta La fractura es tabular a fisil, estratificación flaser, laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

Afloramiento 14:

En el afloramiento 14 se presentan ocho fallas normales, sin control estratigráfico y una masa desplomada en la parte meridional del afloramiento. Las fallas y la superficie de ruptura de la masa desplomada delimitan las catorce secciones parciales descritas en este afloramiento, de base a tope: JSJ-24, JSJ-23, JSJ-22, JSJ-21, JSJ-20, JSJ-12, JSJ-11, JSJ-10, JSJ-9, JSJ-7, JSJ-8, JSJ-6, JSJ-5 y JSJ-4. Es de hacer notar, que en este afloramiento se presentan pliegues menores asociadas a las fallas (pliegues de arrastre). Infrayacente y suprayacente a este

afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describen las secciones parciales:

JSJ-24 (ver anexo B-24):

La sección parcial JSJ-24 tiene un espesor de 6.85 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea y limolita calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-23 (ver Figura 25).



Figura 25: Secciones parciales JSJ-23 y JSJ-24 (tomada en dirección 60°).

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es negro grisáceo a gris oscuro medio y meteoriza a un color gris amarillento y gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a laminaciones micáceas. La fractura es concoidal a fisil. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina y fina. Su color es gris oscuro medio a gris claro y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro y naranja amarillento pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta

laminación incipiente o paralela y laminación ondulada. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

JSJ-23 (ver anexo B-23):

La sección JSJ-23 tiene un espesor de 3.25 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa y arenisca calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-22 por contacto de falla.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oliva y gris oscuro y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminaciones delgadas, debido a láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oliva claro y gris claro medio y meteoriza a un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación incipiente, laminación ondulada, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena fina. Su color es gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja amarillento pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela y vetas de calcita. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas y medias.

JSJ-22 (ver anexo B-22):

La sección JSJ-22 tiene un espesor de 3.65 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y calizas. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-21 por contacto de falla (ver Figura 26).



Figura 26: Secciones parciales JSJ-20, 21, 22 y 23 (tomada en dirección 80°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-21 y JSJ-22.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris medio oscuro y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina y fina. Su color es gris medio y gris claro medio y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, rizaduras y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio oscuro y gris oliva y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Estas calizas forman capas delgadas y medias.

JSJ-21 (ver anexo B-21):

La sección JSJ-21 tiene un espesor de 2.05 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilite calcárea y limolite calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-20.

La marga, la marga limosa y la arcilite calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oliva claro y gris oscuro medio y meteoriza a un color gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura concoidal a fisil. Estas margas y arcilite calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolite calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina y fina. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, rizaduras asimétricas y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolite arcillosa forma capas delgadas y medias.

JSJ-20 (ver anexo B-20):

La sección JSJ-20 tiene un espesor de 6.30 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilite calcárea, limolite calcárea y arcillosa y pequeños diques de limo (ver Figura 27). Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-12.



Figura 27: Laminación paralela, ondulada y un dique de limo en la parte inferior del lápiz.

Sección parcial JSJ-20 (tomada en dirección 80°).

La margas, la margas limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro a gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan delgados lentes de arena, laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina a media. Su color es gris oscuro medio y gris oliva claro y meteoriza a un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela (ver Figura 27) y rizaduras asimétricas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

JSJ-12 (ver anexo B-12):

La sección JSJ-12 tiene un espesor de 5.70 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea y limolita calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-11 por contacto de falla (ver Figura 28).

La margas, la margas limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro medio a gris claro medio y gris oliva claro y meteoriza a un color gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oscuro medio a gris claro medio y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro y amarillo verdusco pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas y estructuras de escape de fluidos. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.



Figura 28: Sección parcial JSJ-12 (tomada en dirección 95°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-11 y JSJ-12.

JSJ-11 (ver anexo B-11):

La sección JSJ-11 tiene un espesor de 32.80 metros (ver Figura 29). En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa, arenisca

calcárea y arcillosa, calizas y arcilita. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-10 (ver Figura 30) por contacto de falla.

La margas, la margas limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro medio a gris claro y gris oliva claro y meteoriza a un color gris claro, naranja grisáceo y naranja amarillento pálido. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan delgados lentes de arena, laminación incipiente, laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.



Figura 29: Sección parcial JSJ-11 (tomada en dirección 75°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oscuro medio a gris claro y meteoriza a un color gris oliva claro, naranja grisáceo, amarillo grisáceo y naranja muy pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, rizaduras asimétricas, delgados lentes de arena, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris claro medio y gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris oliva claro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela y rizaduras asimétricas. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris claro y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan estilolitas y vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas y medias.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es negro grisáceo y gris oscuro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.

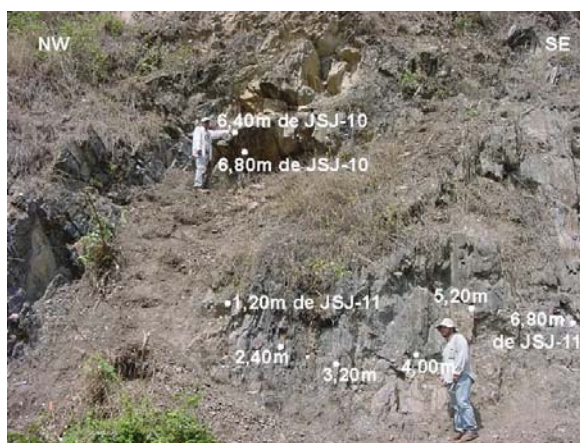


Figura 30: Secciones parciales JSJ-11 y JSJ-10 (tomada en dirección 60°).

JSJ-10 (ver anexo B-10):

La sección JSJ-10 tiene un espesor de 10.00 metros (ver Figura 31). En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa, arenisca

calcárea y arcillosa, calizas y arcilita. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-9 por contacto de falla (ver Figura 32).

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris medio oscuro y meteoriza a un color gris medio. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente, laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.



Figura 31: Sección parcial JSJ-10 (tomada en dirección 85°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris medio a gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo y amarillo grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, rizaduras asimétricas, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación

ondulada y laminación paralela. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y gris azulado medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es negro grisáceo y gris oscuro y meteoriza a un color gris medio oscuro. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.



Figura 32: Sección parcial JSJ-9 y JSJ-10 (tomada en dirección 75°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-9 y JSJ-10.

JSJ-9 (ver anexo B-9):

La sección JSJ-9 tiene un espesor de 4.10 metros. En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa, arenisca calcárea y arcillosa y calizas. Suprayacente se presenta la sección parcial JSJ-7 por contacto de falla.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro medio a gris

claro y meteoriza a un color gris oliva claro y naranja muy pálido. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta delgados lentes de arena, laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro y gris claro medio y meteoriza a un color gris oliva claro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, rizaduras asimétricas y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa. Su color es gris claro medio y gris claro y meteoriza a un color naranja amarillento pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas, bases erosivas y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan vetas de calcita. La fractura es concoidal. Estas calizas forman capas delgadas.

JSJ-7 (ver anexo B-7):

La sección JSJ-7 tiene un espesor de 4.50 metros (ver Figura 33). En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa, arenisca calcárea y

arcillosa, calizas y arcilita. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-8 por contacto de falla (ver Figura 34).

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro medio y gris medio y gris oliva claro y meteoriza a un color amarillo grisáceo, naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a láminas micáceas y laminación incipiente. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oscuro medio y gris medio y meteoriza a un color gris oliva claro y naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris claro medio y gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. La fractura es concoidal. Estas calizas forman capas delgadas.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris claro medio y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro. La roca es masiva. No obstante,

se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.



Figura 33: Sección parcial JSJ-7 (tomada en dirección 80°).

Las líneas rojas indican el contacto de falla entre JSJ-6 y JSJ-7.

JSJ-8 (ver anexo B-8):

La sección parcial JSJ-8 tiene un espesor de 2.65 metros (ver Figura 34). En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, margas, arcilita calcárea y arenisca calcárea y conglomerática. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-6 por contacto de falla.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente o paralela y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris muy claro y gris azulado claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente y vetas de calcita. La fractura es concoidal a

físil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a guijón. Su color es gris claro y gris amarillento y meteoriza a un color marrón amarillento moderado. La roca generalmente es masiva. Esta arenisca calcárea y conglomerática forman capas delgadas y medias.



Figura 34: Sección parcial JSJ-8 (tomada en dirección 75°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-7 y JSJ-8.

JSJ-6 (ver anexo B-6):

La sección parcial JSJ-6 tiene un espesor de 7.20 metros (ver Figura 35). En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa, arenisca calcárea y arcillosa, calizas y arcilita. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-5 por contacto de falla.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris oscuro medio y meteoriza a un color naranja grisáceo y gris amarillento. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a físil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro medio y gris oliva claro y meteoriza a un color gris amarillento y naranja amarillento oscuro. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, estructuras de escape de fluidos, fallas normales sinsedimentarias y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris claro medio y gris claro y meteoriza a un color naranja amarillento pálido y naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron restos de plantas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas a medias.



Figura 35: Sección parcial JSJ-6 (tomada en dirección 70°).

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan vetas de calcita. La fractura es concoidal. Estas calizas forman capas delgadas.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris verdusco y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.

JSJ-5 (ver anexo B-5):

La sección parcial JSJ-5 tiene un espesor de 8.10 metros (ver Figura 36). En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, margas, arcilita calcárea y arenisca calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-4 por contacto de falla.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdusco y meteoriza a un color naranja muy pálido y amarillo verdusco pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación incipiente o paralela, rizaduras asimétricas, fallas normales sinsedimentarias y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris claro y gris verdusco y meteoriza a un color amarillo grisáceo, pardo claro y gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada debido a láminas micáceas y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela, estratificación cruzada, rizaduras

asimétricas y vetas de calcita. Esta arenisca calcárea y arcillosa forman capas delgadas y medias.



Figura 36: Sección parcial JSJ-5 (tomada en dirección 75°).

JSJ-4 (ver anexo B-4):

La sección parcial JSJ-4 tiene un espesor de 6.00 metros (ver Figura 37). En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, margas, arcilita calcárea, arenisca calcárea y conglomerática, calizas y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro medio y meteoriza a un color gris amarillento y amarillo grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas a gruesas.

La arenisca calcárea y conglomerática posee un tamaño de grano promedio de arena media y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa a guijón. Su color es gris muy claro y gris claro y meteoriza a un color naranja muy pálido y naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación cruzada, laminación paralela, rizaduras asimétricas, bases erosivas y vetas de calcita. Esta arenisca calcárea y conglomerática forma capas muy delgadas a medias.

La caliza y la caliza arcillosa en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y meteoriza a un color gris oliva claro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presentan vetas de calcita. La fractura es concoidal. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas calizas forman capas delgadas.

La limolita arcillosa posee un tamaño de grano promedio limo y un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma una capa delgada.



Figura 37: Sección parcial JSJ-4 (tomada en dirección 88°).

Afloramiento 15:

En el afloramiento 15 se presentan estratos reptados o posiblemente desplomados. Sin embargo, en este afloramiento se describió la sección parcial JSJ-15 como dos bloques con estratos separados por una zona cubierta de un metro de espesor (ver Figura 38). Infrayacente

y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-15 (ver anexo B-15):

La sección parcial JSJ-15 tiene un espesor de 3.65 metros. En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, margas, arcilita calcárea, arenisca calcárea y arcillosa y arcilita. Suprayacente se presenta una zona cubierta de bloques caídos.



Figura 38: Afloramiento 15 (tomada en dirección 40°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias. La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris verdoso y gris medio y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris claro y gris verdoso y meteoriza a un color gris amarillento. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas y bases erosivas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es oliva pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.

Afloramiento 16:

En el afloramiento 16 se presentan dos bloques separados por una zona cubierta. En esta zona cubierta se interpreto una falla normal (ver Anexo A-1). En el bloque piso, ubicado en la zona inferior del afloramiento, se describió la sección parcial JSJ-16 (ver Figura 39). En el bloque techo, ubicado en la zona superior del afloramiento, se describieron cuatro secciones parciales, de base a tope: JSJ-33, JSJ-32, JSJ-31 y JSJ-30 (ver Figura 40). Cabe mencionar, que en el bloque techo se presentan fallas menores, pliegues asociados a deslizamiento sinsedimentario “slump” y una base erosiva que trunca los pliegues sinsedimentarios. Estas superficies geológicas delimitan las cuatro secciones parciales definidas en el bloque techo (ver Anexo D-1). Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describen las secciones parciales:

JSJ-16 (ver anexo B-16):

La sección parcial JSJ-16 tiene un espesor de 1.80 metros (ver Figura 39). En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, arenisca calcárea y arcillosa,

arcilita, margas y arcilita calcárea. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.



Figura 39: Sección parcial JSJ-16 (tomada en dirección 20°).

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena muy gruesa. Su color es gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación paralela, estratificación cruzada y rizaduras asimétricas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y gris oscuro medio y meteoriza a un color naranja amarillento pálido. La roca es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma una capa delgada.

La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris verdoso y gris oliva claro y meteoriza a un color amarillo verdoso pálido. Las rocas por lo general son masivas.

No obstante, se presenta laminación incipiente y vetas de calcita. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. La fractura es concoidal a fisil. Estas margas y arcilite calcárea forman capas muy delgadas a medias.

JSJ-33 (ver anexo B-33):

La sección parcial JSJ-33 tiene un espesor de 3.70 metros. En esta sección se presenta una intercalación de limolite calcárea y arcillosa, margas, arcilite calcárea y arenisca arcillosa. Los estratos describen un pliegue antiformal que se interpreta como un pliegue anticlinal. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-32 por contacto de falla (ver Figura 40).

La limolite calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdoso y meteoriza a un color gris amarillento y amarillo ahumado. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta limolite arcillosa forma capas delgadas y medias.

La marga, la marga limosa y la arcilite calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris verdoso y gris oscuro medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Estas margas y arcilite calcárea forman capas delgadas y medias.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena media a muy gruesa. Su color es gris oliva claro y oliva claro y meteoriza a un color marrón amarillento moderado. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada y rizaduras asimétricas. Esta arenisca arcillosa forma capas delgadas y medias.



Figura 40: Secciones parciales JSJ-30, 31, 32, 33 y JSJ-16 (tomada en dirección 80°).

La línea roja indica el contacto de falla entre JSJ-32 y JSJ-33.

JSJ-32 (ver anexo B-32):

La sección parcial JSJ-32 tiene un espesor de 5.80 metros. En esta sección se presenta una intercalación de arenisca y arcillosa, limolita arcillosa y arcilita. Los estratos describen un pliegue antiforme que se interpreta como un pliegue anticlinal. Suprayacente a esta sección se presenta una base erosiva que trunca los pliegues y la delimita con la sección parcial JSJ-31.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y muy fina y un tamaño de grano máximo de arena media y gruesa. Su color es gris amarillento, amarillo ahumado y oliva pálido y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo, naranja grisáceo y marrón amarillento pálido. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela, rizaduras asimétricas y una veta de calcita. Esta arenisca arcillosa forma capas delgadas y medias.

La limolita arcillosa posee un tamaño de grano promedio limo y un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdoso y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas son masivas. No obstante, se presenta laminación ondulada y laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es negro verdoso, gris verdoso oscuro y gris oscuro y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro y marrón amarillento moderado. Las rocas son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma capas delgadas.

JSJ-31 (ver anexo B-31):

La sección parcial JSJ-31 tiene un espesor de 1.70 metros. En esta sección se presenta una intercalación de arenisca arcillosa y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta la sección parcial JSJ-30 por contacto de falla.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y fina y un tamaño de grano máximo de arena media y gruesa. Su color es gris amarillento y amarillo ahumado y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo. Las rocas son masivas. No obstante, se presentan laminación paralela y rizaduras asimétricas. Esta roca forma capas medias.

La limolita arcillosa posee un tamaño de grano promedio limo y un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada, debido a laminaciones micáceas. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

JSJ-30 (ver anexo B-30):

La sección parcial JSJ-30 tiene un espesor de 3.30 metros. En esta sección se presenta una intercalación de limolita arcillosa, arenisca arcillosa, arcilita y limolita calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La limolita arcillosa posee un tamaño de grano promedio limo y un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdoso y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas

son masivas. No obstante, se presenta laminación ondulada. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena gruesa y muy gruesa. Su color es gris amarillento y amarillo ahumado y meteoriza a un color rosado naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada, laminación paralela y rizaduras asimétricas. Esta arenisca arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris medio y gris amarillento y meteoriza a un color marrón oliva pálido. Las rocas son masivas. No obstante, se presenta laminación muy delgada, debido a láminas micáceas. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma capas delgadas.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdoso y gris oliva claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, laminación incipiente y estructuras de escape de fluidos. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma una capa delgada.

Afloramiento 17:

El afloramiento 17 se describió la sección parcial JSJ-17. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-17 (ver anexo B-17):

La sección parcial JSJ-17 tiene un espesor de 13.55 metros (ver Figura 41). En esta sección se presenta una intercalación de margas, arcilita calcárea, limolita calcárea y arcillosa y arenisca

calcárea y arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La margas, la margas limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es oliva pálido y gris medio y meteoriza a un color naranja grisáceo y amarillo grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris verdoso y oliva pálido y meteoriza a un color naranja grisáceo y amarillo ahumado. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación ondulada, rizaduras, estructuras de escape de fluidos y vetas de calcita. La fractura es tabular a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris oliva claro y gris claro medio y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta laminación ondulada y rizaduras asimétricas. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas.



Figura 41: Afloramiento 17 (tomada en dirección 60°).

Afloramiento 18:

En el afloramiento 18 se describió en la sección parcial JSJ-18. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos. A continuación se describe la sección parcial:

JSJ-18 (ver anexo B-18):

La sección parcial JSJ-18 tiene un espesor de 5.90 metros (ver Figura 42). En esta sección se presenta una intercalación de limolita calcárea y arcillosa, margas, arcilita calcárea, arenisca calcárea y arcillosa, arcilita y limolita arcillosa. Suprayacente a esta sección se presenta una zona cubierta de bloques caídos.

La limolita calcárea y arcillosa presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es oliva pálido y meteoriza a un color naranja grisáceo. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser, laminación incipiente y estructuras de escape de fluidos. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas y medias. La marga, la marga limosa y la arcilita calcárea en sus componentes siliciclásticos presentan un tamaño de grano máximo de limo y arena muy fina. Su color es gris verdoso y gris claro y meteoriza a un color naranja grisáceo. Las rocas por lo general son masivas. No obstante, se presenta laminación incipiente y estructuras de escape de fluidos. La fractura es concoidal a fisil. Entre sus fósiles se identificaron ostrácodos y estéridos. Estas margas y arcilita calcárea forman capas delgadas y medias.

La arenisca calcárea y arcillosa posee un tamaño de grano promedio de arena muy fina y un tamaño de grano máximo de arena media. Su color es gris amarillento y meteoriza a un color gris verdoso. La roca generalmente es masiva. No obstante, se presenta estratificación flaser. Esta arenisca calcárea y arcillosa forma capas delgadas.

La arcilita posee un tamaño de grano máximo de limo. Su color es gris amarillento, gris oscuro medio y oliva pálido y meteoriza a un color pardo claro y rosado naranja grisáceo. La roca es masiva. La fractura es tabular a fisil. Esta arcilita forma capas delgadas.

La limolita arcillosa posee un tamaño de grano promedio limo y un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es gris amarillento y oliva pálido y meteoriza a un color gris pardo. Las rocas son masivas. No obstante, se presentan rizaduras asimétricas y estructuras de escape de fluidos. La fractura es tabular a fisil. Esta limolita arcillosa forma capas delgadas.



Figura 42: Afloramiento 18 (tomada en dirección 90°).

Afloramiento A-2:

El afloramiento A-2 presenta estratos con un espesor de 29.00 metros (ver Figura 43). El cuerpo rocoso fue dividido en nueve unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 2.00 metros, la UD2 de 1.00 metros, la UD3 de 8.00 metros, la UD4 de 2.00 metros, la UD5 de 0.70 metros, la UD6 de 0.90 metros, la UD7 de 4.00 metros, la UD8 de 5.00 metros y la UD9 de 5.40 metros. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2, UD3, UD4, UD5, UD6, UD7, UD8 y UD9 consisten en gradaciones de areniscas arcillosas y conglomeráticas a arcilitas. En estas unidades se presenta una

disminución de la dominancia de areniscas arcillosas y conglomeráticas hacia UD1, y un aumento del tamaño de los granos hacia UD9.

Las areniscas arcillosas y ocasionalmente conglomeráticas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa a gránulo. Su color es gris rosado, rosado claro, gris claro y rojo pálido y meteoriza a un color marrón amarillento moderado y marrón grisáceo. La roca, generalmente es masiva. No obstante, presenta laminación ondulada, gradación normal, rizaduras, estratificación cruzada de bajo ángulo y bases erosivas. Estas rocas, forman capas muy delgadas a gruesas. Suprayacente a estas rocas se encuentran limolitas arcillosas en contacto gradacional.

Las limolitas arcillosas presentan un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo pálido y meteoriza a un color marrón amarillento moderado, marrón grisáceo y rosado naranja moderado. Las rocas, por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación incipiente y laminación ondulada. La limolita arcillosa forma capas muy delgadas a medias. Suprayacente a estas rocas se encuentran arcilitas en contacto gradacional.



Figura 43: Afloramiento A-2 (tomada en dirección 55°).

Las arcilitas presentan un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo grisáceo y meteoriza a un color marrón amarillento oscuro. Las rocas, por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación muy delgada debido a la presencia de láminas

micáceas. La laminación es incipiente y la fractura es tabular a fisil. La arcilita forma capas muy delgadas a medias.

Afloramiento A-3:

El afloramiento A-3 presenta estratos con un espesor de 26.00 metros. El cuerpo rocoso fue dividido en cinco unidades de descripción, de tope a base: la UD1 de 2.00 metros, la UD2 de 2.80 metros, la UD3 de 1.80 metros, la UD4 de 9.00 metros y la UD5 de 10.40 metros. Infrayacente y suprayacente a este afloramiento se presentan zonas cubiertas de bloques caídos.

Las UD1, UD2, UD3, UD4 y UD5 consisten en intercalaciones de areniscas ligeramente calcáreas y arcillosas, areniscas arcillosas, limolitas ligeramente calcáreas y arcillosas, limolitas arcillosas y arcilitas ligeramente calcáreas.

Las limolitas arcillosas presenta un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es rojo pálido y rosado pálido y meteoriza a un color marrón amarillento oscuro, naranja moderado y naranja grisáceo. Las rocas, por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación incipiente y en laminación muy delgada, debido a la presencia de láminas micáceas. Las limolitas arcillosas forman capas delgadas y medias.

Las areniscas arcillosas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa y muy gruesa. Su color es rojo pálido y rojo grisáceo y meteoriza a un color marrón amarillento pálido y naranja amarillento pálido. La roca es masiva. Estas rocas forman capas delgadas a gruesas. Suprayacente a estas rocas se encuentran limolita arcillosa en contacto gradacional.

Las areniscas ligeramente calcáreas y arcillosas poseen un tamaño de grano promedio de arena de grano muy fino a medio y un tamaño de grano máximo de arena gruesa. Su color es gris verdoso y gris azulado claro y meteoriza a un color marrón amarillento moderado y marrón naranja grisáceo. La roca, generalmente es masiva. No obstante, se presenta

laminación incipiente y vetas de calcita. Estas rocas, forman capas muy delgadas a gruesas.

Suprayacente a estas rocas se encuentran limolitas ligeramente calcáreas y arcillosas y arcilitas ligeramente calcáreas en contacto gradacional y abrupto.

Las limolitas ligeramente calcáreas y arcillosas presentan un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es oliva pálido, gris verdusco y azul pálido y meteoriza a un color marrón amarillento oscuro y naranja amarillento moderado. Las rocas, por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación incipiente, vetas de calcita y moldes de ostrácodos o estéridos? (ver Figura 44). La limolita ligeramente calcárea y arcillosa forma capas muy delgadas y delgadas. Suprayacente a estas rocas se encuentran arcilitas ligeramente calcáreas y limolitas arcillosas en contacto gradacional y abrupto.



Figura 44: Afloramiento A-3 (tomada en dirección 55°).

Las arcilitas ligeramente calcáreas presentan un tamaño de grano máximo de arena muy fina. Su color es oliva pálido y gris verdoso y meteoriza a un color naranja amarillento oscuro y amarillo moderado. Las rocas, por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación muy delgada debido a la presencia de láminas micáceas o laminación incipiente, su fractura es tabular a físil y en partes es astillosa. Además, las rocas presentan vetas de calcita. Las arcilitas ligeramente calcáreas forma capas muy delgadas y delgadas.

3.2. - GEOLÓGIA ESTRUCTURAL :

Según PARNAUD *et al* (1995), En el Occidente de Venezuela, se distinguen seis supersecuencias, limitadas por discordancias, que evidencian la evolución de las cuencas en el Mesozoico-Cenozoico, de un proceso de extensión a uno de colisión. La supersecuencia A fue depositada durante un episodio de apertura de corteza del Jurásico. En los Andes de Mérida, la supersecuencia Jurásica es identificada como Formación La Quinta, que fue depositada en un ambiente continental con dominancia de areniscas rojas. La supersecuencia B corresponde al margen pasivo subsiguiente, durante el Cretácico Temprano al Tardío. La supersecuencia C marca la transición a un régimen compresivo en el Cretácico Tardío y Paleoceno Temprano. La compresión es el resultado de la colisión y obducción del arco volcánico pacífico al Oeste con la placa suramericana. La supersecuencia D pone de manifiesto el desarrollo de la cuenca de antepaís del Paleoceno Tardío-Eoceno Medio, al frente del arco volcánico pacífico, y el emplazamiento de las napas de Lara. Las supersecuencias E y F se atribuyen a las modificaciones en la cuenca de antepaís debidas a la colisión Eoceno Tardío-Pleistoceno del arco de Panamá. Los levantamientos de la Serranía de Perijá, del Macizo de Santander y de los Andes de Mérida partitionaron la cuenca de antepaís generando así las actuales cuencas del Lago de Maracaibo y Barinas-Apure.

En el área de Jají-San Juan se interpretaron dos fallas sin control estratigráfico (**Falla 2** y **Falla 3**). Estas fallas atraviesan la zona de estudio dividiéndola en tres cuerpos tectónicos (**Bloque Tectónico Meridional, Central y Septentrional**). A continuación, se describen los cuerpos tectónicos:

BLOQUE TECTÓNICO MERIDIONAL:

El bloque tectónico meridional está conformado por los afloramientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 y 12. Este bloque está limitado en su extremo más septentrional por la Falla 2 con el

bloque tectónico central, hasta llegar en su zona más meridional con el extremo sur de la carretera.

Los afloramientos 1, 2, 3 y 4 no presentan fallas ni pliegues. En el afloramiento 1, las estratos tienen una dirección $N78^{\circ}E33^{\circ}N$. En el afloramiento 2, las estratos tienen una dirección $N67^{\circ}E35^{\circ}N$. En el afloramiento 3, las estratos tienen una dirección $N54^{\circ}E34^{\circ}N$. En el afloramiento 4, las estratos tienen una dirección $N64^{\circ}E33^{\circ}N$.

En el afloramiento 5 se estudiaron las secciones parciales JSJ-27, JSJ-34, JSJ-35 y JSJ-36. Los estratos del afloramiento 5 tienen una dirección $N62^{\circ}E47^{\circ}N$. Las secciones parciales JSJ-27 y JSJ-35 están separadas de la sección parcial JSJ-34 por una falla (*Falla 1*), que buza subparalelo a la ladera, teniendo direcciones de $N10^{\circ}E30^{\circ}N$ a $N10^{\circ}E45^{\circ}N$. Las estrías indican que el bloque techo, formado por las secciones parciales JSJ-27 y JSJ-35, fue deprimido y se desplazó en dirección $S40^{\circ}W$ (ver Figura 45). Por lo tanto, esta falla es normal-sinistral y el área de la sección parcial JSJ-34 representa una ventana tectónica, en la cual aflora el bloque piso (ver Anexo D-1, D-2 y Anexo A-1).



Figura 45: Plano de estrías de la *Falla 1* (tomada en dirección 80°).

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores y en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 0,80 de la sección parcial JSJ-35 (bloque techo) con en el metro 0,40 de la sección parcial JSJ-34 (bloque piso). El metro 3,50 de la sección parcial JSJ-35 suprayace con 0,60m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-36. El metro 4,45 de la sección parcial JSJ-27 suprayace con 0,45m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-35 (ver Anexo C-1).

En el afloramiento 6 se estudió la sección parcial JSJ-26. Los estratos de esta sección tienen una dirección N55°E36°N. En la parte septentrional del afloramiento 6 se presenta un plano de falla que tiene una dirección N28°W74°S. Las estrías sobre el plano de falla indican, que el bloque erosionado fue deprimido y se desplazó en dirección S9°E. Por lo tanto, esta falla es normal-sinistral. Al proyectar la falla normal-sinistral del afloramiento 5 y la falla normal-sinistral del afloramiento 6, en la hoja topográfica 5941 – IV – SE (escala 1:25.000), se interpreta que es la misma falla (**Falla 1**).

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 10,40 de la sección parcial JSJ-26 suprayace con 0,60m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-34 (ver Anexo C-1).

En el afloramiento 7 se estudió la sección parcial JSJ-3. En este afloramiento, los estratos tienen una dirección N53°E39°N y no se presentan fallas ni pliegues. Por lo tanto, la Falla 1 se ubica al norte del afloramiento 7 sin deformarlo.

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 26,70 de la sección parcial JSJ-3 suprayace con 15,50m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-36 (ver Anexo C-1).

Según la proyección de la Falla 1 en la hoja topográfica 5941 – IV – SE (escala 1:25.000), se calcula que esta falla tiene su traza entre los afloramientos 8 y 9 (ver Anexo A-1).

En el área entre los afloramientos 7 y 11 se presentan abundantes bloques caídos y bloques deslizados. Los bloques deslizados pueden mostrar espesores de uno a seis metros y superficies decamétricas. Las direcciones de los rumbos y buzamientos de los bloques deslizados no coinciden con las direcciones de los rumbos y buzamientos de los estratos en los afloramientos adyacentes. Los afloramientos 8 y 9 muestran rumbos y buzamientos similares a los rumbos y buzamientos de los estratos en los afloramientos 6 y 7 y en la parte meridional y superior del afloramiento 11.

En el afloramiento 8, la superficie del estrato estudiado en la sección parcial JSJ-19 tiene una dirección N58°E34°N. Esta superficie está cubierta en su parte meridional por un bloque deslizado.

En el afloramiento 9, los estratos levantados en la sección parcial JSJ-28 tienen una dirección N55°E45°N. En la parte superior y septentrional del afloramiento 9 se presenta una falla inversa-destal (**Falla 28**) con un desplazamiento de pocos centímetros, que tiene una dirección N38°W59°N (ver Figura 46). Las estrías de esta falla indican que el bloque piso se desplazó en dirección N48°E.

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 0,00 de la sección parcial JSJ-19 suprayace con 28,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-3. El metro 0,00 de la sección parcial JSJ-28 suprayace con 54,20m y el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-26. El metro 0,00 de la sección parcial JSJ-29 suprayace con 10,30m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-28 (ver Anexo C-1).



Figura 46: La línea roja indica la *Falla 28* (tomada en dirección 135°).

El afloramiento 10 está ubicado entre los afloramientos 8 y 9, en un caño seco al noreste de la vía (ver Figura 47). En este afloramiento se presenta un bloque desplomado con estratos que representan un espesor total de aproximadamente seis metros. El bloque desplomado suprayace bloques caídos de medio metro a un metro y medio de diámetro.

Los estratos de la parte meridional del afloramiento 11 describen un sinclinal (*Sinclinal 1*). En el flanco sureste del sinclinal 1, se estudió la sección parcial JSJ-29. Los estratos de esta sección tienen una dirección N64°E54°N en la parte superior del afloramiento y de N64°E38°N en la parte inferior del afloramiento (ver Figura 47, Anexo A-1 y Anexo D-1).

En el flanco norte del sinclinal 1, se estudió la sección parcial JSJ-2. Los estratos de esta sección tienen una dirección N82°E30°S en la parte meridional y media del afloramiento 11. En la parte más septentrional del afloramiento 11, los estratos tienen una dirección N80°W48°S. El flanco norte de esta estructura tiene su continuidad en el afloramiento 12, en el cual, se estudió la sección parcial JSJ-1.

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores y en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 0,00 de la sección parcial JSJ-2 con el

metro 4,80 de la sección parcial JSJ-29. El metro 19,00 de la sección parcial JSJ-2 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-1. El metro 10,00 de la sección parcial JSJ-1 suprayace con 3,30m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-3 (ver Anexo C-1).

BLOQUE TECTÓNICO CENTRAL:

El bloque tectónico central está conformado por los afloramientos 13, 14, 15 y la zona meridional del afloramiento 16. Este bloque está limitado en su extremo más septentrional por la Falla 3 con el bloque tectónico septentrional, y está limitado en su extremo más meridional por la Falla 2 con el bloque tectónico meridional.

En campo se reconoce un caño seco entre los afloramientos 12 y 13, este caño representa el rasgo morfológico de una falla (**Falla 2**), rasgo rectificado con la fotointerpretación del área de estudio (fotos aéreas: 010480 1408, 010480 1409 y 010480 1410). Según la construcción de planos en la hoja topográfica 5941 – IV – SE (escala 1:25.000), en ambas laderas del valle de la Quebrada Maruchí, esta falla tiene una dirección $N78^{\circ}E81^{\circ}N$ (ver Figura 47, Anexo A-1 y Anexo D-1). Cabe mencionar, que la falla 2 separa al bloque tectónico meridional del bloque tectónico central. La falla 2 se interpreta como una falla inversa, debido a los pliegues de arrastre que se presentan en los bloques adyacentes.

En el afloramiento 13 se estudiaron de sur a norte las secciones parciales JSJ-25, JSJ-14 y JSJ-13. La sección parcial JSJ-25 muestra los estratos más antiguos del afloramiento 13. Estos estratos describen en la parte más meridional del afloramiento una estructura anticlinal (**Anticlinal 1**) con pliegues y fallas de acomodamiento menores. El anticlinal 1, tiene una dirección $N67^{\circ}E20^{\circ}S$ en el flanco sur y $N67^{\circ}E60^{\circ}N$ en el flanco norte (ver Figura 47, Anexo A-1 y Anexo D-1).

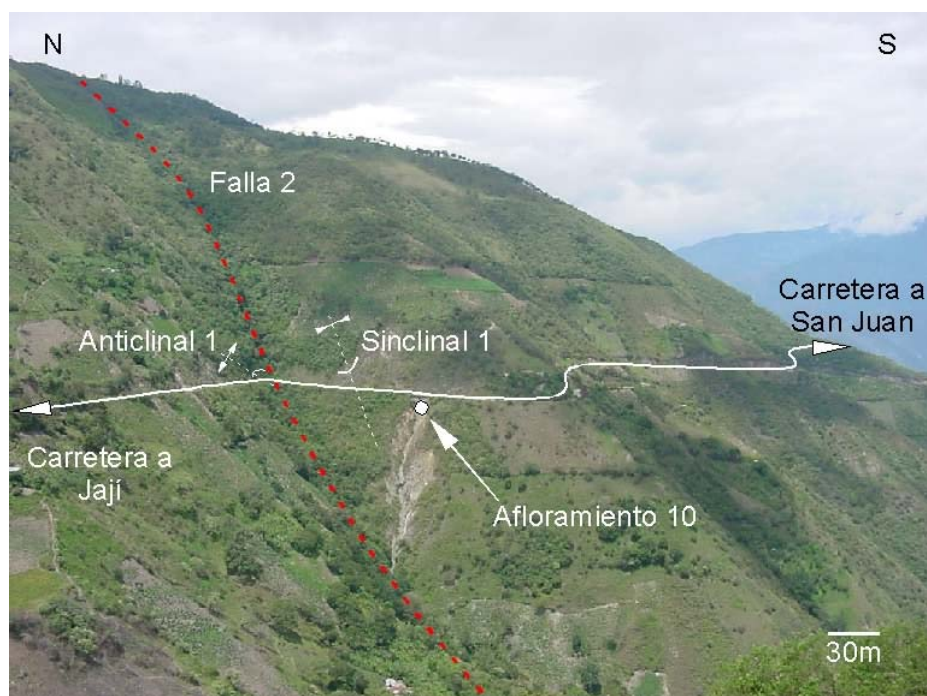


Figura 47: Contacto de falla entre el bloque tectónico central y meridional.

La línea roja indica la **Falla 2** (tomada en dirección 125°).

Los estratos de la sección parcial JSJ-25 tienen una dirección N60°E52°N. La sección parcial JSJ-25 está en contacto por una falla normal con la sección parcial JSJ-14 (**Falla 14/25**). El plano de falla tiene una dirección N52°E12°N. Los estratos adyacentes al plano de falla 14/25 presentan pliegues de arrastre.

En la parte meridional de la sección parcial JSJ-14 se presentan pliegues secundarios (ver Figuras 48 y 49), que describen una “S” visto en dirección W (Oeste). Estos pliegues se forman debido al cizallamiento de los estratos en sentido normal, a lo largo de planos que tienen una dirección N60°E34°N. En la parte media y septentrional de la sección parcial JSJ-14, las estratos tienen una dirección N69°E55°N.



Figura 48 y 49: Pliegues secundarios en “S” (tomadas en dirección 40° y 55°).

Los estratos de la sección parcial JSJ-13 tienen una dirección $N67^{\circ}E56^{\circ}N$. La sección parcial JSJ-13 está en contacto por falla con la sección parcial JSJ-14 (**Falla 13/14**). Esta falla representa una falla normal, que posteriormente fue invertida. En la parte inferior del afloramiento, el plano de falla tiene una dirección $N78^{\circ}E84^{\circ}N$ (muy semejante a la Falla 2). Las estrías del movimiento normal tienen un cabeceo de 74° en dirección W (Oeste) y las estrías del movimiento inverso tienen un cabeceo de 22° en dirección W (Oeste). En el punto poligonal 1852, la rampa de la falla inversa se inclina para continuar hacia arriba como un plano de despegue entre dos estratos (ver Figura 50 y Anexo D-1).



Figura 50: La línea roja indica la **Falla 13/14** (tomada en dirección 85°).

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 12,05 de la sección parcial JSJ-14 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-25. El

metro 5,00 de la sección parcial JSJ-13 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-14 (ver Anexo C-2).

En la parte meridional del afloramiento 14, las estratos tienen una dirección $N60^{\circ}E62^{\circ}N$ a $N60^{\circ}E87^{\circ}N$. En esta zona se presentan dos fallas inversas (*Falla 21/22* y *Falla 22/23*) y una masa desplomada. En la masa desplomada se estudió la sección parcial JSJ-23, que no presenta estratos fallados. Esta masa cubre el intervalo entre el tope de la sección parcial JSJ-24 y la base de la sección parcial JSJ-22.

Entre la sección parcial JSJ-21 y la sección parcial JSJ-22 existe una falla inversa (*Falla 21/22*) con pliegues de arrastre. Esta falla tiene una dirección $N70^{\circ}W58^{\circ}S$ (ver Figura 51). La traza de la falla continúa hacia el sureste en la zona cubierta por bloques caídos, entre los estratos que afloran en la sección parcial JSJ-22, cercanos a la vía y los estratos que afloran en la sección parcial JSJ-20, en la ladera. Los estratos de la sección parcial JSJ-22 están desplazados por una segunda falla inversa (*Falla 22/23*), subparalela a la *Falla 21/22* (ver Anexo D-1). Esta segunda falla tiene un control estratigráfico y muestra un desplazamiento de 0,55 metros.



Figura 51: La línea roja indica la *Falla 21/22* (tomada en dirección 85°).

Los estratos de las secciones parciales JSJ-12 y JSJ-20 tienen una dirección $N72^{\circ}E60^{\circ}N$. Estas secciones afloran en la ladera y están delimitadas por una diaclasa sin desplazamiento a lo largo de la fractura.

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores y en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 5,60 de la sección parcial JSJ-12 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-20. El metro 2,40 de la sección parcial JSJ-20 con el metro 1,00 de la sección parcial JSJ-21. El metro 6,30 de la sección parcial JSJ-20 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-22. El metro 3,25 de la sección parcial JSJ-22 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-23. El metro 3,40 de la sección parcial JSJ-22 suprayace con 3,80m el metro 0,10 de la sección parcial JSJ-24. El metro 6,55 de la sección parcial JSJ-24 suprayace con 16,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-13 (ver Anexo C-2).

En la parte central del afloramiento 14, los estratos de la sección parcial JSJ-11 tienen una dirección $N65^{\circ}E76^{\circ}N$ y se presenta una pequeña falla normal (**Falla 11-29,60**) interpretada por los pliegues de arrastre. Las secciones parciales JSJ-12 y JSJ-11 están delimitadas por una falla normal (**Falla 11/12**). La **Falla 11/12** tiene una dirección $N70^{\circ}E10^{\circ}S$ en la parte septentrional y una dirección $N70^{\circ}E30^{\circ}S$ en la parte meridional del afloramiento (ver Figura 52). Esta falla no presenta estrías. La falla 11/12 tiene un control stratigráfico y muestra un desplazamiento de 0,60 metros. El bloque techo está representado por los estratos estudiados en la sección parcial JSJ-12 y los estratos inaccesibles en la ladera. En la zona inaccesible se presenta un pliegue anticlinal abierto que se asemeja con una estructura de “roll over” de escala decamétrica (ver Anexo D-1), aparentemente asociada a la falla 11/12.

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores se correlaciona: El metro 1,85 de la sección parcial JSJ-12 se correlaciona con el metro 31,80 de la sección parcial JSJ-11 (ver Anexo C-2).



Figura 52: La línea roja larga indica la *Falla 11/12* (tomada en dirección 65°).

La línea blanca indica una diaclasa en JSJ-12.

El segmento rojo en 29,60m de JSJ-11 indica la *Falla 11-29,60*.

En la parte central y septentrional del afloramiento 14 se estudiaron las secciones parciales JSJ-10, 9, 8, 7, 6, 5 y 4. Estas secciones están separadas por fallas normales, el movimiento normal fue interpretado por los pliegues de arrastre de los estratos adyacentes a cada plano de falla.

En la sección parcial JSJ-10 los estratos tienen una dirección N85°E76°N. Esta sección está en contacto por falla con la sección parcial JSJ-11 (*Falla 10/11*). En la sección parcial JSJ-9 los estratos tienen una dirección N81°E80°S. Esta sección está en contacto por falla con la sección parcial JSJ-10 (*Falla 9/10*). La *Falla 9/10* tienen una dirección de N37°E59°N. Mientras que, en la sección parcial JSJ-8 los estratos tienen una dirección N77°E88°S. Esta

sección está en contacto por falla (**Falla 8**) con las secciones parciales JSJ-7 y JSJ-9 (ver Figura 53).

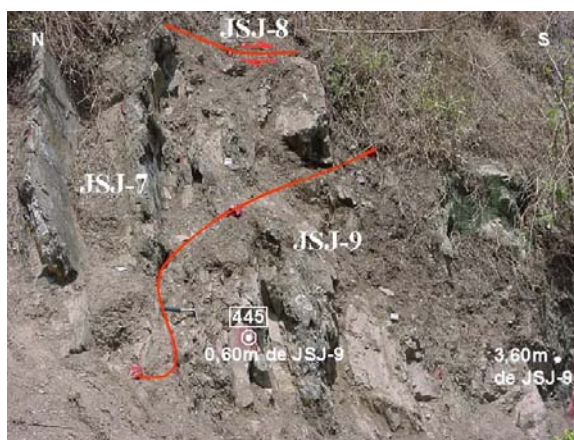


Figura 53: La líneas indican la **Falla 8** y la **Falla 7/9** (tomada en dirección 80°).

Los estratos de la sección parcial JSJ-7 tienen una dirección N80°E80°S (ver Figura 54). Esta sección está en contacto por falla con la sección JSJ-6 (**Falla 6/7**). En la sección parcial JSJ-6 los estratos tienen una dirección N70°E73°S. Esta sección está en contacto por falla con la sección parcial JSJ-5 (**Falla 5/6**).



Figura 54: La línea roja indica la **Falla 6/7** (tomada en dirección 70°).

La **Falla 5/6** tienen una dirección N60°E58°N. Mientras que, los estratos de las secciones parciales JSJ-4 y JSJ-5 tienen una dirección N65°E77°N. La sección parcial JSJ-4 está en

contacto por falla con la sección parcial JSJ-5 (**Falla 4/5**). La **Falla 4/5** tiene una dirección N56°E26°N.

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores y en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 6,00 de la sección parcial JSJ-4 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-5. El metro 8,10 de la sección parcial JSJ-5 suprayace con 2,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-6. El metro 7,20 de la sección parcial JSJ-6 suprayace con 3,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-8. El metro 2,65 de la sección parcial JSJ-8 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-7. El metro 4,50 de la sección parcial JSJ-7 suprayace con 5,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-9. El metro 4,10 de la sección parcial JSJ-9 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-10. El metro 6,40 de la sección parcial JSJ-10 con el metro 1,10 de la sección parcial JSJ-11(ver Anexo C-2).

Entre el afloramiento 14 y 15 se presenta una zona cubierta de bloques caídos. Los estratos del afloramiento 15 tienen una dirección N67°E47°N.

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 3,65 de la sección parcial JSJ-15 suprayace con 6,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-4 (ver Anexo C-2).

El afloramiento 16 está dividido en dos áreas por una falla normal (**Falla 3**). Esta falla separa a la zona meridional del afloramiento 16 (en el bloque tectónico central) de la zona septentrional del afloramiento 16 (en el bloque tectónico septentrional).

En el área meridional del afloramiento 16, se presenta una zona estructuralmente compleja (ver Figura 55 y Anexo D-1), aquí se encuentra un complejo sistema de fallas (**Falla 16**, **Falla 16/A**, **Falla 16/B**, **Falla 16/C**, **Falla 16/D**, **Falla 16/E** y **Falla 16/F**): La **Falla 16** es normal y delimita la sección parcial JSJ-33 de la sección parcial JSJ-32, esta falla tiene una dirección $N26^{\circ}W10^{\circ}N$. Los estratos de la sección parcial JSJ-33 describen un pliegue antiformal, que posteriormente fue interpretado como un pliegue anticlinal. La **Falla 16/A** delimita la sección parcial JSJ-32 de la sección parcial JSJ-31 y tiene una dirección $N72^{\circ}E50^{\circ}N$. Cabe mencionar, que la falla 16/A posteriormente fue interpretada como una base erosiva que trunca los estratos plegados de la sección parcial JSJ-32. Dentro de la sección parcial JSJ-31 se presenta un complejo sistema de fallas: la **Falla 16/B** que tiene una dirección $N87^{\circ}E57^{\circ}N$, la **Falla 16/C** que tiene una dirección $N82^{\circ}E46^{\circ}S$, la **Falla 16/D** que tiene una dirección $N65^{\circ}W74^{\circ}S$ y la **Falla 16/E** que tiene una dirección $N44^{\circ}W30^{\circ}S$. La **Falla 16/F** es normal y delimita la sección parcial JSJ-31 de la sección parcial JSJ-30, esta falla tiene una dirección $N68^{\circ}W25^{\circ}N$.



Figura 55: Zona estructuralmente compleja (tomada en dirección 75°).

Las líneas rojas indican el sistema de fallas del afloramiento 16.

Basado en la comparación de los litotipos, las texturas y los colores y en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 3,30 de la sección parcial JSJ-30 suprayace con 1,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-31. El metro 1,70 de la sección parcial JSJ-31 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-32. El metro 5,80 de la sección parcial JSJ-32 con el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-33. El metro 3,70 de la sección parcial JSJ-33 suprayace con 4,50m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-15 (ver Anexo C-2).

BLOQUE TECTÓNICO SEPTENTRIONAL:

El bloque tectónico septentrional está conformado por los afloramientos 17, 18, A-2, A-3 y la parte septentrional del afloramiento 16. Este bloque está limitado en su extremo más meridional por la Falla 3 con el bloque tectónico central, hasta llegar en su zona más septentrional con el extremo norte de la carretera.

En el área septentrional del afloramiento 16 no se presentan fallas ni deformaciones, y los estratos de la sección parcial JSJ-16 tienen una dirección N87°E56°N.

Los estratos del afloramiento 17 tienen una dirección N80°E64°N. En el afloramiento 18 los estratos tienen una dirección N78°E60°N. Dentro del área meridional de esta sección se presenta una zona estructuralmente compleja, en donde se encuentra un sistema de fallas (*Falla 18-A y Falla 18-B*); estas fallas tienen direcciones N72°E87°S y N84°E69°N respectivamente (ver Figura 56).

Basado en los cálculos de espesores con el método kink, se correlaciona: El metro 5,90 de la sección parcial JSJ-18 suprayace con 5,00m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-17. El metro 13,55 de la sección parcial JSJ-17 suprayace con 7,75m el metro 0,00 de la sección parcial JSJ-16 (ver Anexo C-3).



Figura 56: Fallas en afloramiento 18 (tomada en dirección 85°).

Los estratos del afloramiento A-2 tienen una dirección $N62^{\circ}E70^{\circ}N$. En el afloramiento A-3 los estratos tienen una dirección $N63^{\circ}E70^{\circ}N$.

Finalmente se concluye que:

- Los estratos de la Formación La Quinta poseen una dirección de $N75^{\circ}E57^{\circ}N$ aproximadamente.
- En el área de estudio se presentaron fallas normales sinsedimentarias. Estas fallas normales probablemente son de edad Jurásica. Debido, a que el evento de esfuerzos de tensión Jurásico generó el tectonismo de fosas (graben) y pilares (horst) y contribuyó a la sedimentación de la Formación La Quinta (ODREMAN *et al*, 1980). Cabe mencionar que, las estrías del fallamiento normal no se preservan. Esta observación indica que los desplazamientos ocurrieron antes de la litificación de los sedimentos o probablemente las estrías se borraron por un efecto diagenético tardío posterior al fallamiento. Finalmente, la topografía no revela deformaciones de este régimen frágil.
- El fallamiento normal-sinistral posee una dirección de $N50^{\circ}E55^{\circ}N$ aproximadamente.
- En este estudio se presentaron fallas inversas y transcurrentes. Estas fallas inversas y transcurrentes probablemente son de edad Eoceno Tardío-Pleistoceno. Debido, a que el

régimen de compresión Eoceno Tardío-Pleistoceno reactivó la actividad tectónica y provocó el fallamiento inverso y transcurrente, el plegamiento, el volcamiento, el diaclasamiento y el cabalgamiento parcial de estas secciones (ver Figuras 46, 47, 48, 49, 50 y 51). Respondiendo así, al patrón de corrimiento regional que atraviesa la zona de estudio.

- El fallamiento inverso posee una dirección de **N78°E83°N** aproximadamente. En este fallamiento se encontraron dos patrones de estrías. En donde, las primeras cortan a las secundas. El primer patrón de estrías poseen un pitch de 74° en sentido horario. El segundo patrón de estrías poseen un pitch de 22° en sentido horario. Posiblemente, el primer patrón de estrías corresponde a un fallamiento normal-sinistral del Jurásico?. Mientras que, el segundo patrón de estrías corresponde al fallamiento dextral del levantamiento Andino con un componente de desplazamiento inverso. Por lo tanto, el fallamiento dextral-inverso aprovechó el plano de fallamiento normal-sinistral para despegar. Finalmente, el fallamiento dextral-inverso fue un evento posterior al evento diagenético tardío, debido a que se preservan sus estrías. Además, la topografía revela las deformaciones de este régimen frágil.

3.3 - PETROGRAFIA:

El análisis petrográfico se realizó en dos partes, con el fin de establecer las litofacies. La primera parte, consistió en establecer las litofacies a través de la descripción macroscópica de las muestras de mano con la lupa binocular. La segunda parte, consistió en rectificar, restablecer y detallar las características de las litofacies antes definidas a través del análisis microscópico de las secciones finas.

3.3.1- LITOFACIES EN LA FORMACIÓN LA QUINTA:

El concepto de facies sedimentarias es definido por muchos autores de manera diferente. Sin embargo, READING y LEVELL (1996) y NICHOLS (1999) aceptan el concepto propuesto por MIDDLETON (1973), que se refiere a facies como la suma de las características de una unidad sedimentaria, como lo son el tipo y el tamaño de los granos, los colores y el contenido biogénico de la roca.

A partir de los estudios dirigidos a un aspecto de interés de la facies sedimentaria, surgen otros términos, como son la litofacies y la biofacies. La litofacies fue definida por LEEDER (1982) como un cuerpo de roca con ciertos atributos específicos que los distinguen de otras unidades de rocas. READING y REVEL (1996) y NICHOLS (1999) refieren el término litofacies a los procesos físicos y químicos que dieron origen a la roca. Estos autores definen también, el término de biofacies, cuando la consideración primaria de la facies es referida al contenido biológico.

Seguidamente cuando son agrupadas las diferentes litofacies, con propósitos de interpretar los procesos de acumulación y el ambiente sedimentario que dieron origen a la secuencia, se le denomina asociación de facies (COLLINSON, 1969).

De acuerdo a las características de las rocas reconocidas en campo, el análisis petrográfico de muestras por secciones finas y difracción de rayos x, así como mediante el análisis de muestras de mano con la lupa binocular se definieron catorce (14) litofacies en la sección estudiada de la Formación la Quinta. A continuación se presentan las litofacies:

Litofacies M: *Arcilitas calcáreas y Margas* (ver Tablas 1, 2, 3 y 4).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, y se caracteriza por los litotipos: Arcilita calcárea, Arcilita calcárea y limosa o arenosa, Marga y Marga limosa o arenosa según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998) y Arcilita micrítica según MOUNT (1985). Estas rocas son ocasionalmente micáceas y pueden presentar cristales de dolomita. El tamaño de grano promedio de los componentes siliciclásticos es arcilla y el máximo es arena muy fina. Las rocas son de color negro grisáceo a gris medio y gris oliva y meteorizan de color gris medio, naranja grisáceo, naranja amarillento oscuro y amarillo grisáceo. Generalmente, las rocas muestran una fractura concoidal. Sin embargo, la fractura también puede ser tabular a fisil. Las rocas de esta litofacies, en su mayoría son masivas o presentan una laminación incipiente debido a la presencia de estructuras de escape de fluidos y pequeños diques de arena o de limo. No obstante, las rocas también pueden presentar varvas (ver Figura 58), estratificación laminada, laminación incipiente y laminación ondulada. Estilolitas (ver Figura 57), vetas de calcita y de dolomita de pocos milímetros de espesor son característicos de esta litofacies.

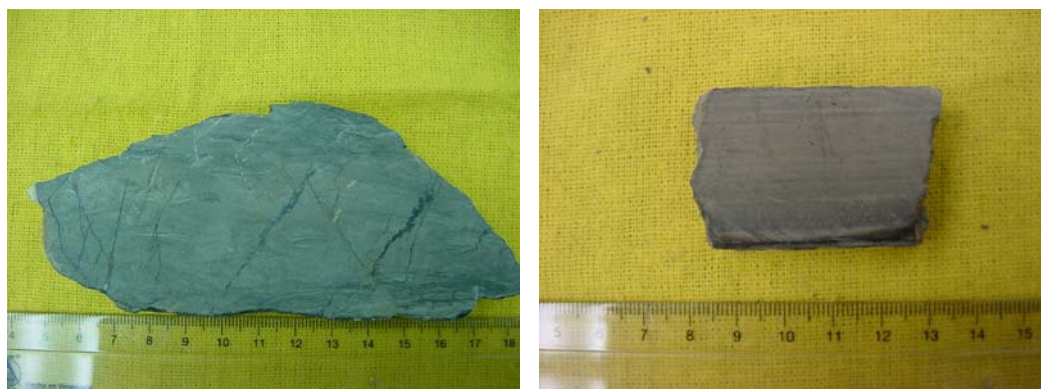


Figura 57 y 58: Estilolitas y varvas en Litofacies M (Muestra 10-122 y 10-202 respect.)

Tabla 1: Primera descripción macroscópica de la Litofacies M

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	mic	dol	prom	max		
10-7	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-8	Marga							1	1	FC	Conc
10-11	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-35	Marga							1	1	MC	Conc
10-36	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-49	Arcilita	X		X		X		1	2	Friab	Físil
10-76	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-81	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-82	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-83	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-87	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-88	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-90	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-93	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-94	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-101	Arcilita	X			X			1	3	MC	Tab
10-105	Arcilita	X			X			1	3	MC	Tab
10-111	Arcilita	X		X		X		1	2	MC	Físil
10-112	Arcilita	X		X		X		1	2	MC	Físil
10-113	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-114	Marga			X		X		1	2	MC	Físil
10-116	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-118	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-119	Marga							1	1	FC	Conc
10-120	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-121	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-122	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-125	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-129	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-131	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-132	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil

Tabla 1: Primera descripción macroscópica de la Litofacies M (continuación).

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	mic	dol	prom	max		
10-133	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-136	Marga							1	1	MC	Tab
10-138	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-140	Marga							1	1	MC	Conc
10-141	Arcilita	X			X	X		1	3	MC	Físil
10-142	Marga				X			1	3	MC	Conc
10-143	Arcilita	X		X		X		1	2	MC	Físil
10-144	Marga							1	1	MC	Conc
10-147	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-149	Arcilita	X			X			1	3	MC	Tab
10-153	Marga						X	1	1	FC	Conc
10-155	Arcilita	X		X		X		1	2	MC	Físil
10-158	Marga							1	1	MC	Tab
10-162	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-163	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-166	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-167	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-168	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-169	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-170	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-171	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-175	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-176	Marga							1	1	FC	Conc
10-177	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-178	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-179	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-180	Arcilita	X				X		1	1	FC	Físil
10-181	Marga							1	1	FC	Conc
10-183	Marga							1	1	FC	Conc
10-184	Marga							1	1	FC	Conc
10-186	Arcilita	X						1	1	MC	Tab
10-187	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-188	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-189	Arcilita	X		X				1	2	FC	Tab
10-190	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-192	Arcilita	X		X		X		1	2	FC	Físil
10-202	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-203	Arcilita	X		X				1	2	FC	Tab
10-204	Arcilita	X		X			X	1	2	MC	Tab
10-205	Marga							1	1	FC	Conc
10-206	Marga							1	1	FC	Tab
10-207	Arcilita	X						1	1	FC	Tab
10-238	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil
10-244	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-245	Arcilita	X		X				1	2	MC	Tab
10-246	Arcilita	X				X		1	1	MC	Físil

Tabla 2: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies M.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-7	Gris osc med	Gris ama	Mosc	MAS, EIN, VTA		M
10-8	Gris osc	Gris oli cla	Mosc	MAS		M
10-11	Negro oli	Gris oli cla	Mosc	MAS, VTA	OST	M
10-35	Gris oli	Nara ama osc	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	M
10-36	Gris med	Nara ama pal	Mosc	MAS, VTA, EGE		M
10-49	Gris osc	Gris osc med	Pirit, Sid	MAS, EIN, VTA		M
10-76	Gris osc med	Nara grisa	Mosc	LIN		M
10-81	Gris ver	Ama grisa	Mosc	LIN, VTA	OST	M
10-82	Gris med	Gris oli cla	Mosc, Sid	LIN	OST	M
10-83	Gris ver	Ama grisa	Mosc	LIN, VTA		M
10-87	Gris muy cla	Nara grisa	Mosc	LIN	OST	M
10-88	Gris osc med	Nara muy pal	Mosc	LIN	OST	M
10-90	Gris med cla	Gris oli cla	Mosc, Pirit, Sid	LEN, CON		M
10-93	Gris osc med	Gris med	Mosc	LIN	OST	M
10-94	Gris osc med	Gris med	Mosc	LIN	OST	M
10-101	Gris med	Gris oli cla	Mosc, Dol, Sid	LIN, FLU	OST	M
10-105	Gris osc med	Nara grisa	Mosc	FLU	OST	M
10-111	Gris med	Nara muy pal	Dol, Sid	FLU	OST	M
10-112	Gris osc med	Nara ama pal		RAA, LON, FLU, VTA		M
10-113	Gris oli cla	Ama grisa		FLU	OST	M
10-114	Gris oli cla	Gris ama	Sid	LEN, FLA, VTA	OST	M
10-116	Gris cla	Nara grisa	Dol, Pirit, Sid	FLU, VTA	OST	M
10-118	Gris ver	Nara grisa	Mosc	MAS, EIN	OST	M
10-119	Gris med cla	Nara ama pal	Mosc	MAS, VTA	OST, RPL	M
10-120	Gris med	Gris oli cla		MAS		M
10-121	Gris med	Gris med cla	Pirit, Sid	LIN		M
10-122	Gris med cla	Gris ama	Mosc	FLU, VTA, EGE		M
10-125	Gris osc	Nara ama osc	Mosc	FLU		M
10-129	Gris ama	Nara grisa		MAS	OST	M
10-131	Gris osc med	Nara grisa	Mosc, Sid	LIN, GRE	OST	M
10-132	Gris med	Nara ama osc		LIN	OST	M
10-133	Gris med	Ama grisa	Mosc	LON	OST	M
10-136	Gris ver	Nara ama osc	Mosc, Sid	FLU	OST	M
10-138	Gris ver	Ama ver pal	Mosc, Pirit, Sid	MAS, EIN, VTA	OST	M
10-140	Oli pal	Nara grisa	Mosc	MAS	OST	M
10-141	Gris med	Nara grisa	Sid	FLA, RAA		M
10-142	Gris med	Ama grisa	Mosc, Pirit	MAS, VTA		M
10-143	Gris oli cla	Ama grisa		LIN	OST	M
10-144	Gris med	Ama grisa	Mosc, Pirit	MAS		M
10-147	Gris med	Gris ama	Mosc	LIN, FLU, VTA	OST	M
10-149	Gris ver	Nara grisa	Mosc, FR, Sid	RAA, FLU		M
10-153	Gris oli cla	Gris ama	Mosc, Sid	MAS, VTA		M
10-155	Gris osc med	Nara grisa		MAS	OST	M
10-158	Gris osc	Gris oli	Mosc	LIN	OST	M
10-162	Gris osc med	Gris ama	Mosc, Sid	MAS, EIN		M

Tabla 2: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies M (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-163	Negro grisá	Gris oli cla	Mosc	MAS		M
10-166	Gris oli cla	Nara grisá	Mosc	LON, CON, VTA		M
10-167	Gris osc	Gris med		LIN		M
10-168	Gris osc med	Gris med	Mosc	LIN		M
10-169	Gris osc med	Gris med	Mosc	MAS, VTA		M
10-170	Gris osc	Gris med	Mosc	LIN, VTA		M
10-171	Gris oli	Gris ama	Mosc	MAS		M
10-175	Gris osc med	Gris oli cla	Mosc	LIN	OST	M
10-176	Gris osc	Gris med	Mosc, Pirit	MAS, VTA	OST	M
10-177	Gris osc med	Gris med	Mosc	MAS, VTA	OST	M
10-178	Gris osc med	Nara grisá	Mosc	LIN	OST	M
10-179	Gris osc med	Gris ama	Mosc, Pirit	LIN, VTA	OST	M
10-180	Gris osc	Gris med	Pirit, Sid	MAS		M
10-181	Gris med cla	Nara ama osc	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	M
10-183	Gris osc med	Ama ver pal	Mosc	MAS	OST	M
10-184	Gris med	Gris ama	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	M
10-186	Negro grisá	Gris med	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	M
10-187	Gris osc med	Gris med cla	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	M
10-188	Gris osc med	Nara grisá	Mosc, Pirit	LIN	INC	M
10-189	Gris oli cla	Gris med cla	Mosc, Pirit	VAR, VTA		M
10-190	Gris osc	Gris osc med	Mosc, Pirit, Sid	MAS	OST, RPL	M
10-192	Gris oli	Nara grisá	Pirit	MAS, EIN		M
10-202	Gris oli cla	Nara grisá	Mosc	VAR, VTA	OST	M
10-203	Gris osc	Gris ama	Mosc	MAS, VTA		M
10-204	Gris osc med	Nara grisá	Mosc, Sid	VAR, VTA, EGE		M
10-205	Gris osc med	Gris ama	Mosc	MAS, VTA	OST	M
10-206	Gris osc med	Ama grisá	Mosc	VAR, VTA	OST	M
10-207	Gris osc med	Gris ama	Mosc	MAS, VTA, EGE		M
10-238	Gris ver	Nara grisá		MAS, VTA		M
10-244	Gris oli cla	Gris ama	Mosc, Sid	FLA, RAA		M
10-245	Gris osc med	Gris ama	Mosc, FR, Sid	MAS		M
10-246	Gris osc	Par ama mod	Sid	MAS	OST	M

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies M están compuestas por 10% a 40% de calcita, 35% a 70% de minerales arcilla, 5% a 40% de componentes siliciclásticos tamaño limo o arena, 1% a 15% de moscovita y 0% a 10% de dolomita. En secciones finas de esta litofacies se aprecian <1% a 10% de bioclastos. Los fósiles reconocidos son ostrácodos y estéridos (ver Figura 59), así como escasos oncooides (ver Figura 93, Muestra 10-162), briozoarios (ver Figura 92, Muestra 10-136) y restos de planta. En campo se describen escasas trazas de fósiles horizontales (*Chondrites?* con un diámetro de 2mm a 3mm y *Planolites?* con

un diámetro de 4mm a 5mm). La litofacies M tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz y grano-cemento, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, disolución parcial de granos de calcita, alteración de granos de feldespatos a arcilla autigénica, dolomitización, piritización, deformación y fracturamiento de granos y estilolitización.

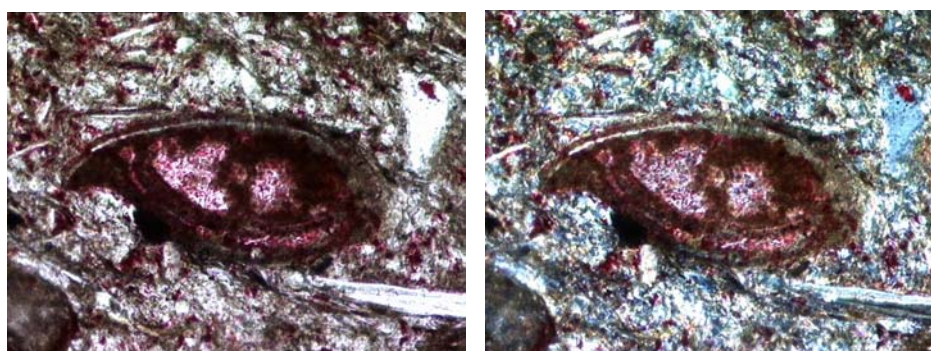


Figura 59: Estéridos en Litofacies M (Muestra 10-111, Objetivo 20x, Nícoles II y X respect.)

Tabla 3: Descripción microscópica textural de la Litofacies M.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Neom	P-S
10-49	Arcilita micrítica	ModE	SA	3	5	Ani	Long	Frac	Piri		Cal			
10-90	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz		Piri					
10-101	Arcilita micrítica	noa	noa	1	5	noa	Matz							
10-111	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz							
10-114	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz				Cal	Fel K		
10-116	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz							
10-122	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz		Piri					
10-131	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz			Cal				
10-136	Arcilita micrítica	noa	noa	1	3	noa	Matz		Piri		Cal			
10-138	Arcilita micrítica	noa	noa	1	6	noa	Matz		Piri					
10-141	Arcilita micrítica	noa	noa	1	3	noa	Matz		Piri		Cal			
10-153	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Ceme		Dol					
10-162	Arcilita micrítica	noa	noa	1	5	noa	Matz		Piri			Fel K		
10-190	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz							Ege
10-204	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz		Dol					Ege
10-238	Arcilita micrítica	noa	noa	1	5	noa	Matz		Piri					
10-244	Arcilita micrítica	noa	noa	1	2	noa	Matz							

Tabla 4: Descripción microscópica composicional de la Litofacies M.

Muestra	Componentes Siliciclásticos										Aloq		Ortoq		Minerales Autigénicos					Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	Arcilla	OST	Indeterminados	Micrita	Espato	Sílice	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-49	44	1	<1	2	3	0	0	18	<1	11	<1	0	0	14	0	0	<1	3	0	0	0
10-90	20	2	0	0	0	0	0	10	0	46	0	0	0	12	0	0	2	8	0	0	0
10-101	14	1	<1	<1	0	0	0	11	0	38	4	2	24	0	0	3	1	1	0	0	0
10-111	14	1	0	0	0	0	0	13	0	47	2	2	13	0	0	7	1	0	0	0	0
10-114	8	2	7	1	1	0	0	4	0	42	3	0	30	<1	0	0	<1	1	0	0	0
10-116	17	1	0	0	0	0	0	20	0	50	<1	0	0	10	0	0	1	<1	0	0	0
10-122	18	2	0	<1	0	0	0	7	0	45	1	<1	23	0	0	0	0	3	0	0	0
10-131	6	0	0	0	0	0	0	5	0	68	6	0	14	0	0	0	<1	0	0	<1	0
10-136	10	1	0	0	0	0	0	10	<1	48	3	0	0	24	0	0	1	2	0	0	0
10-138	14	1	0	0	0	0	0	8	0	50	<1	0	24	0	0	0	<1	2	0	0	0
10-141	14	<1	<1	3	2	0	0	10	0	39	0	0	28	<1	<1	0	<1	<1	1	0	0
10-153	6	<1	0	0	0	0	0	2	0	36	<1	0	0	38	0	10	<1	6	0	0	0
10-162	20	2	2	3	0	0	0	8	0	44	2	2	13	0	0	0	<1	3	<1	0	0
10-190	9	<1	0	0	0	0	0	12	0	58	1	<1	18	0	0	0	<1	1	0	0	0
10-204	14	2	0	0	0	0	0	6	<1	60	1	0	8	0	0	5	2	1	0	0	0
10-238	5	0	0	0	0	0	0	1	0	48	10	0	34	0	0	0	0	2	0	0	0
10-244	22	3	0	0	0	0	0	15	0	37	1	0	20	1	0	0	<1	1	0	0	0

Litofacies L: *Calizas* (ver Tablas 5, 6, 7 y 8).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 11, 12, 13 y 14, y se caracteriza por los litotipos: Caliza, Caliza arcillosa y Caliza arcillosa y limosa o arenosa según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998) y Micrita arcillosa según MOUNT (1985). Estas rocas presentan generalmente mica como mineral accesorio y ocasionalmente cristales de dolomita, llegando a ser dolomíticas. El tamaño promedio de sus componentes siliciclásticos es arcilla y limo y el tamaño de grano máximo es arena muy fina. Las calizas son de color negro grisáceo a gris oscuro medio y meteorizan de color gris oliva claro, naranja grisáceo, marrón amarillento pálido y gris medio. Las rocas muestran una fractura irregular a tabular y en su mayoría son masivas o presentan una laminación incipiente debido a la presencia de estructuras de escape de fluidos y pequeños diques de arena o de limo. No

obstante, las rocas también pueden presentar varvas, estratificación laminada, laminación incipiente y laminación ondulada. En la muestra de mano 10-15 se reconoce una falla normal sinsedimentaria (ver Figura 60). Estilolitas (ver Figura 61 y Figura 62), vetas de calcita y de dolomita de pocos milímetros de espesor son característicos de esta litofacies.

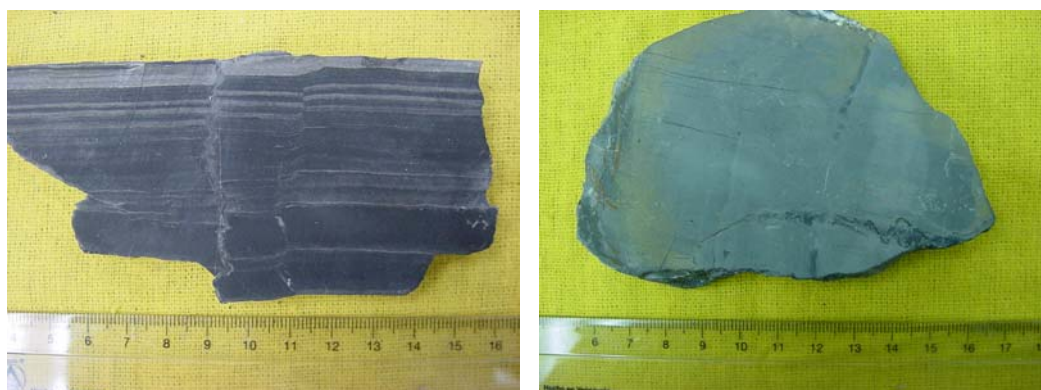


Figura 60 y 61: Fallas normales sinsedimentarias y estilolitas en Litofacies L
(Muestra 10-15 y 10-4 respectivamente).

Tabla 5: Primera descripción macroscópica de la Litofacies L.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	mic	dol	prom	max		
10-2	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-4	Caliza						X	1	1	FC	Conc
10-10	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-15	Caliza				X			1	3	FC	Tab
10-24	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-25	Caliza			X				1	2	MC	Conc
10-26	Caliza		X					1	1	MC	Conc
10-27	Caliza			X				1	2	FC	Conc
10-28	Caliza							1	1	FC	Conc
10-29	Caliza		X					1	1	FC	Tab
10-31	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-38	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-39	Caliza		X					1	1	FC	Conc
10-66	Caliza				X			1	3	FC	Tab
10-95	Caliza		X					1	1	MC	Tab
10-115	Caliza			X				1	2	MC	Tab
10-126	Caliza			X				1	2	MC	Tab
10-128	Caliza		X			X		1	1	MC	Fisil
10-156	Caliza		X				X	1	1	MC	Tab
10-174	Caliza			X				1	2	FC	Tab

Tabla 6: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies L.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-2	Gris osc med	Par ama pal	Mosc	MAS, VTA, EGE		L
10-4	Gris osc med	Gris ama	Mosc	MAS, EIN, VTA, EGE		L
10-10	Gris osc med	Gris oli cla	Mosc	MAS, VTA		L
10-15	Negro grisa	Gris med	Mosc	VAR, FSS, VTA, EGE	OST	L
10-24	Gris osc	Nara grisa	Mosc	MAS, VTA, EGE		L
10-25	Gris oli	Nara muy pal	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	L
10-26	Gris osc med	Nara ama osc	Mosc	MAS, VTA, EGE		L
10-27	Gris osc med	Nara grisa	Mosc, Sid	MAS, VTA, EGE	OST	L
10-28	Gris osc med	Par ama pal	Mosc	MAS, VTA, EGE		L
10-29	Gris osc med	Par ama pal	Mosc	VAR, VTA, EGE		L
10-31	Gris osc med	Nara grisa	Mosc	MAS, VTA, EGE		L
10-38	Negro grisa	Par ama pal	Qz, Mosc	MAS, VTA	OST	L
10-39	Negro grisa	Par ama pal	Mosc	MAS, VTA, EGE	OST	L
10-66	Gris osc	Gris cla	Mosc	FLU, VTA		L
10-95	Gris azu med	Gris oli cla	Mosc	MAS	OST	L
10-115	Gris cla	Gris oli cla	Mosc	MAS, VTA	OST	L
10-126	Gris med cla	Gris oli cla	Mosc	MAS, VTA	OST	L
10-128	Gris med	Gris oli cla	Qz	MAS	OST	L
10-156	Gris osc med	Gris oli cla	Qz, Mosc, Pirit	MAS, VTA, EGE		L
10-174	Gris oli cla	Nara grisa	Mosc	MAS, VTA	OST	L

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies L están compuestas por 50% a 90% de calcita, 5% a 35% de minerales de arcilla, 1% a 15% de componentes siliciclásticos tamaño limo o arena, 0% a 15% de dolomita y menos de 1% de moscovita. En secciones finas de esta litofacies se aprecian 1% a 5% de bioclastos. Los fósiles reconocidos en esta litofacies son ostrácodos y estéridos. La litofacies L tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz y grano-cemento, dolomitización y estilolitización.

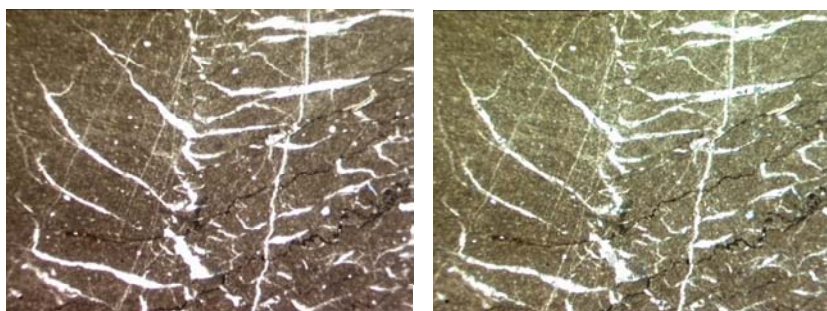


Figura 62: Vetas de calcita en escalón y estilolitas en Litofacies L
(Muestra 10-15, Objetivo 2.5x, Nícoles II y X respectivamente).

Tabla 7: Descripción microscópica textural de la Litofacies L.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas								
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Neom	P-S	
10-4	Micrita arcillosa	noa	noa	1	2	noa	Matz		Dol						Ege
10-15	Micrita arcillosa	noa	noa	1	3	noa	Matz								Ege
10-25	Micrita arcillosa	noa	noa	1	2	noa	Matz								
10-27	Micrita arcillosa	noa	noa	1	2	noa	Matz								Ege
10-128	Micrita arcillosa	noa	noa	1	2	noa	Matz								
10-156	Micrita arcillosa	noa	noa	1	2	noa	Ceme		Dol						

Tabla 8: Descripción microscópica composicional de la Litofacies L.

Muestra	Componentes Siliciclásticos										Aloq		Ortoq		Minerales Autigénicos					Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	Arcilla	OST	Indeterminados	Micrita	Espato	Sílice	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-4	1	0	0	0	0	0	0	<1	0	34	0	<1	51	0	0	12	0	0	0	0	0
10-15	<1	0	0	0	0	0	0	<1	0	10	2	<1	74	0	0	11	0	1	0	0	0
10-25	4	<1	0	0	0	0	0	1	0	22	2	0	70	0	0	0	0	<1	0	0	<1
10-27	3	<1	0	0	0	0	0	<1	0	20	<1	0	74	0	0	0	<1	<1	0	0	<1
10-128	6	0	0	0	0	0	0	12	0	30	<1	0	50	0	0	0	0	<1	0	0	<1
10-156	2	0	0	0	0	0	0	<1	0	7	<1	0	0	75	0	14	0	<1	0	0	0

Litofacies SH: *Arcilitas limosas* (ver Tablas 9, 10, 11 y 12).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 7, 14, 16 y 18, y se caracteriza por los litotipos: Arcilita con limo, Arcilita ligeramente limosa y Arcilita limosa o arenosa según PICARD (1971). Estas rocas siempre presentan mica y ocasionalmente son micáceas. El tamaño de grano promedio es arcilla y el máximo es arena fina. Las Arcilitas de los afloramientos 14, 16 y 18 son de color negro grisáceo a gris medio y gris verdoso y meteorizan de color naranja amarillento oscuro, pardo amarillento moderado, rosado naranja grisáceo y naranja grisáceo. Las Arcilitas del afloramiento 7 son de color amarillo ahumado y meteorizan de color marrón amarillento oscuro y naranja amarillento oscuro. Generalmente, las rocas de esta litofacies son fisiles, presentando una fractura concoidal o tabular. Las Arcilitas de esta litofacies, en su mayoría son masivas o pueden presentar en los afloramientos

14, 16 y 18 laminación incipiente, debido a la presencia de estructuras de escape de fluidos y pequeños diques de arena o de limo. Vetas de calcita de pocos milímetros de espesor son poco comunes en esta litofacies. Entre los ichnofosiles se presentan madrigueras (ver Figura 63).



Figura 63: Madriguera rellena por arena en Litofacies SH (Muestra 10-54).

Tabla 9: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SH.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	con	mic	prom	max		
10-52	Arcilita				X			1	4	Friab	Tab
10-54	Arcilita				X			1	6	Friab	Tab
10-68	Arcilita				X		X	1	6	MC	Físil
10-75	Arcilita			X				1	2	MC	Tab
10-98	Arcilita			X			X	1	2	MC	Físil
10-100	Arcilita			X			X	1	2	MC	Físil
10-130	Arcilita			X				1	2	MC	Tab
10-135	Arcilita				X		X	1	5	MC	Físil
10-137	Arcilita			X				1	2	FC	Tab
10-150	Arcilita			X			X	1	2	MC	Físil
10-151	Arcilita			X				1	2	MC	Tab
10-225	Arcilita			X			X	1	2	MC	Físil
10-232	Arcilita			X			X	1	2	MC	Físil
10-234	Arcilita			X				1	2	MC	Tab

Tabla 10: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies SH.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-52	Ama ahu	Nara ama osc	Mosc, FR	MAS, EIN, BAE		SH
10-54	Oli pal	Par ama osc	Mosc, Sid	MAS	ICN	SH
10-68	Gris ver	Nara ama osc	FR, Sid	MAS, EIN		SH
10-75	Gris ver	Nara grisá	Mosc	LIN, VTA		SH

Tabla 10: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SH (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-98	Gris osc	Gris med osc		LIN		SH
10-100	Negro grisa	Nara grisa	Pirit, Sid	LIN		SH
10-130	Gris med cla	Nara ama osc	Mosc	MAS		SH
10-135	Oli pal	Ros nara grisa	Sid	LIN		SH
10-137	Gris med	Nara ama pal	Mosc	MAS	OST	SH
10-150	Gris ama	Pardo pal	FR, Sid	FLU, FLA, RAA		SH
10-151	Gris ver	Ros nara grisa	Mosc, Pirit	FLU	OST	SH
10-225	Gris med	Par oli pal	Sid	RAA		SH
10-232	Gris ver osc	Par ama mod		MAS		SH
10-234	Gris osc	Nara ama osc	Mosc, Sid	MAS		SH

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies SH están compuestas por 0% a 5% de calcita, 50% a 90% de minerales de arcilla, 5% a 45% de componentes siliciclásticos tamaño limo o arena y 1% a 25% de moscovita. Es de hacer notar, que las muestras analizadas en laboratorio de esta litofacies no presentan dolomita. Los fósiles reconocidos en rocas de los afloramientos 14, 16 y 18 son ostrácodos, estéridos y restos de planta, como componentes accesorios. En campo se describen además, escasas trazas de fósiles horizontales (*Chondrites?* con un diámetro de 2mm a 3 mm y *Planolites?* con un diámetro de 4mm a 5mm). La litofacies SH tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos a arcilla autigénica, recristalización de la illita, piritización y deformación y fracturamiento de granos.

Tabla 11: Descripción microscópica textural de la Litofacies SH.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-54	Arcilita	noa	noa	1	7	noa	Matz	Defo	Piri					
10-68	Arcilita arenosa	noa	noa	1	10	noa	Matz	Frac	Piri		Cal	Fel K	Arci	
10-100	Arcilita limosa	noa	noa	1	2	noa	Matz		Piri					
10-135	Arcilita arenosa	noa	noa	1	5	noa	Matz		Piri		Cal	Fel K	Arci	
10-150	Arcilita limosa	noa	noa	1	2	noa	Matz		Piri					
10-225	Arcilita limosa	noa	noa	1	2	noa	Matz		Piri					

Tabla 12: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SH.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Porosidad	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-54	2	1	<1	<1	1	0	0	<1	0	0	0	82	0	0	0	0	1	9	0	2	<1
10-68	18	4	<1	2	2	1	4	10	0	1	0	48	0	0	3	0	<1	2	5	0	0
10-100	18	2	0	0	0	0	0	26	0	0	0	45	0	0	0	0	2	2	5	0	0
10-135	12	<1	<1	<1	<1	0	0	25	<1	0	0	42	0	0	3	0	2	12	3	0	0
10-150	15	1	0	2	0	0	0	22	0	0	0	49	0	0	2	0	2	3	4	0	0
10-225	16	2	0	1	<1	0	0	14	<1	0	0	52	0	0	<1	0	2	4	5	0	0

Litofacies SL1: *Limolita arcillosa y calcárea* (ver Tablas 13, 14, 15 y 16).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 11, 12, 13, 14, 16 y 17, y se caracteriza por el litotipo: Limolita arcillosa, calcárea y micácea y Limolita arcillosa, calcárea y arenosa, ocasionalmente con cristales de dolomita según PICARD (1971). El tamaño de grano promedio es limo y el máximo es arena fina. La limolita arcillosa y calcárea es de color gris oscuro medio y gris claro y meteoriza de color naranja amarillento oscuro, naranja grisáceo, gris amarillento y gris oliva claro. Esta roca presenta generalmente una fractura tabular y principalmente, la roca está laminada, mostrando laminación ondulada, laminación cruzada de ángulo bajo, rizaduras y estructuras de lentes y flaser. En algunos horizontes se presenta laminación convoluta (ver Figura 64) debido a la existencia de estructuras de escape de fluidos (ver Figura 65) y de diques de arena o de limo. Estilolitas y vetas de calcita son poco comunes en esta litofacies.

Tabla 13: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL1.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max	
10-3	Limolita	X	X				X	BinE	2	2	MC
10-23	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-69	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC

Tabla 13: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL1 (continuación).

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max	
10-70	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC
10-74	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-77	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-78	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-79	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC
10-84	Limolita	X	X		X			MalE	2	5	MC
10-91	Limolita	X	X		X			MmE	2	6	MC
10-96	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-97	Limolita	X	X		X		X	MmE	2	6	MC
10-99	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-102	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-103	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-104	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-106	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-107	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC
10-108	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-109	Limolita	X	X		X			MalE	2	4	MC
10-110	Limolita	X	X		X		X	MalE	2	4	MC
10-117	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-123	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-124	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC
10-127	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-139	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-145	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC
10-154	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-157	Limolita	X	X		X			ModE	2	3	MC
10-159	Limolita	X	X				X	BinE	2	2	MC
10-161	Limolita	X	X		X		X	MalE	2	4	MC
10-164	Limolita	X	X				X	BinE	2	2	MC
10-165	Limolita	X	X					BinE	2	2	FC
10-224	Limolita	X	X					BinE	2	2	MC
10-239	Limolita	X	X		X		X	ModE	2	3	MC

Tabla 14: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL1.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-3	Gris oli cla	Nara gris		RAA		SL1
10-23	Gris cla	Gris ama	Mosc	RAA, VTA, EGE	OST	SL1
10-69	Gris med cla	Ama gris	Sid	CRU, CON, VTA		SL1
10-70	Gris med cla	Gris ama	Sid	CRU, CON, BAE, VTA		SL1
10-74	Gris oli cla	Nara ama osc	Mosc	LON, FSS		SL1
10-77	Gris cla	Gris ama	Mosc	MAS, VTA		SL1

Tabla 14: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL1 (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-78	Gris ver	Nara ama osc	Mosc	LIN, FLU, VTA	OST	SL1
10-79	Gris med cla	Gris ama	Pirit, Sid	MAS, VTA		SL1
10-84	Gris ver	Nara muy pal	Mosc, Pirit, FR	FLA, RAA, FSS, VTA		SL1
10-91	Gris med cla	Gris oli cla	Mosc	FLA, RAA, VTA		SL1
10-96	Gris med cla	Nara grisá	Mosc, Pirit	LIN		SL1
10-97	Gris med	Nara ama osc		FLA, LON, RAA, VTA		SL1
10-99	Gris med cla	Nara muy pal	Mosc	LIN		SL1
10-102	Gris med osc	Gris oli cla	Mosc	LEN, LON, FLU		SL1
10-103	Gris med cla	Ama grisá	Mosc	FLU		SL1
10-104	Gris med	Nara grisá	Mosc	LIN		SL1
10-106	Gris med cla	Gris oli cla	Mosc	FLA, RAA		SL1
10-107	Gris med	Gris oli cla	Pirit, Sid	LEN		SL1
10-108	Gris med osc	Nara grisá	Mosc	LIN, VTA		SL1
10-109	Gris med osc	Nara grisá	Mosc	LON, EIN		SL1
10-110	Gris med	Par ama mod		CON		SL1
10-117	Gris med cla	Nara ama osc	Mosc	LON, VTA, EGE		SL1
10-123	Gris med cla	Nara ama osc	Mosc	LIN, EIN		SL1
10-124	Gris med osc	Ama ver pal		LIN		SL1
10-127	Gris med	Nara ama osc	Mosc, Pirit	FLA, LON, FLU		SL1
10-139	Oli pal	Ama ahu	Mosc, Pirit	LIN	OST	SL1
10-145	Gris ver	Nara grisá		CON, EIN, VTA		SL1
10-154	Gris med	Nara grisá	Mosc	LIN, VTA		SL1
10-157	Gris med	Nara ama osc	Mosc	LON, RAA, GRE		SL1
10-159	Gris oli cla	Gris ama		FLU, VTA, EGE		SL1
10-161	Gris med	Nara ama osc		LON		SL1
10-164	Gris med	nara ama pal		MAS		SL1
10-165	Gris med osc	Gris ama	Mosc	MAS	INC	SL1
10-224	Gris ver	Nara grisá	Mosc	LON, FLU, LEN		SL1
10-239	Gris ver	Gris ama		MAS		SL1



Figura 64 y 65: Convoluta con estratificación cruzada y escape de fluidos en Litofacies SL1

(Muestra 10-70 y 10-159 respectivamente).

Según el análisis petrográfico, la roca de la litofacies SL1 está compuesta por 10% a 25% de calcita, 30% a 40% de minerales de arcilla, 40% a 50% de componentes siliciclásticos tamaño limo y arena, 10% a 20% de moscovita y 0% a 5% de dolomita. En secciones finas de esta litofacies se aprecian <1% a 10% de bioclastos. Los fósiles reconocidos en esta litofacies son ostrácodos y estéridos. La litofacies SL1 tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz, tangencial y longitudinal, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos a arcilla autigénica, recristalización de la illita, piritización (ver Figura 66) y deformación y fracturamiento de granos.

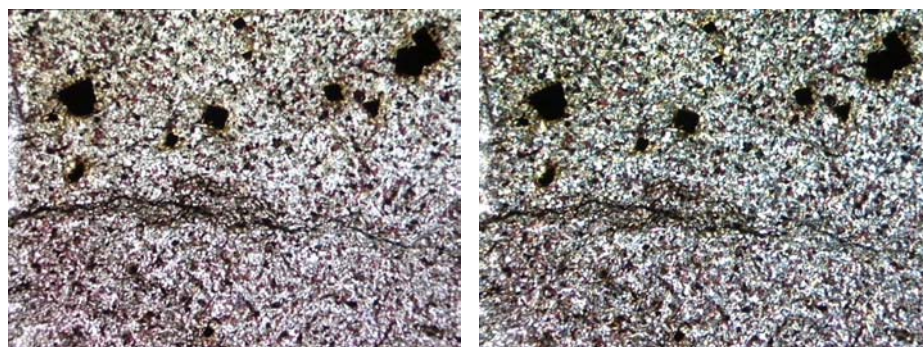


Figura 66: Horizonte de pirita y reemplazo de calcita en feldespatos en Litofacies SL1

(Muestra 10-79, Objetivo 2.5x, Nicoles II y X respectivamente).

Tabla 15: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL1.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-69	Limolita micrítica	noa	noa	2	3	noa	Matz	Defo	Piri			Fel K		
10-70	Limolita micrítica	noa	noa	2	3	noa	Matz		Piri			Fel K		
10-79	Limolita micrítica	noa	noa	2	3	noa	Tang		Piri			Fel K		
10-97	Limolita micrítica	ModE	Ang	2	6	Ani	Long	Defo	Piri		Cal	Fel K		
10-107	Limolita micrítica	noa	noa	2	3	noa	Matz		Qz		Cal			

Tabla 16: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SL1.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-69	26	3	<1	3	0	0	0	20	0	0	0	21	20	0	0	0	<1	2	5	0	0
10-70	29	2	<1	2	0	0	0	15	0	0	0	19	24	0	0	0	<1	2	6	0	0
10-79	24	4	5	2	0	0	0	16	0	0	0	22	0	0	13	0	1	2	11	0	0
10-97	27	3	1	5	6	0	4	15	0	0	0	25	0	0	10	0	0	2	5	0	0
10-107	22	5	0	0	0	0	0	17	0	1	0	23	16	0	0	0	1	11	4	0	0

Litofacies SL2: *Limolitas arcillosas* (ver Tablas 17 y 18).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 7, 14 y 18, y se caracteriza por los litotipos: Limolita arcillosa y Limolita arcillosa y arenosa según PICARD (1971). Estas rocas presentan generalmente mica como mineral accesorio y ocasionalmente llegan a ser micáceas. El tamaño promedio de sus componentes siliciclásticos es limo y el tamaño de grano máximo es arena de grano fino, llegando a tener un tamaño de gránulo en el afloramiento 7. Las rocas de los afloramientos 14 y 18 son de color gris medio y gris amarillento y meteorizan de color gris pardo, pardo amarillento pálido y naranja grisáceo. Las rocas del afloramiento 7 son de color oliva pálido y meteorizan de color naranja amarillento oscuro y marrón amarillento oscuro. La fractura de las limolitas arcillosas y de las Arcilitas limosas es irregular y ocasionalmente tabular en los afloramientos 14 y 18.

En los afloramientos 14 y 18, las rocas de la litofacies SL2 están laminadas, mostrando laminación ondulada, laminación cruzada de ángulo bajo y rizaduras. En algunos horizontes se presentan estructuras de escape de fluidos y escasas trazas de fósiles horizontales (*Planolites?* con un diámetro de 4mm a 5mm). Es de hacer notar, que en esta litofacies no se encontraron estéridos, ostrácodos ni restos de planta.

En el afloramiento 7, las rocas de la litofacies SL2 son generalmente masivas. Sin embargo, las limolitas arcillosas con granos de arena gruesa a gránulos pueden mostrar laminaciones pertenecientes a estratificación cruzada.

Tabla 17: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL2.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max	
10-53	Limolita		X		X			MmE	2	6	Friab
10-55	Limolita		X		X			MmE	2	6	MC
10-61	Limolita		X		X		X	MmE	2	6	MC
10-72	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	MC
10-148	Limolita		X		X			MalE	2	4	MC

Tabla 18: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL2.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-53	Oli pal	Par ama osc	Mosc, FR	MAS		SL2
10-55	Oli pal	Nara ama osc	Mosc, FR	MAS		SL2
10-61	Par ama pal	Par ama osc	FR	MAS		SL2
10-72	Gris med	Nara grisa		CRU		SL2
10-148	Gris ama	Gris pardo	Mosc	RAA, FLU	INC	SL2

Según el análisis con la lupa binocular, las rocas de la litofacies SL2 están compuestas por 20% a 35% de arcilla, 40% a 70% de componentes siliciclásticos tamaño limo y arena, <1% a 20% de moscovita. Cabe mencionar, que las rocas de esta litofacies no reaccionan con HCl al 10%.

Litofacies SL3: *Limolitas arcillosas* y *Arcilitas limosas* (ver Tablas 19, 20, 21 y 22).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 3, 4, 5, 6, 7, A-2 y A-3, y se caracteriza por los litotipos: Limolita arcillosa, Limolita arcillosa y arenosa y Arcilita limosa o arenosa según PICARD (1971). El tamaño de grano promedio de estas rocas varían de arcilla a limo y el tamaño de grano máximo varían de arena fina y media. Su color es rojo

moderado a rojo pálido y rojo grisáceo (ver Figura 67) y meteorizan de color naranja grisáceo, rojo pálido y pardo amarillento oscuro. Las rocas por lo general son masivas, sin embargo, presentan laminación paralela o incipiente, fractura tabular a físil.



Figura 67: Limolita arcillosa de la Litofacies SL3 (Muestra H-4).

Tabla 19: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL3.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max		
10-64	Arcilita				X		X	MmE	1	6	MC	Físil
10-243	Limolita		X		X		X	MmE	2	6	MC	Físil
10-251	Arcilita				X		X	ModE	1	3	MC	Físil
10-252	Arcilita			X			X	BinE	1	2	MC	Físil
10-253	Arcilita				X		X	MmE	1	5	MC	Físil
10-254	Limolita		X		X		X	MmE	2	8	MC	Físil
E-3	Limolita		X		X			ModE	2	3	MC	Tab
E-7				X				BinE	1	2	MC	Tab
F-5	Limolita		X		X			ModE	2	3	FC	Tab
G-4	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	FC	Físil
H-4	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	FC	Físil
H-5	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	FC	Físil
I-1	Limolita		X					BinE	2	2	FC	Tab
I-3	Limolita		X					BinE	2	2	FC	Tab
I-4	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	FC	Físil

Tabla 20: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL3.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-64	Rojo mod	Rojo pal	Pirit, Sid	MAS, EIN		SL3
10-243	Rojo mod	Par ama osc		MAS		SL3
10-251	Rojo grisa	Par ama osc		MAS, EIN		SL3

Tabla 20: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL3 (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-252	Rojo grisa	Par ama osc		MAS, EIN		SL3
10-253	Rojo grisa	Nara grisa		LEN		SL3
10-254	Rojo grisa	Nara grisa	Pirit, Sid	LEN		SL3
E-3	Rojo pal	Ros nara mod	Mosc	LON, RAA		SL3
E-7	Rojo grisa	Par ama osc	Mosc, Pirit, Sid	LIN		SL3
F-5	Rojo pal	Par ama osc	Mosc	MAS		SL3
G-4	Rojo mod	Par ahu	Pirit, Sid	LIN		SL3
H-4	Rojo mod	Rojo grisa		MAS		SL3
H-5	Rojo mod	Par mod	Pirit, Sid	MAS		SL3
I-1	Rojo mod	Par mod	Mosc	BAE		SL3
I-3	Rojo pal	Ros nara grisa	Mosc, Pirit, Sid	MAS		SL3
I-4	Rojo pal	Nara ama osc		MAS		SL3

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies SL3 están compuestas por 35% a 85% de arcilla, 30% a 70% de componentes siliciclásticos tamaño limo y arena, 0% a 25% de moscovita. La litofacies SL3 tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz, tangencial y longitudinal, reemplazo de calcita en granos de feldspatos y fragmentos de roca, alteración de granos de feldspatos a arcilla autigénica, recristalización de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo, oxidación y piritización, deformación, fracturamiento y trituramiento de granos y generación de pseudomatriz (ver Figura 68).

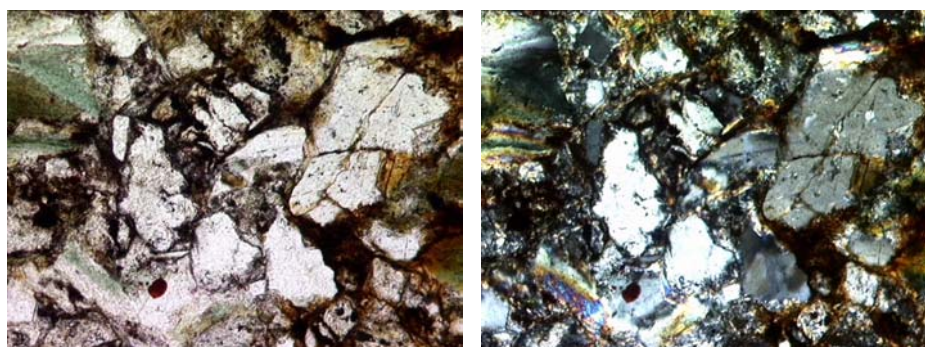


Figura 68: Fracturamiento de granos y formación de pseudomatriz en Litofacies SL3

(Muestra 10-254, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).

Tabla 21: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL3.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-64	Arcilita arenosa	noa	noa	1	7	noa	Matz	Defo	Oxi			Fel K	Arci	
10-254	Limolita arcillosa	MmE	Ang	2	11	Iso	Long	Trit	Qz				Arci	Psm
E-7	Arcilita arenosa	noa	noa	1	4	noa	Matz		Piri				Arci	
G-4	Limolita arcillosa	MalE	SA	2	8	Iso	Matz		Piri					
H-5	Arcilita arenosa	MalE	SA	1	9	Iso	Matz		Qz		Cal			

Tabla 22: Descripción microscópica composicional de la Litofacies SL3.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Porosidad	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Igneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-64	23	5	<1	1	1	0	3	20	<1	0	0	29	0	0	1	0	1	8	8	0	0
10-254	20	2	1	5	4	4	8	10	<1	0	0	32	0	0	1	0	1	3	8	0	0
E-7	16	1	0	4	0	0	0	8	<1	0	0	52	0	0	0	0	3	8	7	0	0
G-4	23	3	0	5	0	0	0	14	0	0	0	30	0	0	0	0	2	10	5	2	0
H-5	13	1	0	3	0	0	0	21	<1	0	0	37	0	<1	<1	0	3	17	4	0	0

Litofacies SL4: *Arcilita limosa*, *Limolita* y *Arenisca arcillosas* (ver Tablas 23, 24, 25 y 26).

Esta litofacies se presenta únicamente en el afloramiento A-3, y se caracteriza por los litotipos: Arcilita limosa o arenosa, Limolita arcillosa, Limolita arcillosa y arenosa y Arenisca arcillosa según PICARD (1971). El tamaño de grano promedio de estas rocas varían de arcilla a arena fina y el tamaño de grano máximo varían de limo a arena media. Sus colores son verde amarillo grisáceo, gris verdoso y gris azulado claro (ver Figura 69) y meteorizan de color gris pardo claro y pardo amarillento oscuro. Las rocas son masivas, además, presentan fractura tabular y astillosa, además, en esta litofacies se encuentran escasas vetas de calcita y moldes de bivalvos o estéridos?.



Figura 69: Limolita arcillosa de la Litofacies SL4 (Muestra F-7).

Tabla 23: Primera descripción macroscópica de la Litofacies SL4.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max		
F-1	Limolita		X					BinE	2	2	FC	Tab
F-2	Limolita		X		X		X	ModE	2	3	FC	Físil
F-3	Limolita		X		X			ModE	2	3	FC	Tab
F-7	Limolita		X		X			ModE	2	3	FC	Tab

Tabla 24: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies SL4.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
F-1	Oli pal	Par ama osc	Mosc	MAS		SL4
F-2	Ver pal	Par ama osc		MAS, VTA		SL4
F-3	Azul pal	Gris par cla	Mosc	MAS, VTA		SL4
F-7	Gris ver	Par ama osc	Mosc, FR	MAS	OST?	SL4

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies SL4 están compuestas por 35% a 85% de arcilla, 25% a 65% de componentes siliciclásticos tamaño limo y arena, 0% a 25% de moscovita. La litofacies SL4 tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz y recristalización de la illita.

Tabla 25: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL4.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
F-1	Arcilita	noa	noa	1	5	noa	Matz							
F-7	Arcilita arenosa	MmE	SA	1	10	Iso	Matz						Arci	

Tabla 26: Descripción microscópica textural de la Litofacies SL4.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
F-1	8	1	0	2	0	0	0	23	<1	0	0	55	0	0	0	0	3	2	6	0	0
F-7	16	2	0	4	0	0	0	16	<1	0	<1	52	0	0	0	0	3	1	4	0	0

Litofacies S1: *Areniscas arcillosas y calcáreas* (ver Tablas 27, 28, 29 y 30).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 11, 12, 13, 14 y 15, y se caracteriza por el litotipo: Arenisca arcillosa y calcárea, ocasionalmente microconglomerática y micácea según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998) y Arenisca lítica y Wacka lítica según PETTIJOHN (1972). El tamaño de grano promedio de la arenisca varía de arena muy fina a media y el tamaño de grano máximo varía de arena media a guijón. Las areniscas arcillosas y calcáreas son de color gris medio a gris claro y gris oliva pálido y meteorizan de color naranja grisáceo, gris amarillento, gris oliva claro y naranja amarillento pálido. La roca es dura, densa y mal escogida, presentando en su mayoría, componentes subangulosos.

Esta litofacies forma capas de 0,10m a 0,30m de espesor y se presenta también, en inyectitas perpendiculares y subparalelas a la estratificación, con una extensión lateral de pocos milímetros hasta 12m. En las inyectitas, las areniscas son masivas y en partes se presentan estructuras de escape de agua. En las capas, las areniscas pueden ser masivas, sin embargo, dependiendo del tamaño de grano presentan laminación ondulada, laminación paralela, rizaduras, estratificación cruzada de ángulo bajo y estratificación flaser (ver Figura 70). Estas areniscas muestran además, escasas estructuras de escape de fluidos. Las vetas de calcita y las estilolitas son poco frecuentes.



Figura 70: Estratificación flaser en Litofacies S1 (Muestra 10-191).

Tabla 27: Primera descripción macroscópica de la Litofacies S1.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max	
10-1	Arenisca	X	X				X	MalE	SR	4	7	MC
10-6	Arenisca	X	X				X	MalE	SR	4	8	MC
10-12	Arenisca	X	X			X		MmE	SA	8	14	MC
10-13	Arenisca	X	X				X	MmE	SA	4	9	MC
10-14	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	6	9	MC
10-19	Arenisca	X	X				X	MalE	SR	5	8	MC
10-21	Arenisca	X	X			X		MmE	SA	8	14	MC
10-22	Arenisca	X	X				X	MmE	SR	5	11	MC
10-33	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	6	9	MC
10-34	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	6	9	MC
10-37	Arenisca	X	X				X	MmE	SR	5	11	MC
10-40	Arenisca	X	X				X	MmE	SA	5	10	MC
10-41	Arenisca	X	X				X	MmE	SA	4	11	MC
10-65	Arenisca	X	X			X	X	MmE	SA	6	14	Friab
10-67	Arenisca	X	X			X		MmE	SA	6	13	Friab
10-71	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	6	10	FC
10-73	Arenisca	X	X				X	MmE	SA	5	10	MC
10-80	Arenisca	X	X					ModE	SA	3	4	MC
10-85	Arenisca	X	X				X	MalE	SR	5	7	MC
10-86	Arenisca	X	X			X		MmE	SR	6	14	MC
10-89	Arenisca	X	X					MmE	Ang	5	12	MC
10-92	Arenisca	X	X				X	MmE	Ang	6	11	MC
10-134	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	3	6	MC
10-146	Arenisca	X	X					MalE	SR	5	7	MC
10-160	Arenisca	X	X				X	MalE	SA	3	6	MC
10-185	Arenisca	X	X					MalE	SR	3	7	MC
10-191	Arenisca	X	X					ModE	SA	3	4	Friab
10-193	Arenisca	X	X					ModE	SR	3	4	MC

Tabla 28: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies S1.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-1	Gris med	Nara ama osc		LIN, VTA, EGE		S1
10-6	Gris med	Gris oli cla		MAS, VTA, EGE		S1
10-12	Gris oli cla	Gris ama	Mosc	LIN		S1
10-13	Gris oli pal	Gris ama		LIN		S1
10-14	Gris oli pal	Gris ama		LIN, VTA		S1
10-19	Gris med osc	Gris ama		LIN		S1
10-21	Gris med cla	Gris ama	Mosc, Sid	MAS, VTA		S1
10-22	Gris ver	Ama grisa		GNO, VTA		S1
10-33	Gris med	Nara grisa		LIN		S1
10-34	Gris med	Nara grisa		LIN		S1
10-37	Gris med cla	Nara grisa		LIN		S1
10-40	Gris med cla	Nara grisa	Pirit	LIN	RPL	S1
10-41	Gris med cla	Gris oli cla	Pirit	LIN	RPL	S1
10-65	Gris muy cla	Nara muy pal	Pirit	BAE		S1
10-67	Gris cla	Nara grisa	Mosc, Pirit	MAS, VTA		S1
10-71	Gris oli cla	Nara grisa		MAS, VTA		S1
10-73	Gris cla	Nara ama pal	Pirit	MAS, VTA		S1
10-80	Gris med cla	Nara grisa	Mosc, Pirit	FLA, VTA		S1
10-85	Gris cla	Nara grisa	Sid	FLA, RAA, VTA		S1
10-86	Gris cla	Par ama mod	Mosc	MAS, VTA		S1
10-89	Gris med cla	Nara ama pal	Mosc	MAS, VTA	RPL	S1
10-92	Gris med	Nara grisa	Pirit	FLU		S1
10-134	Gris ver	Gris ama		LON, RAA, VTA		S1
10-146	Gris oli cla	Nara grisa	Mosc	MAS, VTA		S1
10-160	Gris oli cla	Nara ama pal	Pirit, Sid	FLA, LON, VTA		S1
10-185	Gris med cla	Gris oli cla	Mosc, Pirit	MAS, VTA, EGE		S1
10-191	Gris med cla	Nara grisa	Mosc, Pirit	FLA, CON		S1
10-193	Gris cla	Nara grisa	Mosc, Pirit	LON, RAA, VTA, EGE		S1

Según el análisis petrográfico, la roca de la litofacies S1 está compuesta por 10% a 30% de calcita, 10% a 25% de arcilla, 40% a 70% de componentes siliciclásticos tamaño limo, arena y gránulo y 3% a 25% de moscovita. En secciones finas de esta litofacies se aprecian menos de 1% de bioclastos. Los fósiles reconocidos en esta litofacies son ostrácodos y estéridos. En campo y en muestras de mano se reconocen además, escasos restos de planta. La litofacies S1 tiene una diagénesis tradía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos tangencial, longitudinal y cóncavo-convexo, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, fragmentos de roca y cuarzo (ver Figura 71), disolución parcial de granos de feldespatos y de calcita, alteración de granos de feldespatos y fragmentos de roca a arcilla autigénica, recristalización

de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo (ver Figura 72) y piritización, deformación, fracturamiento y trituramiento de granos y generación de pseudomatriz.

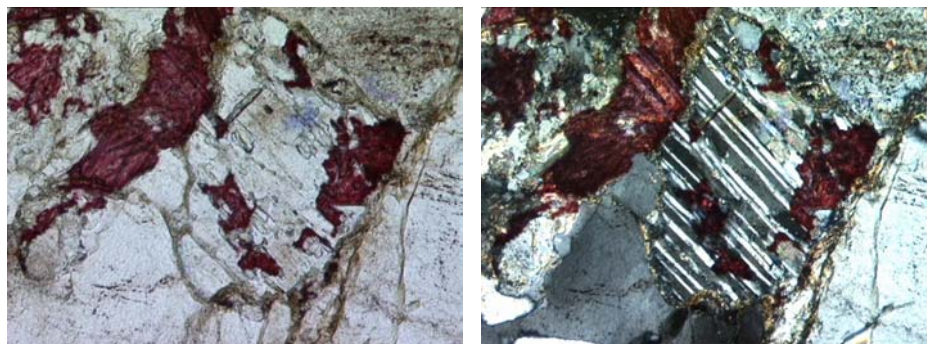


Figura 71: Reemplazo de calcita en granos de plagioclasa en Litofacies S1
(Muestra 10-21, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).



Figura 72: Sobrecrecimiento de cuarzo en continuidad óptica en Litofacies S1
(Muestra 10-85, Objetivo 20x, Nícoles II y X respectivamente).

Tabla 29: Descripción microscópica textural de la Litofacies S1.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-21	Arenisca lítica	ModE	SA	9	13	Ani	Tang	Frac	Qz	Fel K	Cal	Fel K	Arci	Conc
10-85	Wacka felds	ModE	SR	4	7	Iso	Tang	Trit	Qz		Cal	Fel K		Psm
10-86	Arenisca lítica	MalE	SR	7	14	Iso	Long	Frac	Qz	Cal	Cal	Frm	Arci	Conc
10-160	Arenisca lítica	BinE	Ang	3	6	Ani	Conc	Frac	Piri	Fel K		Plag		Conc

Tabla 30: Descripción microscópica composicional de la Litofacies S1.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-21	12.6	3.6	2.6	9.1	22.6	1.3	0	8.1	2	0	0	10.6	0	3.6	8.3	0	<1	2	5.6	<1	0
10-85	21	6	8	4	0	0	0	17	0	0	0	20	15	1	3	0	1	<1	2	<1	0
10-86	19.2	6	2	6.5	27	1	8	4	<1	0	0	7.6	0	2	13.2	0	0	3	2.5	2	0
10-160	20.6	4.6	<1	8.6	5.6	0	7	21.6	1	0	0	11	0	<1	14	0	<1	3	0	<1	<1

Litofacies S2: *Arenisca arcillosa* (ver Tablas 31, 32, 33 y 34).

Esta litofacies se presenta en los afloramientos 7, 8 y 16, y se caracteriza por los litotipos: Arenisca lítica y Wacka lítica según PETTIJOHN (1972) y Arenisca arcillosa y Arenisca arcillosa y conglomerática según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998). El tamaño de grano promedio de las areniscas varía de arena fina a media y el tamaño de grano máximo varía de arena media a guijón. Las areniscas en el afloramiento 7 son de color amarillo ahumado, naranja grisáceo y gris amarillento y meteorizan de color naranja amarillento oscuro. La arenisca en el afloramiento 8 es de color gris oliva claro y gris muy claro y meteoriza de color verde amarillento ahumado y naranja amarillento pálido. Las areniscas en el afloramiento 16 son de color gris medio oscuro, gris amarillento y oliva pálido y meteorizan de color naranja grisáceo, rosado naranja grisáceo y pardo amarillento pálido.

En los afloramientos 7 y 8, la roca está moderadamente compactada, es densa y mal escogida, presentando en su mayoría, componentes subangulosos. En el afloramiento 16, la roca es friable y mal escogida, sin embargo, puede ser dura y densa. Las areniscas de esta litofacies pueden ser masivas o presentar laminación paralela, rizaduras y flaser en el afloramiento 16 y gradación normal, imbricación (ver Figura 73) y bases erosivas en los afloramientos 7 y 8.

Tabla 31: Primera descripción macroscópica de la Litofacies S2.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max	
10-42	Arenisca		X			X		MmE	SA	6	14	Friab
10-43	Arenisca		X			X		MmE	SR	6	14	Friab
10-44	Arenisca		X			X		MmE	SR	5	14	Friab
10-45	Arenisca		X			X		MmE	SR	5	14	Friab
10-46	Arenisca		X			X		MmE	SR	5	14	Friab
10-50	Arenisca		X			X	X	MmE	SR	3	14	Friab
10-51	Arenisca		X			X	X	MmE	SR	4	14	Friab
10-56	Arenisca		X			X	X	MmE	SA	5	14	Friab
10-57	Arenisca		X			X		MmE	SA	7	14	MC
10-58	Arenisca		X				X	MmE	SA	4	10	Friab
10-59	Arenisca		X			X		MmE	SR	7	14	Friab
10-62	Arenisca		X			X		MmE	SR	7	14	MC
10-63	Arenisca		X			X		MmE	SA	6	13	Friab
10-152	Arenisca		X			X		MmE	SA	8	14	MC
10-226	Arenisca		X				X	MmE	SA	5	10	Friab
10-227	Arenisca		X				X	MmE	SA	3	9	Friab
10-228	Arenisca		X				X	MmE	SA	4	9	Friab
10-229	Arenisca		X				X	MalE	SA	5	8	Friab
10-230	Arenisca		X				X	MalE	SA	5	8	Friab
10-231	Arenisca		X				X	MmE	Ang	5	10	MC
10-233	Arenisca		X					MalE	SR	5	8	MC
10-235	Arenisca		X				X	MalE	SR	5	8	MC
10-236	Arenisca		X				X	MalE	SR	4	8	MC
10-237	Arenisca		X					MalE	SA	5	8	MC
E-2	Arenisca		X					MmE	SR	7	12	FC
E-5	Arenisca		X			X		MmE	SA	7	13	FC
E-8	Arenisca		X			X		MmE	SA	5	14	FC
E-10	Arenisca		X					ModE	SA	3	4	FC
E-12	Arenisca		X			X		MmE	SA	5	13	FC
E-13	Arenisca		X				X	MmE	SA	3	8	FC
H-1	Arenisca		X			X		MmE	SA	6	14	FC

Tabla 32: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies S2.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-42	Nara muy pal	Nara ama osc	Mosc	CIM		S2
10-43	Ama ahu	Nara grisa	Mosc	CIM		S2
10-44	Ama ahu	Nara ama osc	Mosc	BAE, CIM		S2
10-45	Nara grisa	Nara ama osc	Mosc	BAE, CIM		S2
10-46	Gris ama	Nara grisa	Mosc	BAE, CIM		S2
10-50	Ama ahu	Nara ama osc	Pirit	CIM		S2
10-51	Ama ahu	Nara ama pal		CIM		S2
10-56	Gris ama	Nara ama pal		MAS		S2
10-57	Gris ama	Nara ama pal	Mosc, Sid	BAE, CIM		S2

Tabla 32: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies S2 (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-58	Ama ahu	Nara ama osc		MAS		S2
10-59	Gris ama	Ama ahu	Mosc	MAS		S2
10-62	Gris oli cla	Ama ahu	Mosc	BAE, CIM		S2
10-63	Gris ama	Nara ama pal	Mosc	MAS		S2
10-152	Gris muy cla	Nara ama pal	Mosc, Sid	CIM		S2
10-226	Gris ama	Ros nara grisa		RAA		S2
10-227	Gris ama	Ros nara grisa	Sid	RAA		S2
10-228	Gris ama	Ros nara grisa		FLA, LPA		S2
10-229	Gris ama	Ros nara grisa		FLA		S2
10-230	Gris ama	Nara grisa	Sid, Cal	FLA		S2
10-231	Nara grisa	Par ama pal		MAS		S2
10-233	Oli pal	Nara grisa	Mosc	MAS, VTA		S2
10-235	Ama ahu	Par roji pal		MAS		S2
10-236	Ama ahu	Par oli cla		MAS		S2
10-237	Oli pal	Par ama mod	Mosc	MAS		S2
E-2	Gris roji	Par ama mod	Mosc	MAS		S2
E-5	Gris cla	Par mod	Mosc	MAS		S2
E-8	Gris ver	Par mod	Mosc	MAS		S2
E-10	Gris oli cla	Par grisa	Mosc	RAA		S2
E-12	Gris par cla	Par ama mod	Mosc	BAE		S2
E-13	Gris oli cla	Par ama mod		MAS		S2
H-1	Gris cla	Ros nara mod	Mosc	MAS		S2



Figura 73: Gradación normal e imbricación en Litofacies S2 (Muestra 10-44).

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies S2 están compuestas por 0% a <1% de calcita, 5% a 20% de arcilla, 70% a 85% de componentes siliciclásticos tamaño limo, arena, gránulo y guijón, 5% a 20% de moscovita y 0% a 3% de porosidad secundaria (móldica). Cabe mencionar que esta facies no presenta bioclastos. La litofacies S2 tiene una diagénesis

tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos longitudinal, cóncavo-convexo y suturado, disolución parcial de granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos, micas y fragmentos de roca a arcilla autigénica, recristalización de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo, piritización y deformación y fracturamiento de granos (ver Figura 74).

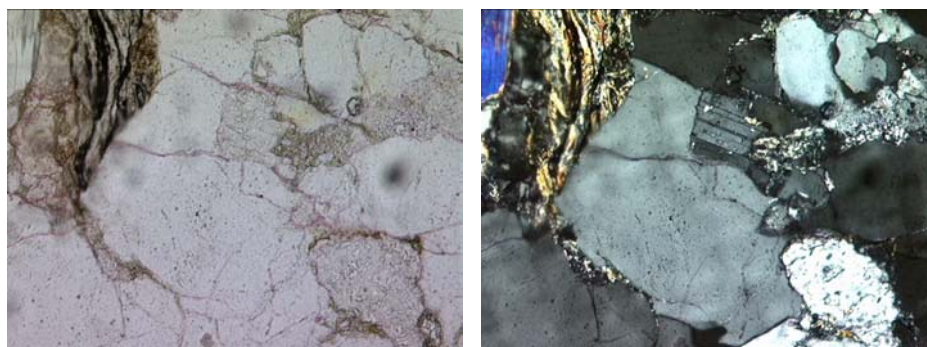


Figura 74: Deformación de granos dúctiles y contactos suturados en Litofacies S2

(Muestra 10-152, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).

Tabla 33: Descripción microscópica textural de la Litofacies S2.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-57	Arenisca lítica	MalE	SR	7	14	Ani	Long	Frac	Qz	Fel K		Frm		
10-152	Arenisca lítica	MalE	SA	8	14	Iso	Conc	Frac	Qz	Fel K		Frm	Arci	Sutu
10-227	Wacka lítica	MalE	SA	3	9	Iso	Long	Frac	Qz	Fel K		Plag	Arci	Conc
10-230	Wacka lítica	BinE	SA	5	8	Ani	Long	Frac	Qz	Fel K		Mosc	Arci	Conc

Tabla 34: Descripción microscópica composicional de la Litofacies S2.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-57	19.7	5.2	4.7	6.7	29.9	3.2	4.7	5.5	1	0	0	12.7	0	2.7	0	0	1	3	0	0	1
10-152	18	7.3	4.3	10.6	27	2	8	5	1	0	0	5.9	0	5.6	0	0	<1	2	3.3	1	0
10-227	20	6.7	3	8.5	9.7	0	15	10.7	<1	0	0	16	0	3	0	0	1	1	4.4	<1	<1
10-230	21.3	3	<1	10.3	11.6	0	8	17.6	1	0	0	19.2	0	<1	<1	0	1	1	4	2	0

Litofacies G1: *Conglomerado arenoso y ligeramente calcáreo* (ver tablas 35, 36, 37 y 38).

Esta litofacies se encuentra representada en el afloramiento 11, y se caracteriza por el litotipo: Paraconglomerado polimíctico según COLLISON (1982) y BOGGS (1992) y Conglomerado arenoso, ligeramente calcáreo y micáceo según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998). El tamaño de grano promedio de esta roca es arena de grano fina y el tamaño de grano máximo es guijón. El conglomerado es de color gris claro y gris claro medio y meteoriza de color gris amarillento, naranja grisáceo y naranja amarillento oscuro. En el afloramiento 11 la roca de esta litofacies es densa, está moderadamente compactada y mal escogida, presentando componentes subredondeados. En este afloramiento el conglomerado es masivo y forma capas de 10cm a 25cm de espesor que presentan gradación normal. Además, el conglomerado también puede presentarse en inyectitas asociadas a la litofacies S1.

Tabla 35: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G1.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max	
10-17	Conglomerado	X			X		X	MmE	SA	5	14	MC
10-18	Conglomerado	X			X		X	MmE	SR	6	14	MC
10-20	Conglomerado	X			X		X	MmE	SA	6	14	MC

Tabla 36: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G1.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-17	Gris cla	Gris ama	Sid, Dol	GNO		G1
10-18	Gris med cla	Nara ama osc		GNO		G1
10-20	Gris med	Nara grisa		MAS		G1

Según el análisis petrográfico, el conglomerado de la litofacies G1 está compuesto por 5% de calcita, 10% de arcilla, 80% de componentes siliciclásticos tamaño arena, gránulo y guijón (ver Figura 75) y 7% de moscovita. Cabe mencionar que esta facies no presenta bioclastos. La litofacies G1 tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene:

contactos longitudinal, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, fragmentos de roca y cuarzo, disolución parcial de granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos, micas y fragmentos de roca a arcilla autigénica, recristalización de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo, deformación, fracturamiento y trituramiento de granos y generación de pseudomatriz.

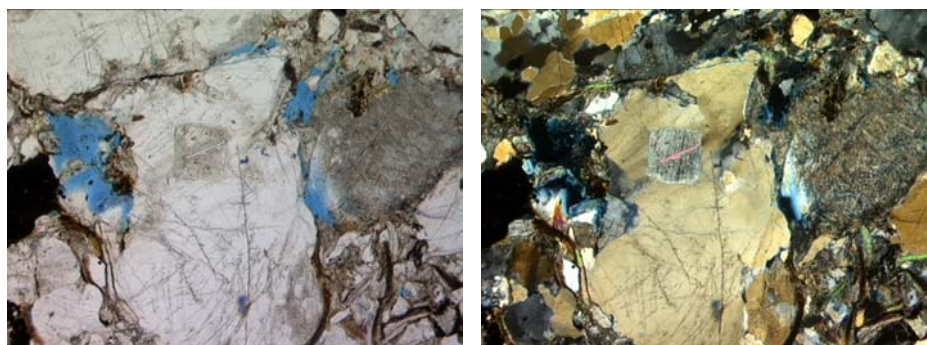


Figura 75: Extraña textura en fragmento de granito en Litofacies G1
(Muestra 10-17, Objetivo 2.5x, Nícoles II y X respectivamente).

Tabla 37: Descripción microscópica textural de la Litofacies G1.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-17	Parac polimíctico	MmE	Ang	5	14	Iso	Long	Trit	Qz	Fel K	Cal	Fel K	Arci	Psm

Tabla 38: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G1.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-17	21.3	5.6	7.6	5.6	20.3	1	5	6.6	1	0	0	10	0	5.6	4	0	<1	<1	1.6	1	0

Litofacies G2: *Conglomerados arenosos* (ver Tablas 39, 40, 41 y 42).

Esta litofacies se presenta en los afloramientos 5, 7 y 9, y se caracteriza por el litotipo: Paraconglomerado polimíctico según COLLISON (1982) y BOGGS (1992) y Conglomerado arenoso según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998). El tamaño de grano promedio de esta roca es arena de grano medio y el tamaño de grano máximo es guijón. En el afloramiento 5 los conglomerados son de color gris muy pálido a gris claro y meteorizan de color naranja amarillento oscuro y naranja grisáceo. En el afloramiento 7 los conglomerados son de color gris amarillento y meteorizan de color naranja amarillento oscuro. En el afloramiento 9 los conglomerados son de color gris claro y gris claro medio y meteorizan de color pardo claro. Las rocas de esta litofacies son masivas y están moderadamente compactadas y mal escogidas, presentando componentes subangulosos y subredondeados. Además, en esta litofacies se presentan bases erosivas y componentes imbricados.

Tabla 39: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G2.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max	
10-48	Conglomerado				X			MmE	SR	5	14	Friab
10-60	Conglomerado				X			MmE	SA	8	14	Friab
10-201	Conglomerado				X			MmE	SA	8	14	MC
10-250	Conglomerado				X			MmE	SA	9	14	Friab
10-255	Conglomerado				X			MmE	SA	8	14	Friab
I-5	Conglomerado				X			MmE	SA	8	14	FC

Tabla 40: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G2.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-48	Gris ama	Nara ama osc	Mosc	BAE, CIM		G2
10-60	Gris ama	Nara ama osc	Mosc	BAE, CIM		G2
10-201	Gris cla med	Par cla	Sid	MAS		G2
10-250	Gris muy pal	Nara ama osc	Mosc, Sid	BAE, CIM		G2
10-255	Gris oli cla	Nara grisa	Mosc	BAE, CIM		G2
I-5	Gris par cla	Par mod		MAS		G2

Según el análisis petrográfico, los conglomerados de la litofacies G2 están compuestos por 0% a 1% de calcita, 3% a 20% de arcilla, 75% a 90% de componentes siliciclásticos tamaño arena a guijón y 7% a 10% de moscovita. Cabe mencionar que esta facies no presenta bioclastos. La litofacies G2 tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos tangencial, longitudinal y cóncavo-convexo, disolución parcial de granos de feldespatos (ver Figura 76), alteración de granos de feldespatos y fragmentos de roca a arcilla autigénica, recristalización de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo, piritización y deformación, fracturamiento y trituramiento de granos.

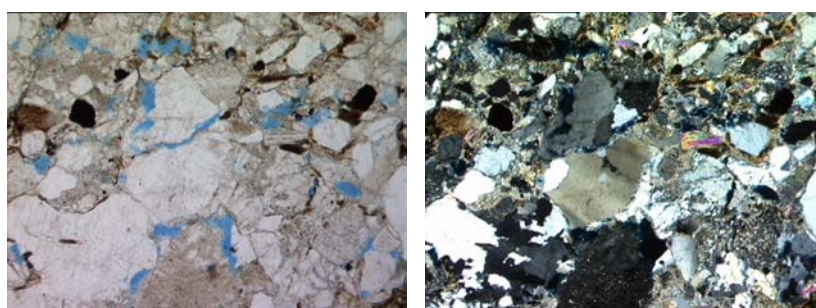


Figura 76: Porosidad parcial por disolución en feldespatos de la Litofacies G2

(Muestra 10-250, Objetivo 2.5x, Nicoses II y X respectivamente).

Tabla 41: Descripción microscópica textural de la Litofacies G2.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-201	Parac polimíctico	MalE	SA	8	14	Iso	Tang	Frac	Qz	Fel K		Plag	Arci	
10-250	Parac polimíctico	MalE	SA	9	14	Ani	Long	Trit	Piri	Fel K		Frm	Arci	Conc

Tabla 42: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G2.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos						Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-201	18.3	5.6	1.6	11	21	<1	5	10	1	0	0	18.1	0	1.1	0	0	<1	<1	3.3	1	0
10-250	22.5	7.5	3.5	10	18	8	10	9.5	1	0	0	3	0	<1	1	0	<1	2	3.5	2	0

Litofacies G3: *Conglomerados arenosos y Areniscas conglomeráticas* (ver Tablas 43 a 46).

Esta litofacies se encuentra representada en los afloramientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, A-2 y A-3, y se caracteriza por los litotipos: Conglomerado y Microconglomerado arenoso, Arenisca arcillosa y Arenisca conglomerática según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998) y Paraconglomerado polimíctico, Arenisca lítica y Wacka lítica según COLLISON (1982), BOGGS (1992) y PETTIJOHN (1972). El tamaño de grano promedio de estas rocas varían de arena muy fina a gruesa y el tamaño de grano máximo varían de arena media a guijón. La roca es mal escogida, presentando en su mayoría, componentes subredondeados y subangulosos. Su color es rojo moderado a rojo pálido y meteorizan de color naranja amarillento pálido y pardo amarillento moderado. La roca generalmente es masiva, no obstante, presenta gradación normal, laminación paralela, estratificación cruzada de bajo ángulo, lentes de arenisca en los conglomerados y cordones de conglomerados en las areniscas, bases erosivas y componentes imbricados.

Tabla 43: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G3.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Redon	Tam de Gran		Comp	
		cal	arc	lim	are	con	mic		prom	max		
10-194	Arenisca		X				X	MmE	SA	4	12	MC
10-195	Conglomerado				X			MmE	SA	7	13	MC
10-196	Conglomerado				X			MmE	SA	5	14	MC
10-197	Conglomerado				X			MmE	SA	6	14	MC
10-198	Arenisca		X			X		MmE	Ang	5	13	MC
10-199	Arenisca		X				X	MmE	Ang	3	11	MC
10-200	Conglomerado				X		X	MmE	SA	9	14	MC
10-240	Arenisca		X				X	MalE	SR	4	7	MC
10-241	Arenisca		X	X				MmE	SA	3	12	MC
10-242	Arenisca		X			X	X	MmE	SA	6	14	MC
10-247	Arenisca		X					MmE	SA	6	11	Friab
10-248	Arenisca		X			X	X	MmE	SA	4	13	Friab
10-249	Arenisca		X			X		MmE	SA	8	13	Friab
C-1	Conglomerado				X			MmE	Ang	7	14	MC
C-2	Conglomerado				X			MmE	SR	7	14	MC
C-3	Conglomerado				X			MmE	SR	6	12	FC
C-4	Arenisca		X			X		MmE	SR	7	14	MC
C-5	Arenisca		X			X		MmE	SR	5	13	MC

Tabla 43: Primera descripción macroscópica de la Litofacies G3 (continuación).

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max	
D-1	Conglomerado				X			MmE	SA	7	14	MC
D-2	Arenisca		X			X		MmE	SA	6	14	FC
D-3	Conglomerado				X			MalE	SR	10	14	FC
D-4	Arenisca		X			X		MmE	SA	6	13	FC
D-5	Conglomerado				X			MmE	SA	5	14	FC
D-6	Arenisca		X			X		MmE	SR	6	14	FC
D-7	Arenisca		X			X	X	MmE	SR	4	13	MC
D-8	Conglomerado				X			MmE	SR	6	14	FC
D-9	Arenisca		X			X	X	MmE	SR	5	13	FC
D-10	Conglomerado				X			MmE	SA	7	14	Friab
E-1	Arenisca		X	X			X	ModE	SR	3	4	FC
E-4	Arenisca		X				X	MmE	SR	5	12	MC
E-6	Arenisca		X				X	MmE	SA	5	11	FC
E-9	Arenisca		X			X		MmE	SR	6	13	MC
E-11	Arenisca		X					MalE	SA	3	5	FC
F-4	Conglomerado				X			MmE	SA	5	13	Friab
F-6	Arenisca		X				X	MalE	SA	4	7	MC
F-8	Arenisca		X				X	MmE	SA	6	10	FC
G-1	Arenisca		X			X	X	MmE	Ang	7	14	MC
G-2	Arenisca		X					MalE	SA	5	7	FC
G-3	Arenisca		X					MalE	SA	3	5	FC
H-2	Conglomerado				X			MmE	Ang	9	14	MC
H-3	Arenisca		X				X	ModE	SA	5	6	FC
I-2	Conglomerado			X	X			MmE	Ang	4	14	FC

Tabla 44: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G3.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-194	Rojo pal	Par ama mod		MAS		G3
10-195	Ros ama grisá	Par ama mod	Mosc	BAE, CIM		G3
10-196	Rojo pal	Par ama pal	Mosc	CIM		G3
10-197	Rojo pal	Par ama osc	Mosc	MAS		G3
10-198	Rojo pal	Ros nara grisá	Mosc	MAS		G3
10-199	Rojo mod	Rojo grisá		MAS		G3
10-200	Rojo ahu	Rojo pal	Sid	MAS		G3
10-240	Par roji pal	Par mod	Pirit, Sid	BAE		G3
10-241	Rojo mod	Par ama mod	Mosc	BAE		G3
10-242	Nara muy pal	Par ama osc		MAS		G3
10-247	Rojo pal	Nara ama pal	Mosc	MAS		G3
10-248	Rojo pal	Nara ama pal	Pirit, Sid	MAS		G3
10-249	Ros nara grisá	Nara grisá	Mosc	MAS		G3
C-1	Rojo pal	Rojo grisá	Mosc	CIM		G3
C-2	Rojo pal	Par ama mod	Mosc	BAE, CIM		G3
C-3	Rojo grisá	Par cla	Mosc	GNO, BAE, CIM		G3

Tabla 44: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies G3 (continuación).

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
C-4	Rojo pal	Par grisá	Mosc, Pirit, Sid	BAE		G3
C-5	Rojo mod	Par cla	Mosc	MAS		G3
D-1	Rojo pal	Par ros pal	Mosc	MAS		G3
D-2	Rojo pal	Rojo mod	Mosc	BAE, CIM		G3
D-3	Ros grisá	Par roji pal	Mosc	MAS		G3
D-4	Rojo pal	Par ama mod	Mosc, Pirit, Sid	BAE		G3
D-5	Ros nara grisá	Par mod	Mosc	BAE		G3
D-6	Rojo pal	Par ama mod	Mosc	MAS		G3
D-7	Rojo pal	Par roji pal		MAS		G3
D-8	Rojo pal	Par mod	Mosc	MAS		G3
D-9	Rojo pal	Rojo mod		MAS		G3
D-10	Rojo pal	Par cla	Mosc	CIM		G3
E-1	Rojo grisá	Par ama mod		MAS		G3
E-4	Par ama pal	Par mod		BAE		G3
E-6	Rojo pal	Par ama cla		MAS		G3
E-9	Par ama pal	Par ama mod	Mosc	GNO		G3
E-11	Rojo mod	Par mod	Mosc	RAA		G3
F-4	Par ama pal	Par ama osc	Mosc	GNO		G3
F-6	Rojo grisá	Rojo pal		MAS		G3
F-8	Rojo pal	Rojo mod		MAS		G3
G-1	Rojo pal	Par grisá		MAS		G3
G-2	Rojo pal	Par mod	Mosc	MAS		G3
G-3	Rojo mod	Par pal	Mosc	MAS		G3
H-2	Ros pal	Par mod	Mosc	MAS		G3
H-3	Rojo pal	Par ros pal		MAS		G3
I-2	Rojo pal	Par cla	Mosc, Pirit, Sid	MAS		G3

Según el análisis petrográfico, las rocas de la litofacies G3 están compuestas por 5% a 35% de arcilla, 51% a 85% de componentes siliciclásticos tamaño arena, granulo y guijón, 0% a 20% de moscovita, cabe mencionar que esta litofacies no presenta porosidad. La litofacies G3 tiene una diagénesis tardía (ver capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos tangencial, longitudinal, cóncavo-convexo y suturado, disolución parcial de granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos, micas y fragmentos de roca a arcilla autigénica, recristalización de la illita, sobrecrecimiento de cuarzo, oxidación, deformación, fracturamiento y trituramiento de granos (ver Figura 77).

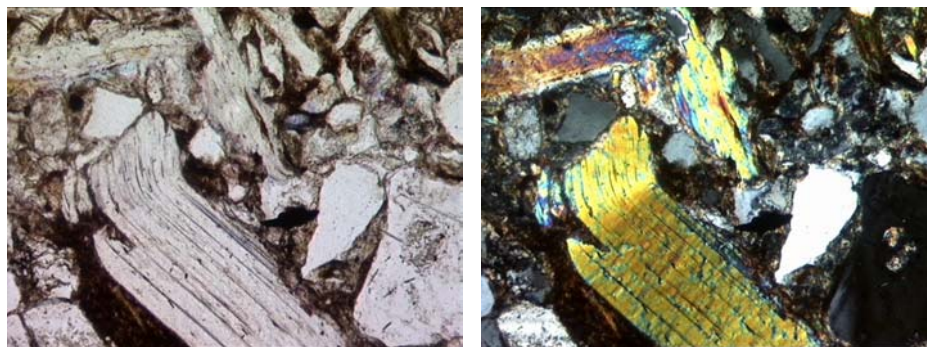


Figura 77: Deformación, fracturamiento y trituramiento de granos y formación de pseudomatrix en Litofacies G3 (Muestra 10-248, Objetivo 10x, Nícoles II y X respect.)

Tabla 45: Descripción microscópica textural de la Litofacies G3.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S
10-200	Arenisca lítica	MalE	Ang	9	14	Iso	Tang	Frac	Qz	Fel K		Plag	Arci	Conc
10-240	Wacka lítica	ModE	Ang	4	7	Iso	Tang	Defo	Oxi	Fel K		Fel K	Arci	
10-248	Arenisca lítica	MmE	SA	4	12	Iso	Tang	Frac	Qz	Fel K		Mosc	Arci	
C-4	Parac polimíctico	MalE	Ang	10	14	Ani	Long		Qz	Fel K		Fel K	Arci	Sutu
D-4	Parac polimíctico	MmE	Ang	5	14	Ani	Long	Trit	Qz	Fel K		Fel K	Arci	Sutu
I-2	Wacka lítica	MalE	Ang	9	14	Iso	Long	Frac	Qz	Fel K		Fel K	Arci	

Tabla 46: Descripción microscópica composicional de la Litofacies G3.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos							Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	OST	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Silice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura	
10-200	23	6	4	9.3	16	1.5	6	14.6	1	0	0	9.3	0	1.3	0	<1	2	4	1	0		
10-240	15	4	<1	4	10	1	7	21	0	0	0	25	0	<1	0	0	1	6	4	<1	0	
10-248	20.4	3.4	<1	11.8	12.4	4	10	10	<1	0	0	10.8	0	1.6	<1	0	<1	8	4.2	2	0	
C-4	20	7	3.5	11	20.5	2	<1	4.5	1	0	0	5.5	0	1	1	1	1	8	12	0	0	
D-4	20.5	5.5	2	7	11	2	1	8.5	<1	0	0	19.5	0	1	1	0	1	6	13	<1	0	
I-2	16	3.5	<1	7.5	15.5	2	<1	7	1	0	0	24	0	2	1.5	0	3	7	8	<1	0	

Litofacies D: *Dolomía calcárea y arcillosa* (ver Tablas 47, 48, 49 y 50).

Esta litofacies se presenta en una capa de 15cm de espesor en el afloramiento 13 (muestra 10-182), y se caracteriza por el litotipo: Dolomía calcárea y arcillosa según LEYENDA ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998). Esta roca es de color gris oliva claro y gris oscuro y meteoriza de color naranja amarillento oscuro. La roca es densa y masiva. Además, la dolomía calcárea y arcillosa presenta estilolitas (ver Figura 78).

Tabla 47: Primera descripción macroscópica de la Litofacies D.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	mic	dol	prom	max		
10-182	Dolomía	X	X					1	1	FC	Conc

Tabla 48: Secunda descripción macroscópica de la Litofacies D.

Muestra	Color Fresco	Color de Met	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-182	Gris oli cla	Nara ama osc	Qz, Pirit	MAS, VTA, EGE	OST	D



Figura 78: Dolomía calcárea diagenética de la Litofacies D (Muestra 10-182).

Según el análisis petrográfico, la dolomía de la litofacies D está compuesta por 60% de dolomita, 29% de calcita, 10% de arcilla y 0% de componentes siliciclásticos tamaño limo o arena. En la sección fina de esta litofacies se aprecian menos de 1% de bioclastos. Los fósiles reconocidos son ostrácodos o estéridos. La litofacies D tiene una diagénesis tardía (ver

Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-cemento, dolomitización (ver Figura 79) y estilolitización.

Tabla 49: Descripción microscópica textural de la Litofacies D.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Neom	P-S
10-182	Dolomía calcárea	noa	noa	1	2	noa	Ceme		Dol					Ege

Tabla 50: Descripción microscópica composicional de la Litofacies D.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Aloq		Ortoq		Minerales Autigénicos					Poro		
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	Arcilla	OST	Indeterminados	Micrita	Espato	Sílice	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	<1	0	0	29	0	60	0	0	0	0	0

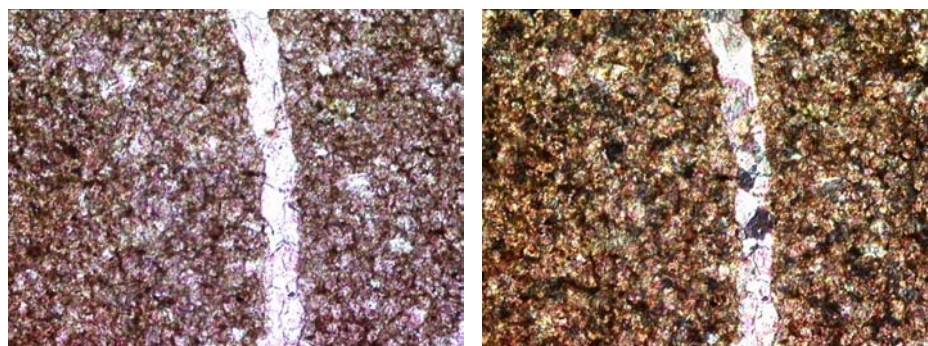


Figura 79: Veta de dolomita en Litofacies D (Muestra 10-182, Objetivo 20x, Nícoles II y X).

Litofacies T: *Marga arenosa y dolomítica gradando a Arenisca arcillosa y dolomítica (ver Tablas 51, 52, 53 y 54).*

Esta facies se encuentra representada en un paquete de 60cm de espesor máximo, formado por capas medias, que se acuñan lateralmente en el afloramiento 13 (muestras 10-172 y 10-173), y se caracteriza por los litotipos: Marga arenosa, dolomítica y micácea que transicionalmente gradan a Arenisca arcillosa y dolomítica micácea según LEYENDA

ESTRATIGRAFICA DE PDVSA (1998) y Micrita arenosa y Arenisca micrítica según MOUNT (1985). El tamaño de grano promedio de las componentes siliciclásticas de estas rocas es arena de grano fino y el tamaño de grano máximo es arena de grano grueso, en la parte basal de las capas. Estas rocas son densas, de color gris medio en la parte inferior de las capas y gris oscuro medio en la parte superior de las capas (ver Figura 80) y meteorizan de color gris claro y naranja amarillento pálido. Las rocas son masivas y presentan una gradación normal en la parte basal de las capas. En la parte media y superior de las capas se muestran laminaciones onduladas y rizaduras. Por lo tanto, se interpretan ciclos Ta-c.



Figura 80: Secuencia turbidítica Ta-c de la Litofacies T (Muestra 10-172).

Tabla 51: Primera descripción macroscópica de la Litofacies T.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp
		cal	arc	lim	are	mic	dol			prom	max	
10-172	Marga/Arenisca	X/X	/X		X/	X/X	X/X	MalE	SA	5/5	7/8	FC
10-173	Arenisca	X					X	MalE	Ang	5	10	FC

Tabla 52: Segunda descripción macroscópica de la Litofacies T.

Muestra	Color Fresco	Color de Met	Accesorios	Estructuras	Fósiles	Litofacies
10-172	Gris osc med	Gris oli cla	Qz, Sid/Pirit, Sid	GNO, VTA,	OST, ALG	T
10-173	Gris med	Nara ama pal	Mosc, FR	GNO, VTA	OST	T

Según el análisis petrográfico, la roca de la litofacies T está compuesta por 8% a 40% de calcita, 12% a 16% de arcilla, 28% a 57% de componentes siliciclásticos tamaño limo o

arena, 8% a 10% de moscovita y 17% a 27% de dolomita. En secciones finas de esta litofacies se aprecia 12% de bioclastos en la parte basal de las capas, que disminuyen a 3% hacia el tope de las capas. Los fósiles reconocidos son ostrácodos o estéridos, así como abundantes fragmentos de algas (ver Figura 81 y Figura 94, Muestra 10-172). La litofacies T tiene una diagénesis tardía (ver Capítulo 3.4), en esta litofacies se tiene: contactos grano-matriz, tangencial y longitudinal, reemplazo de calcita en granos de feldespatos, alteración de granos de feldespatos a arcilla autigénica, dolomitización y deformación y fracturamiento de granos.

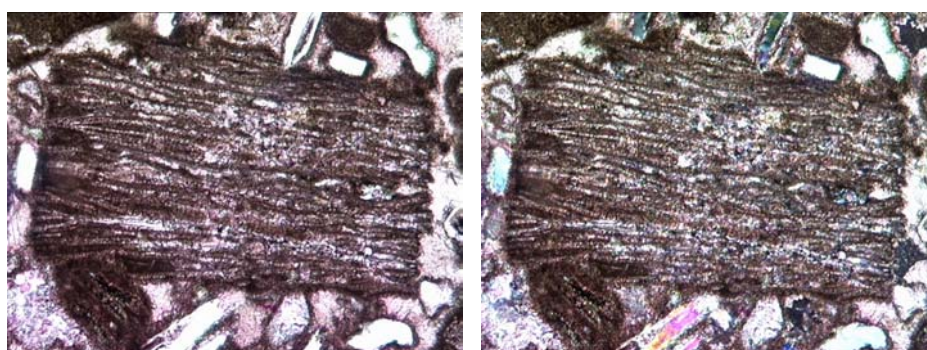


Figura 81: Fragmento de alga en Litofacies T (Muestra 10-172, Objetivo 10x, Nícoles II y X)

Tabla 53: Descripción microscópica textural de la Litofacies T.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas							
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Neom	P-S
10-172 "A"	Micrita arenosa	ModE	SA	5	7	Ani	Matz	Defo	Dol			Fel K		
10-172 "B"	Arenisca micrítica	BinE	SA	5	8	Ani	Long	Frac	Dol		Cal			

Tabla 54: Descripción microscópica composicional de la Litofacies T.

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Aloq		Ortoq		Minerales Autigénicos					Poros		
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldespato K	Plagioclasa	F.R.Metamórfico	F.R.Sedimentario	F.R.Ígneo	Micas	Min. Pesados	Arcilla	OST	Indeterminados	Micrita	Espato	Sílice	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura
10-172 "A"	5	3	7	3	<1	0	0	10	0	12	5	8	28	1	0	10	<1	7	0	0	0
10-172 "B"	25	5	5	12	1	0	0	8	1	22	3	0	0	8	0	7	<1	2	0	0	0

LEYENDA (Tablas 1 – 58):

General: Escog= escogimiento, Redon= redondez, Tam de gran= tamaño de grano, Comp= compactación, Tab= tabular, Friab= friable, Met= meteorizado, Irreg= irregular, Prom= promedio, Max= máximo, CF= color fresco, CM= color meteorizado, Conta= contactos, Orien= orientación, Poro= porosidad, Frac= fractura o fracturado, Mold= móllica, Noa= no aplica, Iso= isotrópica, Ani= anisotrópica, Mme= muy mal escogido, Male= mal escogido, Mode= moderadamente escogido, Bine= bien escogido, SA= subangular, Ang= angular, SR= subredondeado, Red= redondeado, Tang= tangencial, Long= longitudinal, Conc= cóncavo-convexo, Sutu= suturado, Defo= deformado, Trit= triturado, Psm= pseudomatriz, Diso= disolución, Reem= reemplazo, Alte= alteración, Recr= recristalización, P-S= presión-solución, Neom= neomorfismo.

Tamaño de grano: 1= arcilla, 2= limo, 3 y 4= arena de grano muy fino, 5 y 6= arena de grano fino, 7 y 8= arena de grano medio, 9 y 10= arena de grano grueso, 11 y 12= arena de grano muy grueso, 13= granulo, 14= Guijón.

Composición: Qz M= cuarzo monocristalino, Qz P= cuarzo policristalino, Fel K= feldespatos potásico, Plag= plagioclasa, FRM= fragmento de roca metamórfico, FRI= fragmento de roca ígneo, FRS= fragmento de roca sedimentario, Mosc= moscovita, Min P= minerales pesados, Arc= arcilla o arcilloso, Matz= matriz, Carb= carbonático, Sil= sílice, Sid= siderita, Dol= dolomita o dolomítico, Cal= calcita o calcáreo, Ill= illita, Oxi= óxidos, Piri= pirita, Lim= limoso, Are= arenoso, Con= conglomerático, Mic= micáceo, Sili= Siliciclásticos, Ceme= cemento, Bioc= bioclasto, Aloq= aloquímicos, Ortoq= ortoquímicos, Parac= paraconglomerado, Felds= feldespatos en general.

Colores: oli= oliva, nara= naranja, grisa= grisáceo, ver= verdusco, par= pardo, azu= azulado, ros= rosado, roji= rojizo, ama= amarillento, osc= oscuro, med= medio, cla= claro, pal= pálido, mod= moderado, ahu= ahumado.

Estructuras: LPA= laminación paralela, EIN= estructura de inyección, LIN= laminación incipiente, CON= convoluta, RAA= risadura asimétrica, LON= laminación ondulada, CRU= estratificación cruzada, BAE= base erosiva, GNO= gradación normal, KAK= kakirita, CIM= componentes imbricados, VTA= veta de calcita, VTD= veta de dolomita, VTQ= veta de cuarzo, EGE= estilolita, FLU= escape de fluidos, MAS= masivo, VAR= varvas, GRE= grietas en escalón, LEN= lentes, FLA= flaser, FSS= falla sinsedimentaria.

Fosiles: INC= inchofossil, OST= ostrácodos y estéridos, RPL= restos de planta, ALG= algas, IND= fósil indeterminado.

3.3.2- PETROGRAFIA EN LAS ROCAS ALEDAÑAS AL ÁREA DE ESTUDIO:

El análisis petrográfico en las zonas aledañas al área de estudio se realizó en las adyacencias de la población de Jají, en la sección de carretera Jají-San Juan, a unos 8Km en dirección norte de la zona estudiada, con el fin de reconocer sus características litológicas y poder identificarlas dentro la estratigrafía de la región (ver Tablas 55, 56, 57 y 58).

Tabla 55: Primera descripción macroscópica de las rocas aledañas al área de estudio.

Muestra	Litotipo	componentes comunes						Escog	Redon	Tam de Gran		Comp	Fract
		cal	arc	lim	are	con	mic			prom	max		
J-1	Arcilita			X				noa	noa	1	2	FC	Tab
J-2	Caliza							noa	noa	1	1	FC	Tab
J-3	Arcilita			X				noa	noa	1	2	FC	Tab
J-4	Arcilita	X						noa	noa	1	1	FC	Tab
J-5	Arcilita	X			X			noa	noa	1	3	FC	Tab
J-6	Arcilita			X				noa	noa	1	2	FC	Tab
J-7	Arcilita			X				noa	noa	1	2	FC	Tab
J-8	Arenisca		X				X	MmE	SR	5	12	MC	Irreg
J-9	Arenisca		X					MmE	SA	4	12	FC	Irreg
J-10	Arenisca		X			X		MmE	Ang	6	11	Friab	Irreg
J-11	Arenisca		X					MmE	SA	4	11	MC	Irreg
J-12	Limolita		X		X			ModE	noa	2	3	FC	Tab
J-13	Conglomerado				X			MmE	SA	6	13	FC	Irreg
J-14	Limolita		X		X			ModE	noa	2	3	MC	Tab

Tabla 56: Secunda descripción macroscópica de las rocas aledañas al área de estudio.

Muestra	Color Fresco	Color de Met.	Accesorios	Estructuras	Formación
J-1	Gris osc	Par ama mod	Mosc	MAS	Colón
J-2	Gris osc	Gris par	Qz, Pirit	MAS, VTA	La Luna
J-3	Gris osc med	Par cla	Mosc	MAS	Colón
J-4	Negro grisa	Gris osc med	Mosc, Pirit	MAS	Colón
J-5	Gris cla	Par cla	Mosc	MAS	La Quinta
J-6	Gris azu cla	Par cla	Mosc	MAS, VTA	Apón
J-7	Gris azu cla	Par cla	Mosc, Sid	MAS, VTQ	Apón
J-8	Rojo pal	Par cla	Cal	MAS	La Quinta
J-9	Rojo pal	Rojo grisa	Mosc, Sid, Cal	MAS	La Quinta
J-10	Gris ver cla	Ver ama mod	Mosc	KAK	La Quinta
J-11	Rojo pal	Nara ama osc	Mosc	MAS	La Quinta
J-12	Rojo pal	Par mod	Mosc, Pirit, Sid	MAS, VTQ	La Quinta
J-13	Gris ver cla	Ver ama mod		MAS	La Quinta
J-14	Par roji pal	Nara ama osc	Mosc, Pirit, Sid	MAS, VTQ	La Quinta

Tabla 57: Descripción microscópica textural de las rocas aledañas al área de estudio.

Muestra	Litotipo	Escog	Redon	Tam de Gran		Orien	Evidencias Diagenéticas								
				prom	max		Conta	Comp	Ceme	Diso	Reem	Alte	Recr	P-S	
J-2	Caliza sacaroidea	noa	noa	1	1	noa	Ceme		Piri					Arci	
J-4	Arcilita arenosa	noa	noa	1	4	noa	Matz		Dol					Arci	
J-5	Arcilita arenosa	ModE	SA	1	5	Ani	Matz		Dol					Arci	
J-7	Arcilita arenosa	MmE	SA	1	11	Ani	Matz		Qz					Arci	
J-8	Arenisca felds	MmE	SA	5	13	Ani	Tang	Frac	Piri	Fel K	Cal	Plag	Arci		
J-9	Wacka felds	MalE	SA	7	13	Iso	Tang	Frac	Piri	Fel K	Cal	Plag	Arci		
J-10	Arenisca felds	MmE	SA	7	14	Iso	Tang	Trit	Qz			Fel K	Arci	Psm	
J-11	Arenisca felds	MalE	SA	6	12	Ani	Tang		Piri	Fel K		Plag	Arci		
J-12	Wacka felds	ModE	SA	3	7	Iso	Tang	Defo	Qz				Arci		
J-13	Wacka felds	MalE	SA	8	14	Iso	Tang	Trit	Qz	Fel K	Cal	Plag	Arci		
J-14	Wacka felds	MmE	Ang	3	10	Iso	Tang	Defo	Qz				Arci		

Tabla 58-a: Descripción microscópica composicional de las rocas aledañas al área de estudio (siliciclásticos).

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Bioc		Matz		Minerales Autigénicos							Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldspato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	Foraminíferos	Indeterminados	Arcilla	Carbonática	Sílice	Calcita	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura	
J-4	11	1	0	2	0	0	0	0	0	3	5	68	0	0	5	1	0	4	0	0	0	
J-5	20	6	0	2	0	0	0	10	0	0	0	47	0	0	7	2	0	6	0	0	0	
J-7	15	4	2	3	0	0	0	5	1	0	0	50	0	3	0	0	3	2	12	0	0	
J-8	20	2	0	13	1	0	0	4	1	0	0	12	8	0	3	0	0	5	29	2	0	
J-9	18	2	0	5	2	0	0	4	1	0	0	15	5	0	5	0	1	9	31	1	1	
J-10	10	1	2	5	1	0	1	10	2	0	0	12	3	10	1	0	0	1	40	0	<1	
J-11	10	1	<1	6	0	0	0	7	2	0	0	14	6	0	0	0	0	12	32	2	1	
J-12	26	2	0	3	0	0	0	8	1	0	0	28	0	3	0	0	1	8	20	1	0	
J-13	25	5	3	15	2	0	0	4	1	0	0	15	0	5	3	0	0	3	17	2	0	
J-14	28	5	0	6	0	0	0	5	1	0	0	24	0	3	0	0	1	8	20	1	0	

Tabla 58-b: Descripción microscópica composicional de las rocas aledañas al área de estudio (carbonatos).

Muestra	Componentes Siliciclásticos									Aloq		Ortoq		Minerales Autigénicos							Poros	
	Cuarzo Mono	Cuarzo Poli	Feldspato K	Plagioclasa	F.R. Metamórfico	F.R. Sedimentario	F.R. Ígneo	Micas	Min. Pesados	Arcilla	Foraminíferos	Indeterminados	Micrita	Espato	Sílice	Dolomita	Siderita	Óxidos y Pirita	Illita	Parcial y Móldica	Fractura	
J-2	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	1	0	68	0	0	0	6	0	0	0	

3.4 - DIAGENESIS:

El análisis de la evolución diagenético-termal de las rocas estudiadas en este trabajo se realizó con tres metodologías que se complementan. a) La primera, consiste en la evaluación diagenética-petrográfica de *secciones finas*. b) La segunda, consiste en la caracterización mineralógica de las arcillas autigénicas con *difracción de rayos x*. c) La tercera, consiste en la determinación de la madurez del kerógeno con *reflectancia de vitrinita*. Este capítulo tiene como objetivo describir las características diagenéticas-petrográficas diagnosticadas en secciones finas “a”; mientras que, las características diagnosticadas en “b” y “c” se describen en los capítulos 3.6 y 3.8 respectivamente.

CARACTERÍSTICAS DIAGENÉTICAS-PETROGRÁFICAS:

Entre las características diagenéticas analizadas en las secciones finas tenemos:

- Se presenta sílice como cemento, específicamente como sobrecrecimiento de cuarzo en continuidad óptica (ver Figura 82). Este cemento se presenta en las litofacies *SL1, SL3, S1, S2, G1, G2 y G3* mayormente en las wackas líticas, en cantidad y ocurrencia muy baja. El cemento de sílice en continuidad óptica puede estar precipitado en procesos de ilitización de la esmectita a través de arcillas de capas mixtas del tipo illita/esmectita (HOWER *et al*, 1976).

El sobrecrecimiento de cuarzo se presenta en diagénesis temprana e intermedia.

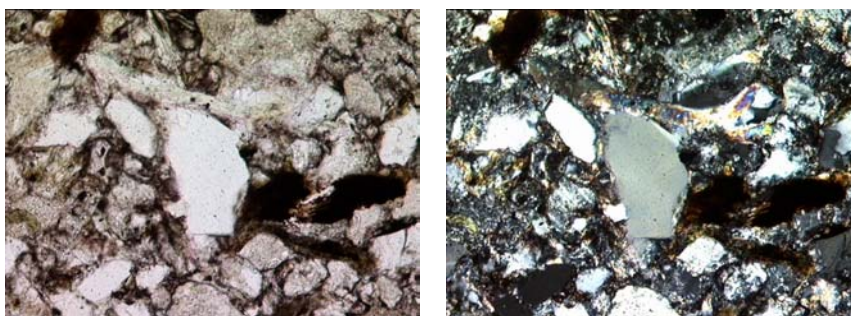


Figura 82: Sobrecrecimiento de cuarzo (Muestra 10-254, Objetivo 10x, Nícoles II y X).

- Se presenta cemento carbonático en las litofacies **M, L, D y T**. Este cemento se presenta en forma de calcita micrítica (muy frecuente), y como calcita esparítica en bloque y en forma de mosaicos (menos frecuente). Según TUCKER *et al* (1990) y ZAPATA (1983), el proceso de cementación de la calcita ocurre como cristales de CaCO_3 rellenando poros. Cabe mencionar, que el cemento carbonático se encuentra asociado a la presencia de vetas de calcita rectilíneas, frecuentes, de amplitud milimétrica y extensión métrica y de vetas de calcita en escalón, poco frecuentes, de amplitud milimétrica y extensión centimétrica (ver Figura 62).

- Se presenta dolomita como mineral autigénico en las litofacies **M, L y T** (ver Figura 83), muy escasamente y en porcentajes bajos, y como cemento en la litofacies **D**, en porcentaje mayor al 50%. Para PETTIJOHN *et. al* (1973), la dolomita puede precipitar en etapas diagenéticas tempranas “dolomita primaria” mediante el agotamiento del CaCO_3 y enriquecimiento de una solución en magnesio, así como en una etapa diagenética tardía “dolomita secundaria”, 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 dolomita en las facies no-roja de la Formación La Quinta, evidenciado por la presencia de illita como principal constituyente de las arcillas autigénicas.

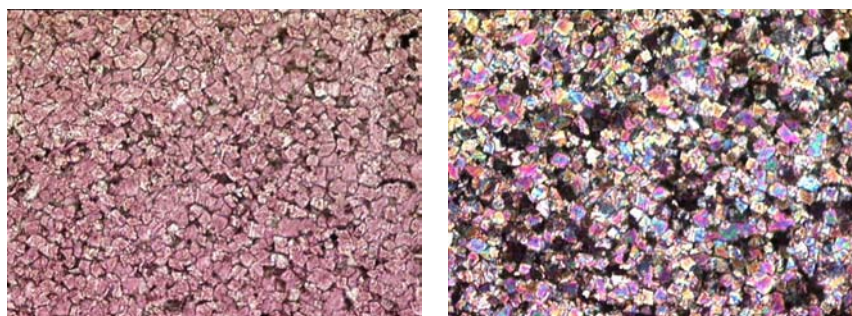


Figura 83: Cristales de dolomita (Muestra 10-156, Objetivo 20x, Nícoles II y X respect.)

- Se presenta siderita como mineral autigénico en las litofacies **M, SH, SL1, SL3, SL4, S1, S2 y G3**, muy escasamente y en porcentajes bajos. Según TUCKER (1981), para la formación de siderita se requieren de condiciones de Eh negativo (reductor), de una baja a_s^{2-} y una alta $a_{\text{CO}_3^{2-}}$. De acuerdo con lo anterior, la siderita es un cemento común en ambientes no marinos. Si no hay suficiente Fe^{2+} con relación al Ca^{2+} en el agua de poro, la calcita se forma en preferencia a la siderita.
- Se presenta de óxidos de hierro como mineral autigénico en las litofacies **SL3, SL4, S2, G2 y G3**, muy escasamente y en porcentajes bajos. Según BLATT (1982), los óxidos de hierro representan condiciones de Eh positivos, en donde, la precipitación de un estado de oxidación a otro (ferrosos y férricos) dependerán de los cambios de Eh y pH del ambiente. La estabilidad de los componentes ferrosos y férricos estará determinada por el balance del contenido de oxígeno disponible para oxidar la materia orgánica, siendo por lo general un ambiente de agua superficial oxidante.
- Se presenta pirita como mineral autigénico en las litofacies **M, L, SL1, S1, G1 y T**, muy escasamente y en porcentajes bajos. Según TUCKER (1981), la pirita se forma cuando la actividad del sulfuro (a_s^{2-}) es alta (baja pS^{2-}). Aunque la mayoría de los ambientes superficiales son oxidantes, la pirita suele ser precipitada dentro de los sedimentos durante la diagénesis temprana, donde se pueden desarrollar condiciones reductoras a través de la descomposición bacteriana de la materia orgánica (ver Figura 66).
- Se produce la alteración de feldespatos potásicos, plagioclasas, micas y fragmentos de rocas a minerales de arcilla tipo: caolinita, clorita, illita y/o illita/esmectita y seritización. La alteración se produce en las litofacies **M, SH, SL1, SL3, S1, S2, G1, G2 y G3** (ver Figura 84).

En donde, la generación de la caolinita y las arcillas autigénicas illita y/o illita/esmectita, proviene principalmente de la alteración de los feldespatos potásicos. Según MORAD et al. (1986), los minerales de moscovita detríticos, pueden alterarse durante la diagénesis intermedia a tardía a illita a través de arcillas de capas mixtas del tipo illita/esmectita.

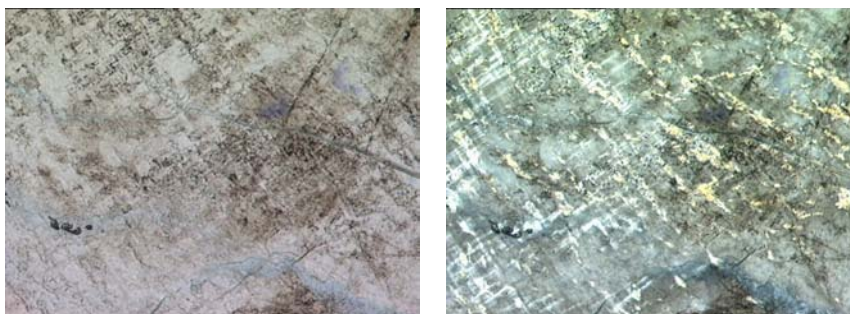


Figura 84: Alteración de microclino a arcilla del tipo illita/esmectita
(Muestra 10-17, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).

- El reemplazamiento de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas por calcita. Este reemplazo se presenta en forma micrítica, en las litofacies **M y SH**. En forma esparítica, en las litofacies **SL1, SI, GI y T** (ver Figura 71 y Figura 85). Para DAPPLES (1980), la calcitización es controlada por las interrelaciones de las solubilidades entre la calcita y el sílice. En donde, las condiciones de equilibrio entre la calcita y el sílice (reemplazo de sílice por calcita o viceversa) es de 7 a 9 de pH y de 100°C aprox. de temperatura (a profundidades de 2000 a 3000m). En consecuencia, la calcita disminuye su solubilidad y la sílice se hace más soluble con el aumento de temperatura y de pH (mayor o igual a 9).

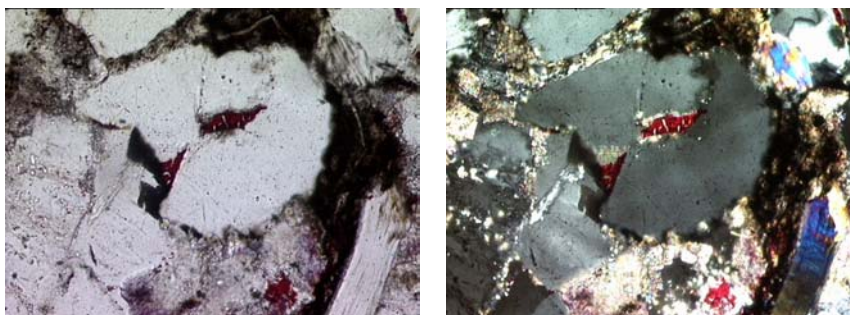


Figura 85: Calcitización en cuarzo (Muestra 10-172, Objetivo 20x, Nícoles II y X respec.)

- La disolución parcial de la calcita autigénica (ver Figura 86) y de los feldespatos detríticos en las litofacies **M**, **S1**, **S2**, **G1**, **G2** y **G3**, generó la porosidad secundaria. Esta porosidad es poco frecuente y muy escasa, menos de 1% en las rocas. Cabe mencionar, que ninguna de las litofacies estudiadas en este trabajo presentan porosidad primaria. La disolución parcial de cementos carbonáticos de presentan en diagénesis intermedia.

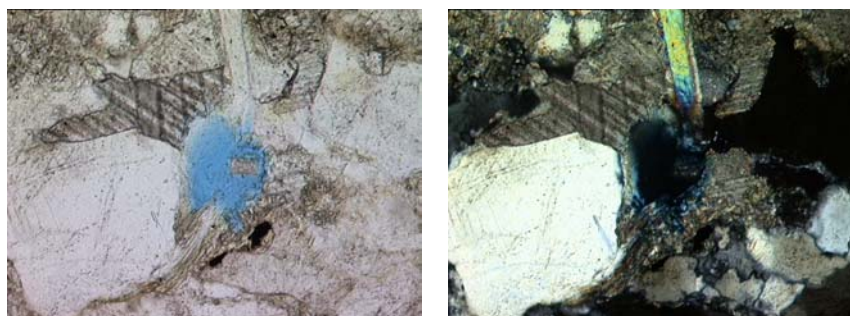


Figura 86: Disolución parcial de carbonato (Muestra 10-86, Objetivo 10x, Nícoles II y X).

- Se presenta recristalización de las arcillas autigénicas e ilitización de la esmectita a través de las arcillas de capas mixtas del tipo illita/esmectita en las litofacies **SH**, **SL3**, **SL4**, **S1**, **S2**, **G1**, **G2** y **G3**. De acuerdo a los resultados obtenidos en las arcillas autigénicas de los ensayos de difracción de rayos x (ver capítulo 3.6) se tiene: Para la **facies no-roja** de la Formación La Quinta 89% aprox. de illita, 9% aprox. de clorita y 2% aprox. de caolinita, para la **facies roja** de la Formación La Quinta 98% aprox. de illita y 2% aprox. de clorita y para las **rocas cretácicas** adyacentes al área de estudio 62% aprox. de illita, 10% aprox. de clorita y 28% aprox. de illita/esmectita del tipo ordenado (90% de illita en illita/esmectita). Para DUNOYER (1970), la reacción de ilitización de las esmectitas sugiere un ambiente rico en K^+ . Según la recopilación de Mc HARGUE *et al* (1982), la ilitización de la esmectita puede ocurrir desde temperaturas aproximadas de 130°C y presiones de 1000 bars (equivalentes a una profundidad de 3.5Km en gradientes geotérmicos de 35°C/Km) hasta temperaturas aproximadas de 170°C y presiones de 5000 bars (equivalentes a 1.8Km de profundidad a

gradientes de 10°C/Km). Por lo tanto, el proceso casi total de ilitización de las arcillas autigénicas indica una etapa diagenética tardía.

- Se presenta la deformación de micas, de feldespatos y de fragmentos de rocas metamórficas (esquistos y filitas), volcánicas y sedimentarias en las litofacies *SH, SL1, SL3, S1, S2, G1, G2, G3* y *T*, llegando al fracturamiento y trituramiento de cuarzos, de plagioclasas y de micas en las litofacies *SL3, S1, G1, G2* y *G3* (ver Figura 68 y Figura 77). Según DICKINSON (1970), este proceso constituye una gran cantidad de material triturado que tiende a fluir entre los granos o partículas más competentes “pseudomatriz”. En el cual, el fracturamiento de los granos de cuarzo se presenta en la etapa diagenética tardía.

- Se presenta el proceso de presión–disolución entre los granos de cuarzos, de feldespatos, de fragmentos de rocas y de micas en las litofacies *S1, S2, G1, G2* y *G3* (ver Figura 87). En este, los contactos longitudinales son muy frecuentes, los contactos cóncavo-convexos son frecuentes y los contactos suturados son poco frecuentes. TAYLOR (1950), encontró en las areniscas contactos del tipo longitudinal a profundidades cercanas a los 800m y suturados a 1650m de profundidad aproximada. Por lo tanto, los contactos cóncavo-convexos y suturados se representan una etapa diagenética tardía.

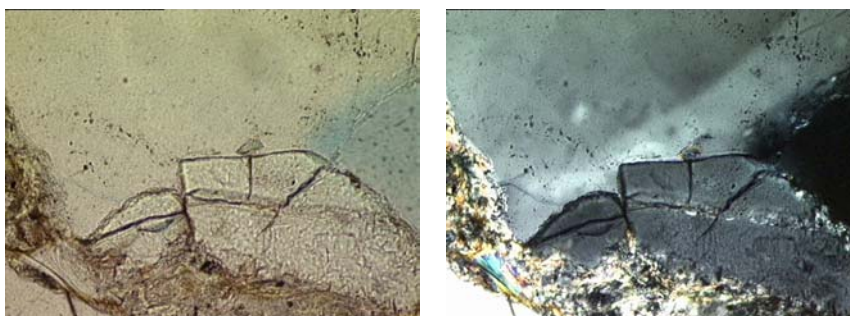


Figura 87: Contacto suturado (Muestra 10-201, Objetivo 20x, Nícoles II y X respect.)

● Se presenta el proceso de presión–disolución de las estilolitas, “estilolitización” en las litofacies *M*, *L* y *D*. Estas se caracterizan por ser de poca amplitud (de micras hasta milímetros) y presentarse como planos de microfracturas y como enjambres, que cortan tanto a la matriz como al cemento (ver Figura 88). Las estilolitas en la mayoría de los casos están rellenas de calcita rica en hierro, en dolomita, en arcillas y en fragmentos de rocas, las cuales conforman residuos insolubles. Cabe mencionar, que las estilolitas se encuentran cortando a las vetas de calcita y de dolomita. Por lo tanto, el proceso de estilolitización fue posterior a la formación de vetas. Según ZAPATA (1983), la estilolitización representa una etapa diagenética tardía.

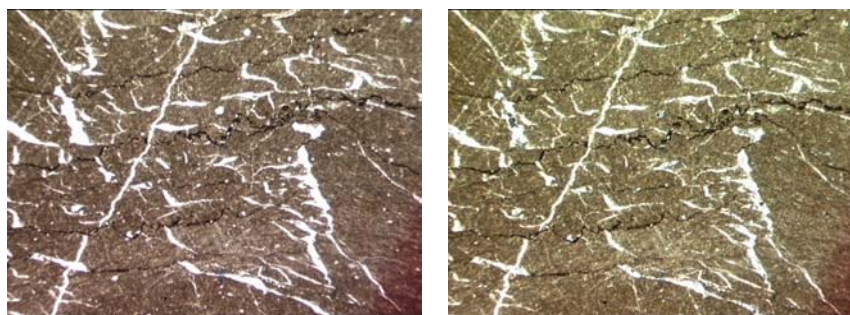


Figura 88: Estilolitas cortando vetas de calcita

(Muestra 10-15, Objetivo 2.5x, Nícoles II y X respectivamente).

En la muestra 10-128, se presenta una zona con abundante material opaco (materia orgánica?), este forma un ángulo de 45° aproximadamente con respecto a la orientación de los estratos, (indicado por la orientación de las micas detríticas). Este proceso, sugiere que la generación del material opaco responde a un evento post-sedimentario (evidenciado por el no-parallelismo entre la zona opaca y la estratificación), posiblemente de régimen tectónico, debido al alto ángulo “45°” formado entre el paleo-horizonte (orientación estratigráfica) y el neo-horizonte (orientación de la zona opaca).

Según BECERRA *et al* (1987), la presencia de óxidos de hierro y feldespatos alterando a sericita, son evidencia de procesos de óxido-reducción y seritización, característicos de la **etapa redoxomórfica** (diagénesis temprana). La precipitación de cemento silíceo en los poros del sedimento y la consiguiente disminución de la porosidad primaria y permeabilidad de la roca, así como también la deformación de micas por efecto de presión, son procesos que caracterizan la **etapa locomórfica** (diagénesis intermedia). La aparición de minerales micáceos y de arcilla tales como moscovita, biotita, caolinita, clorita e illita/esmectita y la fracturación de los granos de cuarzo evidencia la **etapa filomórfica** (diagénesis tardía).

De acuerdo a lo antes expuesto, se consideraron como principales indicadores de las etapas diagenéticas: la illitización (de la esmectita a través de las arcillas mixtas del tipo illita/esmectita), la alteración de moscovita a minerales de arcilla autigénica (del tipo illita), la presencia de dolomita secundaria (generada por la disolución de silicatos ricos en magnesio durante la transformación de illita a esmectita), la presencia de contactos entre granos longitudinal, cóncavo-convexos y suturados, la fracturación de los granos de cuarzo y la presencia de estilolitas (reellenas de calcita, dolomita y residuos insolubles). Por lo tanto, se concluye que este grupo de rocas estuvieron sometidos a condiciones de **diagénesis tardía**.

3.5 - PALEONTOLOGÍA:

En este capítulo se estudiaron los macrofósiles y los microfósiles de la facies no-roja de la Formación La Quinta, obteniendo indicios sobre el paleoambiente en que sedimentaron las litofacies, edad y su posición estratigráfica dentro de la columna Jurásica venezolana.

3.5.1- Análisis de microfósiles:

Para este análisis se realizaron dos estudios: estudio del material palinológico y el estudio micropaleontológico de foraminíferos.

3.5.1.1- Reconocimiento de Palinomorfos:

Se analizaron 35 muestras para estudios palinológicos en la facies no-roja de la Formación La Quinta. La materia orgánica se observa muy quemada, por lo cual, la mala preservación de los mismos dificultó su identificación en las muestras donde se reporta la presencia de palinomorfos. Sin embargo, en la muestra 10-88 se reportan algunas especies que permitieron interpretar un rango de edad para dicha muestra (ver Figura 89, 90 y 91).

Conjunto de palinomorfos identificados en la muestra 10-88 (sección parcial JSJ-9):

¿*Mendicodinium* sp.

¿*Canningia* sp.

¿*Surculosphaeridium* sp

Dinoflagelado sin identificar

¿*Batioladinium* sp

Cicatricosisporites sp

Chomotriletes sp

Araucariacites sp.

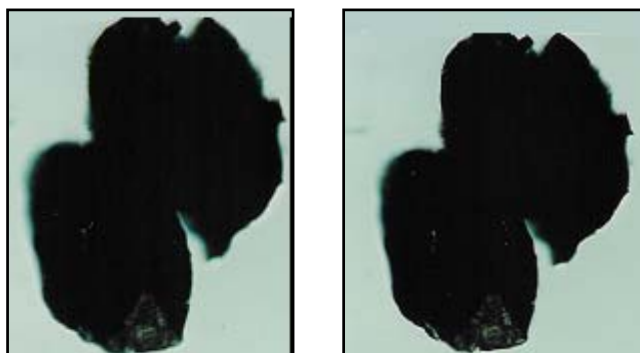


Figura 89 ¿*Mendicodinium* sp. 100X
Lmáx. 41µ
Muestra 10-88 Coordenadas (15 7/70 3)

Callialasporites sp

Polen bisacado

Classopollis sp

Occisucysta sp.

- La identificación del material palinológico fue llevado a cabo por Peter Hochuli de la ETH, Zurich (Suiza), Iraida Paredes y Diana Cabrera de PDVSA-INTEVEP.

Edad:

La presencia de la especie de dinoflagelado *Mendicodinium* sp (ver Figura 89) sugiere un rango de edad Jurásico a Cretácico Temprano. Además, se reporta la presencia esporádica de la espóra *Cicatricosisporites* sp (ver Figura 90) cuyo género está reportado en la literatura de rango Jurásico Tardío al Cretácico Temprano (DETMANN & CLIFFORD, 1992). La aparición esporádica de esta espóra sugiere una edad Jurásico Tardío ya que en el Cretácico Temprano su aparición es muy abundante. Por otra parte, la presencia de la especie de dinoflagelado *Batioladinium* sp (ver Figura 91) tiene un rango estratigráfico restringido Jurásico Tardío –Titoniense (LENTIN & WILLIAMS, 1985).

Estas observaciones permiten interpretar la edad de esta muestra como Jurásico Tardío específicamente restringido al Titoniense.

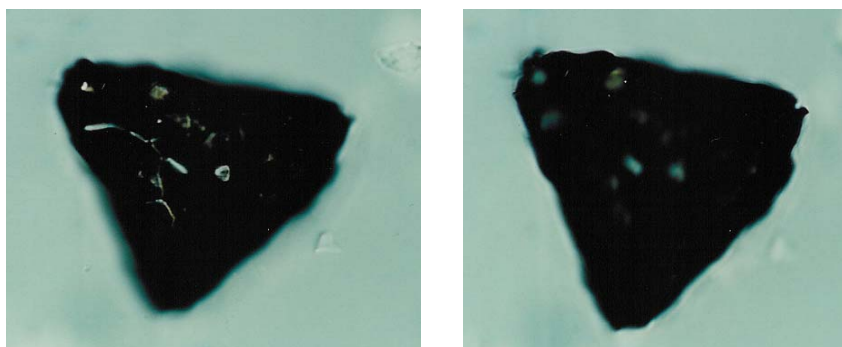


Figura 90 *Cicatricosisporites* sp. 100X
Lmáx 47µ
Muestra 10-88 Coordenadas (12.5/70.2)

Interpretación Paleoambiental:

La materia orgánica se observa muy oscura y muy quemada lo cual dificultó la identificación de los palinomorfos y los restos de plantas en las muestras analizadas. Sin embargo, la presencia de dinoflagelados mal preservados de diferentes géneros sugiere un ambiente de sedimentación marino abierto.

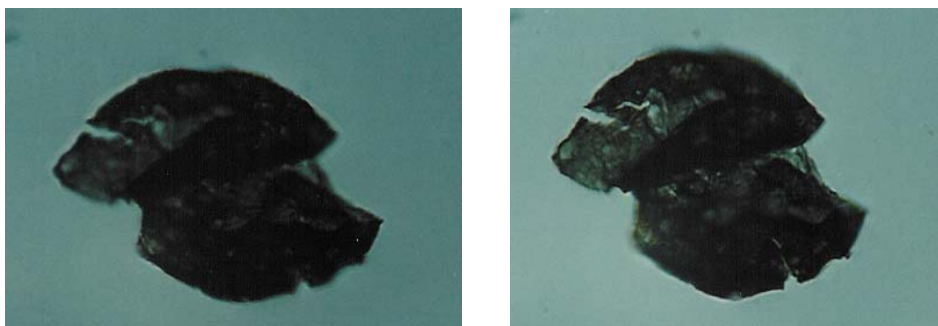


Figura 91 *¿Batioladinium sp.* 100X
Lmáx 40μ
Muestra 10-88 Coordenadas (15/76.2)

3.5.1.2- Reconocimiento de Foraminíferos:

Se prepararon dos muestras para el estudio de foraminíferos, estas muestras fueron tomadas del Cretácico ubicadas en las cercanías del pueblo de Jají.

La muestra J-1 es estéril. Sin embargo, en la muestra J-4 se presenta un conjunto de foraminíferos escaso y mal preservado.

Conjunto de foraminíferos identificados en la muestra J-4:

Guembelitria aff. *G. cretacea* (1)

Gaudryina spp. (1)

Globobulimina spp. (1)

Lenticulina spp. (4)

Trochammina spp. (3)

Foraminíferos planctónicos indeterminados (2)

Foraminíferos calcáreos indeterminados (7)

Foraminíferos arenáceos indeterminados (4)

- La identificación de los foraminíferos estuvo a cargo por Maritza Canache de PDVSA-INTEVEP.

Edad:

La presencia del foraminífero planctónico *Guembeltria* aff. *G. cretacea*, si está in situ, sugiere una edad Cretácico Tardío, Campaniense Tardío-Maestrichtiense (SLITER, 1996).

3.5.2- Identificación de macrofósiles:

El estudio de los macrofósiles se realizó en dos etapas: La primera etapa fue la búsqueda en campo, de los fósiles estéridos, ostrácodos y restos de plantas. La segunda etapa fue la identificación realizada con el estudio microscópico de las 73 secciones finas y con el estudio macroscópico de las 298 muestras de mano.

Conjunto de macrofósiles identificados en la facies no-roja de la Formación La Quinta:

- **¿Briozoa** sin diferenciar (ver Figura 92, muestra 10-136).

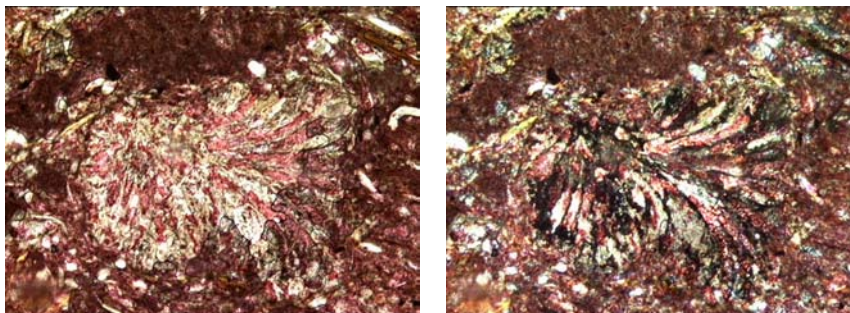


Figura 92: ¿Briozoa (Muestra 10-136, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).

- ¿Oncooides (ver Figura 93, muestra 10-162).

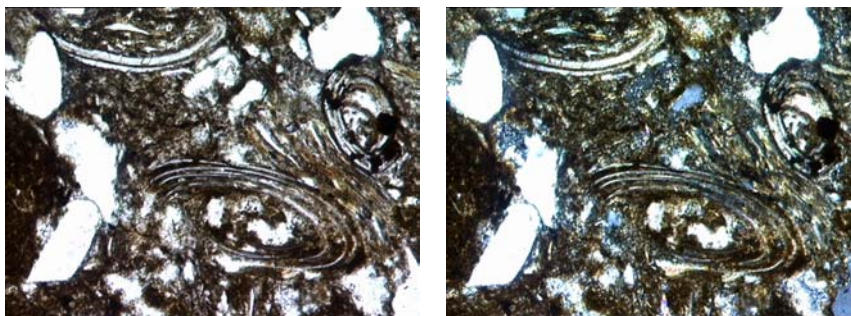


Figura 93: ¿Oncooides (Muestra 10-162, Objetivo 10x, Nícoles II y X respectivamente).

- Fragmentos de algas verdiazules sin diferenciar (ver Figura 94, muestra 10-172).

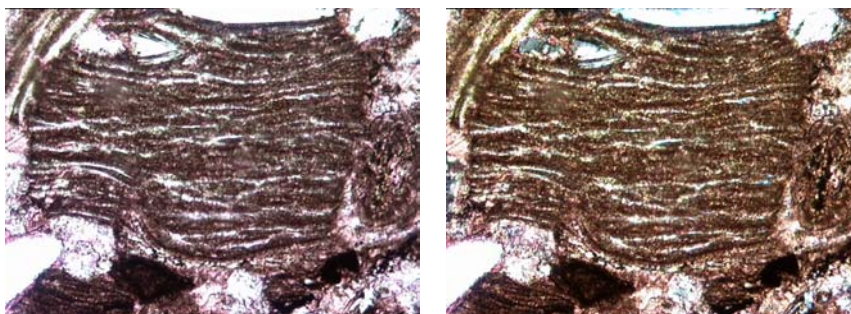


Figura 94: Fragmento de algas verdiazules (Muestra 10-172, Objetivo 10x, Nícoles II y X).

- Conjunto de macrofósiles identificados en la muestra 10-9 (ver Figura 95):

Estérido *Isaura olsoni* Bock (*Cyzicus Lioestheria olsoni* según TASCH, 1987)

Estérido *Howellites colombianus*

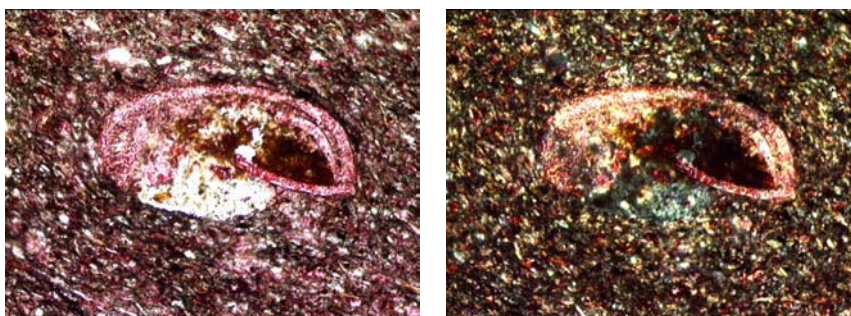


Figura 95: Ostrácodo o estérido (Muestra 10-131, Objetivo 20x, Nícoles II y X respect.)

En otros estudios de esta zona (en la facies no-roja de la Formación La Quinta), ODREMAN *et al* (1979) al igual que SÁNCHEZ *et al* (1999), reportan los ostrácodos *Cypridea valdensis* Sowerby, el género *Darwinula* y los estéridos *Cyzicus (Euestheria) aff.* y *Cyzicus (Euestheria) olsoni* Bock.

Según USECHE Y FIERRO (1969) “Los conostráceos (Estéridos) son pequeños crustáceos de concha bivalva similares a los ostrácodos de los cuales se distinguen por su mayor tamaño (alrededor de 5mm), y su ornamentación característica con ondulaciones concéntricas.” No obstante, las características del material analizado en este trabajo se encontraban muy mal preservado, dificultándose las diferencias entre los estéridos y los ostrácodos.

- Resto de planta *Ptyllophillum sp.* (ver Figura 96, muestra 10-5).

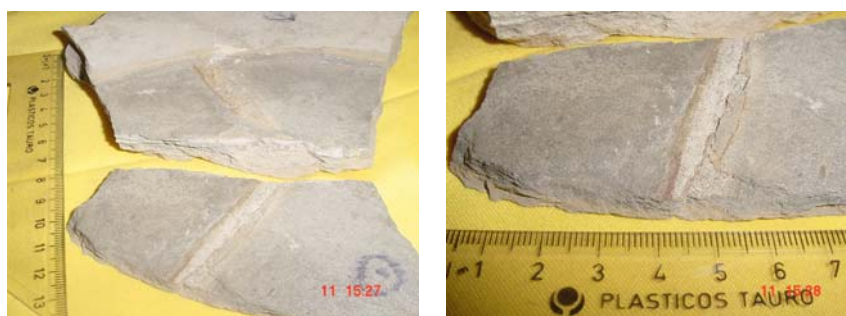


Figura 96: Resto de planta *Ptyllophillum sp.* (Muestra 10-5).

Según, ODREMAN Y GHOSH (1979) al igual que SÁNCHEZ Y SANZ (1999) reportan fragmentos de tallos del género *Otozamites* en esta sección.

- La identificación de los macrofósiles se llevo a cabo por el Dr. Oscar Odreman de la ULA, para la identificación de los restos de plantas, por el Dr. Oscar Gallego de la FACENA-UNNE (Argentina), para la identificación de los estéridos y por el Dr. Andrés Pilloud de PDVSA-INTEVEP, para la identificación de los briozoa, oncooides y fragmentos de algas verdiazules.

- Fósiles indeterminados (ver Figura 97, muestra 10-238)

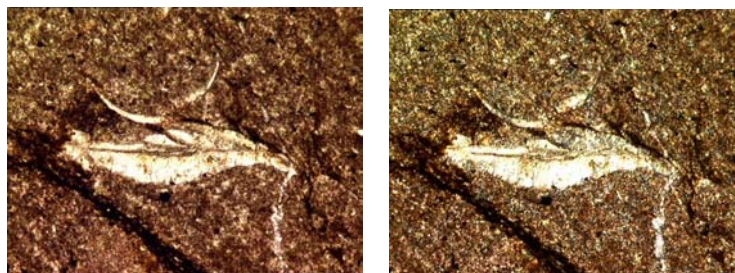


Figura 97: Fósil indeterminado (Muestra 10-238, Objetivo 10x, Nícoles II y X respect.)

Edad:

Según ODREMAN *et al* (1979) la presencia de los estéridos *Isaura olsoni* Bock (*Cyzicus Lioestheria olsoni* según TASCH, 1987), *Howellites colombianus*, y *Cyzicus (Euestheria)* aff., junto a los ostrácodos *Cypridea valdensis* Sowerby, y el género *Darwinula*, representan la asociación “*Cypridea-Cyzicus*” y la asociación “*Cypridea-Darwinula*”, estos conjuntos faunísticos indican una edad posiblemente Jurásico superior.

Interpretación Paleoambiental:

La materia orgánica se observa muy mal preservada lo cual dificultó la identificación de los macrofósiles en las muestras analizadas. Sin embargo, la presencia de abundantes ostrácodos *Cypridea valdensis* Sowerby y el género *Darwinula*, según ODREMAN *et al* (1979), representan la asociación “*Cypridea-Darwinula*”, este conjunto indica una depositación en ambientes de aguas dulces, posiblemente de tipo lagunar.

Por otra parte, la presencia de escasos ¿Briozoos sin identificar sugieren eventos de sedimentación marina somera.

Finalmente, los esporádicos restos de plantas *Ptyllophillum sp.* al igual que los fragmentos de tallos del género *Otozamites* indican una sedimentación con influencia continental.

3.6 – CARACTERIZACION MINERALÓGICA:

En este estudio se caracterizaron mineralógicamente 96 muestras por el método de *Difracción de Rayos X*, tomadas en la facies roja y no-roja de la Formación La Quinta y en las rocas cretácicas adyacentes a la zona de estudio, realizando la caracterización mineralógica de la fracción mayor de dos micras “roca total” y la caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras “arcillas autigénicas”. La caracterización mineralógica de roca total complementa la descripción petrográfica composicional del Capítulo 3.3. La caracterización mineralógica de las arcillas autigénicas complementa el análisis diagenético del Capítulo 3.4.

3.6.1- Caracterización mineralógica de la fracción mayor de dos micras “Roca Total”:

Se analizaron 80 muestras para el estudio de *Roca Total* (ver Tablas 59).

Tabla 59a: Caracterización mineralógica de la fracción Roca Total

análisis cualitativo y semicuantitativo:

Muestra	Sección	Prof. (m)	Cuarzo	Arcilla	Feld-K	Feld-Na	Pirita	Siderita	Calcita	Dolomita
10-4	JSJ-1	2,85	8	27		3			47	15
10-15	JSJ-2	1,65	2	8		1			89	
10-17	JSJ-2	3,00	46	12	17	13		3	6	3
10-21	JSJ-2	4,50	44	16	8	20		2	10	
10-25	JSJ-2	7,40	10	15		2			73	
10-27	JSJ-2	8,50	7	15		1		3	74	
10-38	JSJ-2	14,80	4	9		1			86	
10-49	JSJ-2	18,40	12	24		16	4	2	42	
10-54	JSJ-3	11,15	25	63		9		3		
10-57	JSJ-3	15,80	48	35		14		3		
10-64	JSJ-3	26,40	27	55		9	6	3		
10-68	JSJ-4	2,90	27	56		11		3	3	
10-69	JSJ-4	3,00	25	31		17		2	25	
10-70	JSJ-4	3,05	28	31		12		2	27	
10-79	JSJ-6	6,00	34	42		12		3	9	
10-82	JSJ-5	2,50	11	52		5		3	29	
10-85	JSJ-5	7,40	17	23		21		3	36	
10-86	JSJ-8	0,70	45	16		27			12	
10-90	JSJ-9	2,20	26	46		16		4	8	
10-97	JSJ-10	7,80	22	50		22			6	

Tabla 59a: Caracterización mineralógica de la fracción Roca Total

análisis cualitativo y semicuantitativo (continuación):

Muestra	Sección	Prof. (m)	Cuarzo	Arcilla	Feld-K	Feld-Na	Pirita	Siderita	Calcita	Dolomita
10-100	JSJ-11	1,70	20	56		12	7	5		
10-101	JSJ-11	3,20	16	39		11		3	24	7
10-107	JSJ-11	12,20	19	47		10	7	3	14	
10-111	JSJ-11	18,55	20	45		11		3	13	8
10-114	JSJ-11	22,50	17	37		12		3	31	
10-116	JSJ-11	25,50	21	49		8	4	3	10	5
10-121	JSJ-11	32,50	18	52		9	7	3	11	
10-122	JSJ-12	0,50	22	42		11			25	
10-128	JSJ-13	3,20	6	35		5			54	
10-131	JSJ-7	1,90	20	55		5		3	17	
10-135	JSJ-15	2,00	22	63		10		5		
10-136	JSJ-15	3,20	19	48		5		3	25	
10-138	JSJ-16	1,55	18	47		5		3	27	
10-141	JSJ-17	3,6	14	39		15		3	29	
10-149	JSJ-18	2,20	34	34		19		2	11	
10-150	JSJ-18	3,40	27	57		12		4		
10-152	JSJ-19	0,50	42	22	9	25		2		
10-153	JSJ-21	0,30	12	34		5		2	37	10
10-156	JSJ-22	2,10	3	7			2		60	28
10-160	JSJ-23	3,05	18	23		46		2	11	
10-162	JSJ-24	2,00	18	51		11		3	17	
10-172 "A"	JSJ-14	4,25	18	16		23	16	2	8	17
10-172 "B"	JSJ-14	4,25	7	12		13		2	39	27
10-180	JSJ-14	9,20	7	45		7	7	2	32	
10-182	JSJ-14	11,25	4	14			4		27	51
10-190	JSJ-25	5,60	13	48		8	8	3	18	2
10-200	JSJ-26	9,90	49	27		22		2		
10-201	JSJ-28	0,20	34	43	6	14		3		
10-204	JSJ-29	1,70	20	57		7		4		12
10-225	JSJ-30	1,80	25	61		10		4		
10-227	JSJ-31	1,60	25	50		21		4		
10-230	JSJ-32	0,40	31	41		24		4	2	
10-234	JSJ-32	3,20	19	71		6		4		
10-238	JSJ-33	2,10	14	48		4			34	
10-240	JSJ-27	0,20	23	55		13	6	3		
10-244	JSJ-20	3,55	29	37		11		2	21	
10-245	JSJ-20	4,90	21	43		10		3	23	
10-246	JSJ-20	5,70	19	58		7		3	13	
10-248	JSJ-34	2,25	30	41		20	6	3		
10-250	JSJ-35	3,0	44	23	8	22		2	1	
10-254	JSJ-36	1,20	30	45		18	4	3		

Tabla 59b: Caracterización mineralógica de la fracción Roca Total

análisis cualitativo y semicuantitativo (continuación):

Muestra	Sección	Cuarzo	Arcilla	Feld-K	Feld-Na	Pirita	Siderita	Calcita	Dolomita
C4	Sin Sección	39	31	4	16	5	3		2
D4	Sin Sección	34	51	6		6	3		
E7	Sin Sección	13	65		9	8	5		
F1	Sin Sección	18	70		8		4		
F7	Sin Sección	27	59		10		4		
G4	Sin Sección	31	42		15	9	3		
H5	Sin Sección	17	55		11	14	3		
I2	Sin Sección	33	41		14	9	3		
I3	Sin Sección	27	48		14	7	4		
J-1	Sin Sección	31	62		4				
J-2	Sin Sección	1	5			2		92	
J-3	Sin Sección	33	63		4				
J-4	Sin Sección	25	60		4	4		5	2
J-5	Sin Sección	24	64		4			5	3
J-7	Sin Sección	23	60	5	7		5		
J-8	Sin Sección	26	44		27			3	
J-9	Sin Sección	24	49		17		2	8	
J-12	Sin Sección	38	48		7	5	2		
J-14	Sin Sección	41	41		10	6	2		

Leyenda (Tablas 59):

Abreviaturas: Prof. (m)= Profundidad en metros; Feld-K= Feldespato potasico; Feld-Na= Feldespato de sodio.

Nota: El error del método se estima en 15% aproximadamente, para cada uno de los componentes mineralógicos.

3.6.2- Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras “Arcillas”:

Se analizaron 16 muestras para el estudio de las *Arcillas* autigénicas (ver Tablas 60).

Tabla 60a: Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras
análisis cualitativo y semicuantitativo:

Muestra	Sección	Prof. (m)	Caolinita	Clorita	Illita	I / S	I + I/S	% I en I/S	Tipo de I/S
10-38	JSJ-2	14,80		17	83				
10-64	JSJ-3	26,40		2	98				
10-82	JSJ-5	2,50	4	4	92				
10-121	JSJ-11	32,50		13	87				
10-149	JSJ-18	2,20	5	5	90				
10-180	JSJ-14	9,20		4	96				

Tabla 60b: Caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras
análisis cualitativo y semicuantitativo (continuación):

Muestra	Sección	Caolinita	Clorita	Illita	I / S	I + I/S	% I en I/S	Tipo de I/S
D4	Sin sección		1	99				
E7	Sin sección		2	98				
F7	Sin sección		5	95				
I3	Sin sección		1	99				
J-1	Sin sección		4	65	31		90	Ordenado
J-2	Sin sección		6	72	22		90	Ordenado
J-4	Sin sección		21	46	33		90	Ordenado
J-5	Sin sección	18	4	78				
J-7	Sin sección		20	80				
J-12	Sin sección		1	99				

Leyenda (Tablas 60):

Abreviaturas: Prof. (m)= Profundidad en metros; I/S= Illita/esmectita; I+I/S= Illita mas illita/esmectita sin diferenciar; % I en I/S= Porcentaje de illita en illita/esmectita; Tipo de I/S= Tipo de ordenamiento (ordenado, desordenado).

Nota: El error del método se estima en 15% aproximadamente, para cada uno de los componentes mineralógicos.

3.7 – CARBONO ORGÁNICO TOTAL (actual):

Se analizaron 57 muestras para la identificación del porcentaje de Carbono Orgánico Total (actual) en rocas ubicadas en diferentes profundidades de la columna estratigráfica (ver Tablas 61 y 62). Este análisis permitió determinar las variaciones verticales (profundidades en la columna), de la capacidad generadora de hidrocarburos.

Tabla 61: Porcentaje del Carbono Orgánico Total (actual):

Muestra	Sección	Prof. (m)	COT
10-4	JSJ-1	2,85	2,54
10-8	JSJ-1	10,80	5,05
10-15	JSJ-2	1,65	2,54
10-24	JSJ-2	6,30	3,27
10-29	JSJ-2	10,35	3,54
10-39	JSJ-2	15,60	2,64
10-49	JSJ-2	18,40	2,6
10-66	JSJ-4	1,20	2,32
10-75	JSJ-6	1,10	0,77
10-78	JSJ-6	3,50	1,94
10-82	JSJ-5	2,50	2,46
10-87	JSJ-8	2,20	1,44
10-88	JSJ-9	0,20	1,23
10-94	JSJ-10	3,40	1,52
10-96	JSJ-10	6,40	0,85
10-98	JSJ-10	9,30	1,15
10-100	JSJ-11	1,70	1,19
10-103	JSJ-11	6,20	1,34
10-107	JSJ-11	12,20	1,45
10-110	JSJ-11	16,90	2,23
10-115	JSJ-11	24,00	3,61
10-117	JSJ-11	27,00	0,65
10-120	JSJ-11	31,30	0,98
10-121	JSJ-11	32,50	1,50
10-124	JSJ-12	3,30	1,03
10-126	JSJ-13	0,20	2,30
10-128	JSJ-13	3,20	1,16
10-131	JSJ-7	1,90	1,11
10-133	JSJ-7	4,50	1,21
10-138	JSJ-16	1,55	0,85
10-140	JSJ-17	1,80	1,36
10-143	JSJ-17	7,80	1,04
10-147	JSJ-17	12,60	1,54
10-153	JSJ-21	0,30	0,54

Tabla 61: Porcentaje del Carbono Orgánico Total (actual) continuación:

Muestra	Sección	Prof. (m)	COT
10-156	JSJ-22	2,10	0,34
10-158	JSJ-23	0,50	1,07
10-163	JSJ-24	3,55	1,12
10-167	JSJ-14	0,35	1,67
10-169	JSJ-14	2,45	1,42
10-170	JSJ-14	3,32	1,6
10-180	JSJ-14	9,20	1,47
10-181	JSJ-14	10,41	0,6
10-182	JSJ-14	11,25	0,29
10-183	JSJ-14	11,62	1,47
10-188	JSJ-25	4,20	0,48
10-190	JSJ-25	5,60	0,89
10-202	JSJ-29	0,20	0,27
10-206	JSJ-29	3,10	0,43
10-225	JSJ-30	1,80	0,21
10-234	JSJ-32	3,60	0,47
10-238	JSJ-33	2,10	0,43
10-244	JSJ-20	3,55	0,28
10-245	JSJ-20	4,90	0,34
10-246	JSJ-20	5,70	0,88

Tabla 62: Porcentaje del Carbono Orgánico Total en las rocas aledañas al área de estudio:

Muestra	Sección	COT
J-1	Sin sección	0,89
J-2	Sin sección	0,34
J-5	Sin sección	1,13
J-7	Sin sección	0,58

Según TISSOT *et al* (1978), los rangos de los valores del porcentaje de carbono orgánico total que tienen capacidad generadora de hidrocarburos son: valores de %COT **mayores a 2.0** para rocas con capacidad generadora muy buena, valores de %COT **entre 2.0 y 1.0** para rocas con capacidad generadora buena, valores de %COT **entre 1.0 y 0.5** para rocas con capacidad generadora moderada y valores de %COT **menores a 0.5** para rocas con capacidad generadora pobre. A continuación, se presentan las tablas que contienen los valores mínimos, máximos (ver Figura 98) y promedios del %COT de las rocas pertenecientes a las Litofacies M, L, SH y SL1 no dolomíticas (ver Tablas 63).

Tabla 63a: Promedio del % COT con valores *mayores a 2.0* (muy buena)

en la columna compuesta **C-1** (ver anexo C-1):

Sección	Espesor (m)	(%COT Min.)	(%COT Max.)	(%COT Prom.)
JSJ-1	10	2,54	5,05	3,79
JSJ-2	19	2,54	3,54	2,91
Total = C-1	29	2,54	5,05	3,16



Figura 98: Roca con **5,05** % de COT (muestra 10-8).

Tabla 63b: Promedio del % COT con valores *entre 2.0 y 1.0* (buena)

en la columna compuesta **C-2** (ver anexo C-2):

Sección	Espesor (m)	(%COT Min.)	(%COT Max.)	(%COT Prom.)
JSJ-4	6	2,32	2,32	2,32
JSJ-5	8,1	2,46	2,46	2,46
JSJ-6	7,2	0,77	1,94	1,35
JSJ-7	4,5	1,11	1,21	1,16
JSJ-8	2,65	1,44	1,44	1,44
JSJ-9	4,1	1,23	1,23	1,23
JSJ-10	10	1,15	1,52	1,33
JSJ-11	32,8	0,98	3,61	1,75
JSJ-12	5,7	1,03	1,03	1,03
JSJ-13	5,00	1,16	2,30	1,73
JSJ-14	12,05	1,42	1,67	1,52
JSJ-20	6,3	0,28	0,88	0,5
JSJ-23	3,25	1,07	1,07	1,07
JSJ-24	6,85	1,12	1,12	1,12
JSJ-25	7,7	0,89	0,89	0,89
Total= C-2	149,3	0,28	3,61	1,42

Tabla 63c: Promedio del % COT con valores *entre 2.0 y 1.0* (buena)

en la columna compuesta **C-3** (ver anexo C-3):

Sección	Espesor (m)	(%COT Min.)	(%COT Max.)	(%COT Prom.)
JSJ-16	1,8	0,85	0,85	0,85
JSJ-17	13,55	1,04	1,54	1,31
Total= C-3	23,1	0,85	1,54	1,19

Tabla 63d: Promedio del % COT con valores *menores a 1.0* (pobre) en la Columna

compuesta **C-2** (ver anexo C-2):

Sección	Espesor (m)	(%COT Min.)	(%COT Max.)	(%COT Prom.)
JSJ-30	3,3	0,21	0,21	0,21
JSJ-32	5,8	0,47	0,47	0,47
JSJ-33	3,7	0,43	0,43	0,43
Total= C-2	23,65	0,21	0,47	0,37

Leyenda (Tablas 61 - 63):

Abreviaturas: % de COT= porcentaje de carbono orgánico total en la muestra; Prom.= promedio; Prof. (m)= profundidad en metros; Espesor (m)= espesor total de la sección parcial en metros.

3.8 – REFLECTANCIA DE VITRINITA “Ro”

El estudio de la madurez termal del kerógeno (en la facies no-roja de la Formación La Quinta) se realizó por el método de reflectancia de vitrinita “Ro” (ver Tablas 64). Para este análisis se trabajó con ocho muestras tomadas en la zona de estudio y en sus adyacencias. Se comparó la madurez termal de cinco muestras ubicadas dentro del Jurásico en la área de estudio (ver Figura 99), con respecto una muestra del Cretácico (ver Figura 100) y dos muestras del Jurásico ubicadas zonas adyacentes. Además, este análisis complementa el estudio de la evolución diagenético-termal evaluado en el análisis diagenético de secciones finas y en la caracterización mineralógica de las arcillas autigénicas (ver capítulo 3.4 y 3.6).

Tabla 64a: Reflectancia de vitrinita en rocas dentro del área de estudio:

Muestra	Sección	Prof. (m)	Nº Medidas	Des. Estand.	%Ro min.	%Ro max.	%Ro prom.
10-8	JSJ-1	7,80	63	0,3430	1,85	2,69	2,17
10-115	JSJ-11	24,00	38	0,5418	3,11	3,55	3,22
10-121	JSJ-11	32,50	47	0,3701	3,18	3,95	3,54
10-126	JSJ-13	0,20	100	0,5848	2,45	3,83	3,10
10-147	JSJ-17	12,60	161	0,4157	2,39	3,62	3,06

Cabe mencionar que, el alto porcentaje de partículas de vitrinita en las muestras **10-8**, **10-126** y **10-147** sugiere un kerógeno tipo III (de origen terrestre).

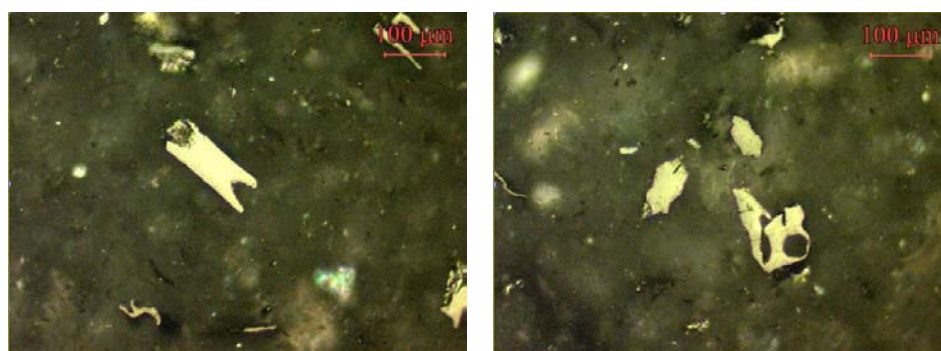


Figura 99: Vitrinitas en la muestra 10-147:

Tabla 64b: Reflectancia de vitrinita en rocas aledañas al área de estudio:

Muestra	Sección	Nº Medidas	Des. Estand.	%Ro min.	%Ro max.	%Ro prom.
J-2	Sin sección	11	0,2599	1,86	2,71	2,23
J-5	Sin sección	34	0,3233	2,95	4,11	3,40
J-7	Sin sección	33	0,3521	2,97	4,21	3,54

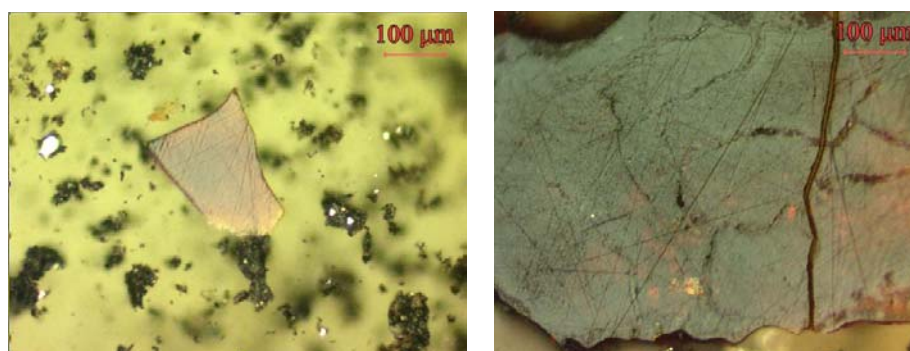


Figura 100: Vitrinitas en la muestra J-2:

A continuación, se presentan las tablas que contienen los rangos de Temperaturas máximos (ver Tablas 65), según el calentamiento de soterramiento determinado por la reflectancia de la vitrinita “Ro”, (BARKER *et al*, 1994).

Tabla 65a: Temperatura máxima de soterramiento en el rango **190°-200°C**:

Muestra	%Ro prom.	Tmax (°C) Soterram.
10-8	2,17	196
J-2	2,23	200

Tabla 65b: Temperatura máxima de soterramiento en el rango **220°-230°C**:

Muestra	%Ro prom.	Tmax (°C) Soterram.
10-115	3,22	230
10-126	3,10	228
10-147	3,06	225

Tabla 65c: Temperatura máxima de soterramiento en el rango **230°-240°C**:

Muestra	%Ro prom.	Tmax (°C) Soterram.
10-121	3,54	237
J-5	3,40	235
J-7	3,54	237

En consecuencia, todos los valores de reflectancia de vitrinita se encuentran dentro del rango **190°-240°C** aproximadamente (representados por el rango 2.0-3.5 de %Ro), encontrándose estos valores dentro de los límites de la “*generación y preservación del gas seco*” (representados por el rango 1.0-3.5 de %Ro), (TISSOT *et al*, 1978).

Leyenda (Tablas 64 - 65):

Abreviaturas: Ro= reflectancia de vitrinita; Prof. (m)= profundidad en metros; Prom.= promedio; Min= mínimo; Max= máximo; N°= número; Des. Estand.= desviación estándar; Tmax= temperatura máxima; °C= grados centígrados.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1- ASOCIACIONES DE LITOFACIES:

Las facies con algún elemento común pueden combinarse para formar asociaciones de facies. Una asociación de facies es un grupo de facies que ocurren juntas, y que están relacionadas por su origen o por el ambiente de sedimentación, (READING, 1978). En forma similar WALKER (1992) define, a las asociaciones de facies, como grupos de facies relacionadas genéticamente, que tienen algún significado ambiental. MIALL (1992), denomina a las asociaciones de facies como elementos arquitectónicos (architectural elements), los cuales se caracterizan por un conjunto de facies distintivo, una geometría interna, una forma externa y un perfil vertical.

Las asociaciones de facies constituyen los componentes de los diferentes sistemas de sedimentación, proporcionando evidencia adicional que facilita la interpretación ambiental. WALKER (1992), afirma que la clave para la interpretación ambiental es analizar todas las facies en conjunto, y no considerarlas individualmente.

ODREMAN y GHOSH (1980), definieron "*facies no-roja*", dentro de la Formación La Quinta, con una depositación relativamente más baja que la zona piemontina (facies del centro de la cuenca), en contraste con la "*facies roja*" típica de la Formación La Quinta (facies al margen de la cuenca). Por otra parte, SUTTON (1946), asigna el nombre de "*cinturón calcáreo*" para esta facies no-roja en la Formación La Quinta. En este trabajo, de acuerdo a las características establecidas en las Litofacies (ver capítulo 3.3) y a la identificación del material paleontológico (ver capítulo 3.5), se definieron seis asociaciones de

facies en la Formación La Quinta. A continuación se describen las asociaciones de facies (ver Anexos C-1, C-2, C-3 y Figura 101):

Asociación de litofacies 1: *Facies Rojo*

Esta facies está representada en los bloques tectónicos: meridional (afloramientos 1, 2, 3, 4 y 5) y septentrional (afloramientos A-2 y A-3). Esta Facies **Rojo** consiste principalmente en rocas siliciclásticas color rojo pálido.

En el bloque tectónico meridional se presentan los afloramientos 1, 2, 3 y 4 y la sección parcial JSJ-36 del afloramiento 5, sumando 473,95m de espesor. Sin embargo, sólo se representan 3,25m en la columna compuesta **C-1**, debido a la poca relevancia de esta facies en el presente trabajo. Esta Facies se encuentra infrayacente y en contacto transicional con la intercalación de facies **Gris claro y Rojo**. Estos afloramientos están conformados por intercalaciones de capas macizas a delgadas de areniscas conglomeráticas, limolitas y areniscas arcillosas, conglomerados arenosos y arcilitas limosas colores rojizos (ver Litofacies SL3 y G3), y ocasionalmente se encuentran capas medias y delgadas de arcilitas limosas, limolitas arcillosas y areniscas arcillosas colores grisáceos (Litofacies SH, SL2 y S2). Entre las estructuras sedimentarias del bloque tectónico meridional se presentan: lentes de arena, cordones de conglomerados, laminación incipiente, estratificación cruzada, gradación normal, bases erosivas e imbricación. En esta facies no se encontraron fósiles ni ichnofósiles.

Interpretación sedimentológica:

Los colores rojos en las capas representan condiciones oxidantes parcialmente subáereos. La gradación normal representa una disminución en la velocidad de un flujo hiperconcentrado, bajo condiciones de régimen de flujo superior, originados por el deslizamiento en pendientes.

La laminación cruzada de bajo ángulo representa la influencia de corrientes de tracción débil en paleo-cauces de sinuosidad alta. Las bases onduladas o erosivas representan eventos de erosión por flujos de aguas con velocidades altas y posterior relleno cuando disminuye o migra la turbulencia. Los cordones de conglomerados o lentes de grava en capas tabulares de arena representan eventos de flujos altos por el aumento del nivel de energía en flujos relativamente más bajos.

La presencia de conglomerados polimícticos constituidos por material piroclástico sugiere depositaciones de llanura aluvial. Las intercalaciones de gravas y arenas representan las variaciones de un río en los caudales altos y bajos respectivamente. Las estratificaciones cruzadas de ángulo bajo sugieren acreciones laterales de depositación. Las acreciones laterales sugieren rellenos de cauces. La presencia de estratificaciones gradadas representa una sedimentación en ambiente fluvial. Las estratificaciones gradadas con afinamientos hacia arriba sugieren una depositación en barras de espolones de los ríos. Los engrosamientos hacia el tope representan episodios de progradaciones.

Resumen ambiental:

El ambiente de depositación de la Facies **Rojo** en el bloque tectónico meridional fue fluvial, más específicamente, un cono aluvial teniendo sedimentaciones en regímenes de altas energías. Inclusive, con energías mayores a la intercalación de facies **Gris claro y Rojo**. Las variaciones en los agentes de transporte y los cambios del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación en esta facies.

En el bloque tectónico septentrional se presentan los afloramientos A-2 y A-3, sumando 56,75m de espesor. Sin embargo, estos afloramientos no se representan en la columna

compuesta **C-3**, debido a la poca relevancia de esta facies en el presente trabajo. Estos afloramientos representan una intercalación de capas gruesas a delgadas de limolitas y areniscas arcillosas, arcilitas limosas, areniscas conglomeráticas y conglomerados arenosos colores rojizos (Litofacies SL3 y G3), ocasionalmente se encuentran capas medias y delgadas de arcilitas limosas, limolitas arcillosas y areniscas arcillosas colores grisáceos (Litofacies SH, SL2 y S2) y menos frecuente son las capas medias y delgadas de arcilitas limosas, limolitas y areniscas arcillosas colores verdosos (Litofacies SL4). Esta litofacies, a pesar de ser color verde pertenece a la Facies *Roja* de la Formación La Quinta, (debido a su asociación estratigráfica en el afloramiento). Entre las estructuras sedimentarias del bloque tectónico septentrional se presentan: laminación ondulada, laminación incipiente, laminación paralela, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas y bases erosivas. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se reconocen: madrigueras horizontales y verticales y moldes de bivalvos o estéridos?

Interpretación sedimentológica:

Los colores rojos en las capas representan condiciones oxidantes parcialmente subáereos. La laminación cruzada de bajo ángulo representa la influencia de corrientes de tracción débil en paleo-cauces de sinuosidad alta. Las bases onduladas o erosivas representan eventos de erosión por flujos de aguas con velocidades altas y posterior relleno cuando disminuye o migra la turbulencia. Los tubos de gusano en posición subvertical indican sedimentaciones rápidas y ambientes de alta y media energía.

La presencia de conglomerados polimícticos constituidos por material piroclástico sugiere depositaciones de llanura aluvial. Las intercalaciones de gravas y arenas representan las variaciones de un río en los caudales altos y bajos respectivamente. Las estratificaciones

cruzadas de ángulo bajo sugieren acreciones laterales de depositación. Las acreciones laterales sugieren rellenos de cauces. La presencia de rizaduras simétricas (4-8cm de amplitud y 0,1-0,3cm de altura) representan una sedimentación en ambiente fluvial. La presencia de estratificaciones gradadas representa una sedimentación en ambiente fluvial. Las estratificaciones gradadas con afinamientos hacia arriba sugieren una depositación en barras de espolones de los ríos. Los engrosamientos hacia el tope representan episodios de progradaciones.

Resumen ambiental:

El ambiente de depositación de la Facies **Rojo** en el bloque tectónico septentrional fue fluvial, posiblemente, de corrientes entrelazadas, teniendo un caudal de alta energía. Sin embargo, con una energía menor a la Facies **Naranja grisáceo** y a la intercalación de facies **Gris claro y Rojo**. En esta asociación las variaciones del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación.

Intercalación de facies *Gris claro y Rojo*

Esta intercalación de facies está representada en el bloque tectónico meridional (afloramientos 5 y 6), esta intercalación de facies **Gris claro y Rojo** consiste principalmente en rocas siliciclásticas color gris claro y rojo pálido. En el bloque tectónico meridional se presentan las secciones: JSJ-35, JSJ-34, JSJ-27 y JSJ-26 sumando 19,70m de espesor en la columna compuesta **C-1**. Esta intercalación de facies se encuentra infrayacente y en contacto transicional con la Facies **Naranja grisáceo** y suprayacente y en contacto transicional con la Facies "**Roja**". Las secciones consisten en una intercalación de capas gruesas a delgadas de limolitas y areniscas arcillosas, arcilitas limosas, areniscas conglomeráticas y conglomerados arenosos colores grisáceos y rojizos (ver Litofacies SL3, S2 y G3) y menos frecuente son las

capas medias y delgadas de arcilitas limosas y limolitas arcillosas colores grisáceos (Litofacies SH y SL2). Entre las estructuras sedimentarias se presentan: lentes de arena, laminación paralela, estratificación cruzada, gradación normal, bases erosivas e inyectitas. En esta intercalación de facies no se encontraron fósiles ni ichnofósiles.

Interpretación sedimentológica:

Los colores rojos en las capas representan condiciones oxidantes parcialmente subáereos. La gradación normal representa una disminución en la velocidad de un flujo hiperconcentrado, bajo condiciones de régimen de flujo superior, originados por el deslizamiento en pendientes. La laminación cruzada de bajo ángulo representa la influencia de corrientes de tracción débil en paleo-cauces de sinuosidad alta. Las bases onduladas o erosivas representan eventos de erosión por flujos de aguas con velocidades altas y posterior relleno cuando disminuye o migra la turbulencia. La laminación paralela representa un aumento del régimen de flujo, a un flujo superior, debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción. La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado.

La presencia de conglomerados polimícticos constituidos por material piroclástico sugiere depositaciones de llanura aluvial. Las intercalaciones de gravas y arenas representan las variaciones de un río en los caudales altos y bajos respectivamente. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en albordones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. Las estratificaciones cruzadas de ángulo bajo sugieren acreciones laterales de depositación. Las acreciones laterales sugieren rellenos de cauces. La presencia de estratificaciones gradadas

representa una sedimentación en ambiente fluvial. Las estratificaciones gradadas con afinamientos hacia arriba sugieren una depositación en barras de espolones de los ríos. Los engrosamientos hacia el tope representan episodios de progradaciones. El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión.

Resumen ambiental:

El ambiente de sedimentación de la intercalación de facies **Gris claro y Rojo** fue fluvial, posiblemente, de corrientes entrelazadas, teniendo un caudal de alta energía. Inclusivamente, con una energía mayor a la Facies **Naranja grisáceo**. En esta intercalación de facies las variaciones del flujo de energía dominaron sobre los procesos de sedimentación.

Asociación de litofacies 2: *Facies Naranja grisáceo*

Representada en el bloque tectónico meridional (afloramiento 7), esta Facies **Naranja grisáceo** consiste principalmente en rocas siliciclásticas de color naranja grisáceo. En el bloque tectónico meridional se presenta la sección: JSJ-3 con 25,75m de espesor en la columna compuesta **C-1**. Esta facies se encuentra infrayacente a la Facies **Gris oscuro** por un espesor cubierto de 3,30m, posiblemente en contacto abrupto, y suprayacente y en contacto transicional con la intercalación de facies "**Gris claro y Rojo**". La sección está conformada por capas gruesas a delgadas de areniscas arcillosas, conglomerados arenosos y limolitas arcillosas colores grisáceos (ver Litofacies S2, G2 y SL2), también, se presentan capas delgadas de arcilitas limosas colores grisáceos (Litofacies SH) y muy esporádicamente capas delgadas de arcilitas limosas y limolitas arcillosas colores rojizos (Litofacies SL3). Entre las estructuras sedimentarias se presentan: laminación cruzada, laminación paralela, laminación incipiente, gradación normal, estratificación cruzada, imbricación y bases erosivas. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se reconocen: madrigueras verticales.

Interpretación sedimentológica:

La gradación normal representa una disminución en la velocidad de un flujo hiperconcentrado, bajo condiciones de régimen de flujo superior, originados por el deslizamiento en pendientes. La laminación cruzada de bajo ángulo representa la influencia de corrientes de tracción débil en paleo-cauces de sinuosidad alta. Las bases onduladas o erosivas representan eventos de erosión por flujos de aguas con velocidades altas y posterior relleno cuando disminuye o migra la turbulencia. Los cordones de conglomerados o lentes de grava en capas tabulares de arena representan eventos de flujos altos por el aumento del nivel de energía en flujos relativamente más bajos. La laminación paralela representa un aumento del régimen de flujo, a un flujo superior, debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción. Los tubos de gusano en posición subvertical indican sedimentaciones rápidas y ambientes de alta y media energía. La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado.

La presencia de conglomerados polimícticos constituídos por material piroclástico sugiere depositaciones de llanura aluvial. Las intercalaciones de gravas y arenas representan las variaciones de un río en los caudales altos y bajos respectivamente. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en albordones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión. Las estratificaciones cruzadas de ángulo bajo sugieren acreciones laterales de depositación. Las acreciones laterales sugieren rellenos de cauces. La presencia de estratificaciones gradadas representa una sedimentación en ambiente fluvial. Las estratificaciones gradadas con

afinamientos hacia arriba sugieren una depositación en barras de espolones de los ríos. Los engrosamientos hacia el tope representan episodios de progradaciones.

Resumen ambiental:

El ambiente sedimentario de la Facies **Naranja grisáceo** fue fluvial, más específicamente, de corrientes entrelazadas, teniendo un caudal de alta energía. En esta facies las variaciones del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación.

Asociación de litofacies 3: *Facies Gris oscuro*

Representada en los bloques tectónicos meridional (afloramientos 8, 9, 11 y 12), central (afloramientos 13 y 14) y septentrional (afloramientos 16 y 17). Esta Facies **Gris oscuro** consiste principalmente en rocas calcáreas de color gris oscuro.

En el bloque tectónico meridional se presentan las secciones parciales: JSJ-1, JSJ-2, JSJ-29, JSJ-19 y JSJ-28, sumando un espesor de 33,80m en la columna compuesta **C-1**. Esta facies se encuentra infrayacente al contacto de falla (**Falla 2**) entre los bloques tectónicos meridional y central y suprayacente a la Facies “**Naranja grisáceo**” por un espesor cubierto de 3,30m, posiblemente en contacto abrupto. Las secciones consisten en una intercalación de capas gruesas a delgadas de calizas, arcilitas calcáreas y margas (ver las Litofacies L y M), ocasionalmente se encuentran capas medias y delgadas de limolitas y areniscas arcillosas y calcáreas (Litofacies SL1 y S1) y menos frecuente aún son las capas medias y delgadas de conglomerados arenosos y ligeramente calcáreos (representada en la Litofacies G1). Entre las estructuras sedimentarias del bloque tectónico meridional se presentan: varvas, estratificación laminada, laminación ondulada, laminación incipiente, laminación convoluta, rizaduras asimétricas, huellas de carga e inyectitas de arena. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se

reconocen: ostrácodos o estéridos *Isaura olsoni* Bock y *Howellites colombianus* y restos de plantas *Ptyllophillum sp.*

Interpretación sedimentológica:

Los colores negros en las capas representan una condición subaqueo y no-oxidante. La alternancia de calizas y lutitas representan oscilaciones del influjo de clásticos finos en ambientes tranquilos. Las intercalaciones de lutitas y limolitas con esporádicas areniscas representan una sedimentación por nubes de suspensión. Las laminaciones milimétricas representan un ambiente tranquilo de suspensión. Las varvas representan mecanismos autocíclicos, aunque el Jurásico fue mundialmente árido a semi-árido (mecanismo allocíclico). Según KELTS *et al* (1978) la calcita puede precipitar en agua dulce por procesos inorgánicos, inducido por factores bioquímicos, cambios de temperatura, evaporación y mezclas de diferentes aguas. Las algas extraen el CO₂ del agua (fotosíntesis), incrementando el pH en un ambiente básico donde precipita la calcita. Por lo tanto, en verano se depositan las láminas claras con calcita y en invierno se deposita las láminas oscuras de arcillas con materia orgánica. Las calizas con laminación paralela representan una sedimentación influenciada por corrientes, las cuales sólo trasportan el material fino. Las intercalaciones de capas heterolíticas y material fino representan una depositación por carga suspendida. La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado. Las estructuras de sobrecarga representan una depositación rápida de areniscas sobre lutitas. La laminación convoluta representa licuefacción diferencial de capas afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación, originándose por sobrecarga, ondas sísmicas, escape de fluidos o acción de corrientes. Según RAUTMAN *et al* (1977), durante la pérdida de fluidos y consolidación de

las rocas las arenas o limos, que se depositan rápidamente con un alto contenido de arcillas, micas o materia orgánica, se licuefacionan o fluidizan por las presiones ejercidas en estos sedimentos, generando las estructuras de plato o inyectitas de arena como una estructura post-depositacional. Por lo tanto, estas estructuras se asocian con las estructuras de escape de fluidos.

Los esporádicos restos de plantas *Ptylophillum sp.* al igual que los fragmentos de tallos del género *Otozamites* indican una sedimentación con influencia continental. Las gruesas capas de calizas y lutitas negras con estéridos y ostrácodos representan un ambiente de sedimentación de aguas dulces en lagunas y depresiones. La presencia de calizas nodulares lateralmente variables con estéridos y ostrácodos sin ornamentación representan una depositación de ambiente lagunar (ODREMÁN *et al.*, 1980).

Resumen ambiental:

El ambiente sedimentario de la Facies **Gris oscuro** en el bloque tectónico meridional se interpreta como lacustre. En el cual, la sedimentación de carga suspendida fue en aguas tranquilas y dulces. El control de las variaciones litológicas laterales y verticales de esta asociación fue predominantemente el clima. Además, en este ambiente se presentó la leve influencia de corrientes, mientras que la de olas fue casi ausente. Finalmente, la laguna tuvo una circulación muy restringida, la cual permitió la preservación de la materia orgánica.

En el bloque tectónico central se presentan las secciones parciales: JSJ-25, JSJ-14, JSJ-13, JSJ-24, JSJ-23, JSJ-22, JSJ-21, JSJ-20, JSJ-12, JSJ-11, JSJ-10, JSJ-9, JSJ-8, JSJ-7, JSJ-6, JSJ-5 y JSJ-4, sumando un espesor de 149,30m en la columna compuesta **C-2**. Esta facies se encuentra infrayacente a la Facies “*Gris claro*” por un espesor cubierto de 20,00m y

suprayacente al contacto de falla (**Falla 2**) entre los bloques tectónicos meridional y central. Las secciones representan una intercalación de capas medias y delgadas de margas, arcilitas calcáreas y calizas (Litofacies M y L), ocasionalmente se encuentran capas medias y delgadas de limolitas y areniscas arcillosas y calcáreas (Litofacies SL1 y S1) y menos frecuente es la capa media de dolomía y la secuencia turbidítica Ta-c (representadas en la Litofacies D y T respectivamente). Entre las estructuras sedimentarias del bloque tectónico central se presentan: varvas, lentes y estratificación flaser, laminación ondulada, laminación paralela, laminación incipiente, laminación convoluta, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas, bases erosivas, turbiditas, estructuras de escape de fluidos e inyectitas de arena. Respecto a los fósiles, palinomorfos e ichnofósiles se reconocen: ostrácodos o estéridos, restos de plantas, oncooides?, algas verdiazules, dinoflagelados *Mendicodinium* sp? y *Batioladinium* sp?, esporas *Cicatricosisporites* sp y madrigueras horizontales y verticales *Chondrites?*, *Planolites?* y *Thalassinoides?*.

Interpretación sedimentológica:

Los colores negros en las capas representan una condición subaérea y no-oxidante. La alternancia de calizas y lutitas representan oscilaciones del influjo de clásticos finos en ambientes tranquilos. Las laminaciones milimétricas representan un ambiente tranquilo de suspensión. Las intercalaciones de capas heterolíticas y material fino representan una depositación por carga suspendida. Las intercalaciones de lutitas y limolitas con esporádicas areniscas representan una sedimentación por nubes de suspensión. Las varvas representan mecanismos autocíclicos, aunque el Jurásico fue mundialmente árido a semi-árido (mecanismo allocíclico). Según KELTS *et al* (1978) la calcita puede precipitar en agua dulce por procesos inorgánicos, inducido por factores bioquímicos, cambios de temperatura, evaporación y mezclas de diferentes aguas. Las algas extraen el CO₂ del agua (fotosíntesis),

incrementando el pH en un ambiente básico donde precipita la calcita. Por lo tanto, en verano se depositan las láminas claras con calcita y en invierno se deposita las láminas oscuras de arcillas con materia orgánica. Las estructuras de escape de fluidos representan licuefacción y fluidización parcial de sedimentos finos en un régimen de flujo de bajo nivel, originándose por el escape gravitacional de hidrocarburos, agua, gas o cualquier otro fluido. Las calizas con laminación paralela representan una sedimentación influenciada por corrientes, las cuales sólo transportan el material fino. Las calizas con estructuras entrecruzadas representan influencia de corrientes en la sedimentación, calizas detríticas (ODREMAN *et al*, 1980). La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado. Los tubos de gusanos en posición horizontal indican una sedimentación lenta y ambientes tranquilos. La capa media de secuencia turbidítica Ta-c (ver capítulo 3.3) representa una depositación en un pequeño cañón de alta pendiente dentro de la cuenca. La laminación convoluta representa licuefacción diferencial de capas afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación, originándose por sobrecarga, ondas sísmicas, escape de fluidos o acción de corrientes. Los lentes de arena y flaser representan variaciones en los agentes de transporte, por cambios rápidos del régimen de flujo superior-débil. Según RAUTMAN *et al* (1977), durante la pérdida de fluidos y consolidación de las rocas las arenas o limos, que se depositan rápidamente con un alto contenido de arcillas, micas o materia orgánica, se licuefacionan o fluidizan por las presiones ejercidas en estos sedimentos, generando las estructuras de plato o inyectitas de arena como una estructura post-depositacional. Por lo tanto, estas estructuras se asocian con las estructuras de escape de fluidos.

Los esporádicos restos de plantas *Ptylophillum sp.* al igual que los fragmentos de tallos del género *Otozamites* indican una sedimentación con influencia continental. Los *Planolites* representan una sedimentación en áreas continentales, debido a que estos ichnofósiles pertenecen a la asociación **Scoyenia**. Los *Thalassinoides* representan una actividad de vivienda (Domichnia) en la plataforma continental, debido a que estos ichnofósiles pertenecen a la asociación **Skolitos-Glossifungites**. Los *Chondrites* representan una actividad de alimentación (Fodinichnia) en la plataforma continental, debido a que estos ichnofósiles pertenecen a la asociación **Skolitos-Glossifungites**. La presencia de dinoflagelados de diferentes géneros sugiere un ambiente de sedimentación marino abierto. Las gruesas capas de calizas y lutitas negras con estéridos y ostrácodos representan un ambiente de sedimentación de aguas dulces en lagunas y depresiones. Las estructuras de deformación representan depositaciones en pendientes de deltas fluviales donde la gravedad les dio origen. Las intercalaciones de limolitas y areniscas sugieren sedimentación cerca de la playa de lagunas fluviales. Las intercalaciones de limolitas y lutitas finamente laminadas con capas delgadas de calizas representan sedimentación cerca de la playa de lagunas fluviales. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en albardones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. Las variaciones verticales y laterales sugieren mecanismos autocíclicos en el régimen de sedimentación, sin embargo, el Jurásico fue mundialmente árido (mecanismo allocíclico). El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión. Las estratificaciones lenticulares y flaser indican depositaciones de llanuras de marea en deltas dominados por mareas, en el cual, los flaser representan las llanuras altas y los lentes representan las llanuras bajas.

Resumen ambiental:

La Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico central se depositó en la cercanía de playas de lagunas fluviales, en un ambiente tranquilo de suspensión, en esta, se presentaron episodios de invasiones marinas, formando lagunas micromareales o lagunas salobres, en donde, el mar abierto transitó la laguna, posiblemente, a través de los canales de marea. El clima, el oleaje y las variaciones en la velocidad de sedimentación dominaron los procesos de depositación en esta asociación. Finalmente, la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico central tuvo una circulación restringida, la cual permitió la preservación de la materia orgánica. Sin embargo, fue menos restringida y más salobre que la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico meridional.

En el bloque tectónico septentrional se presentan las secciones parciales: JSJ-17 y JSJ-16, sumando un espesor de 23,10m en la columna compuesta **C-3**. Esta facies se encuentra infrayacente a la intercalación de facies “*Gris claro y Gris oscuro*” por un espesor cubierto de 5,00m y suprayacente al contacto de falla (*Falla 3*) entre los bloques tectónicos central y septentrional. Las secciones están conformadas por una intercalación de capas medias y delgadas de limolitas y areniscas arcillosas y calcáreas, arcilitas calcáreas y margas (Litofacies SL1, S1 y M). Entre las estructuras sedimentarias del bloque tectónico septentrional se presentan: lentes y estratificación flaser, estratificación laminada, laminación ondulada, laminación incipiente, laminación convoluta, rizaduras asimétricas estructuras de escape de fluidos e inyectitas de arena. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se reconocen: ostrácodos o estéridos y restos de plantas.

Interpretación sedimentológica:

Los colores negros en las capas representan una condición subaqueo y no-oxidante. La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado. Las laminaciones milimétricas representan un ambiente tranquilo de suspensión. Las intercalaciones de capas heterolíticas y material fino representan una depositación por carga suspendida. Las intercalaciones de lutitas y limolitas con esporádicas areniscas representan una sedimentación por nubes de suspensión. Las estructuras de escape de fluidos representan licuefacción y fluidización parcial de sedimentos finos en un régimen de flujo de bajo nivel, originándose por el escape gravitacional de hidrocarburos, agua, gas o cualquier otro fluido. La laminación convoluta representa licuefacción diferencial de capas afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación, originándose por sobrecarga, ondas sísmicas, escape de fluidos o acción de corrientes. Los lentes de arena y flaser representan variaciones en los agentes de transporte, por cambios rápidos del régimen de flujo superior-débil. Según RAUTMAN *et al* (1977), durante la pérdida de fluidos y consolidación de las rocas las arenas o limos, que se depositan rápidamente con un alto contenido de arcillas, micas o materia orgánica, se licuefacionan o fluidizan por las presiones ejercidas en estos sedimentos, generando las estructuras de plato o inyectitas de arena como una estructura post-depositacional. Por lo tanto, estas estructuras se asocian con las estructuras de escape de fluidos.

Los esporádicos restos de plantas *Ptylophillum sp.* al igual que los fragmentos de tallos del género *Otozamites* indican una sedimentación con influencia continental. Las estructuras de deformación representan depositaciones en pendientes de deltas fluviales donde la gravedad les dio origen. Las intercalaciones de limolitas y areniscas sugieren sedimentación cerca de la

playa de lagunas fluviales. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en albardones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. Las variaciones verticales y laterales sugieren mecanismos autocíclicos en el régimen de sedimentación, sin embargo, el Jurásico fue mundialmente árido (mecanismo allocíclico). El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión. Las estratificaciones lenticulares y flaser indican depositaciones de llanuras de marea en deltas dominados por mareas, en el cual, los flaser representan las llanuras altas y los lentes representan las llanuras bajas.

Resumen ambiental:

La Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico septentrional se interpreta como un depósito fluvio-deltaico, posiblemente lagunar, y en pendientes de deltas fluviales. En esta facies, el porcentaje de rocas siliciclásticas es mayor al porcentaje de rocas siliciclásticas de la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico central. Las variaciones en los agentes de transporte y los cambios del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación en esta asociación. Finalmente, la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico septentrional tuvo una circulación relativamente restringida, la cual permitió la preservación de la materia orgánica. Sin embargo, el porcentaje de materia orgánica en las rocas es menor al de la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico central y meridional.

*Intercalación de las facies **Gris claro** y **Gris oscuro***

Representada en el bloque tectónico septentrional (afloramiento 18), esta intercalación de facies **Gris claro** y **Gris oscuro** consiste principalmente en rocas siliciclásticas y rocas calcáreas de colores gris claro a gris oscuro. En el bloque tectónico septentrional se presenta la sección: JSJ-18 con 5,90m de espesor en la columna compuesta **C-3**. Esta intercalación de

facies se encuentra suprayacente a la Facies **Gris oscuro** por un espesor cubierto de 5,00m. La sección consiste en capas medias y delgadas de arcilitas limosas, limolitas y areniscas arcillosas, margas y arcilitas calcáreas (ver Litofacies SH, SL2, S2 y M), además, se presentan capas delgadas de limolitas arcillosas y calcáreas (Litofacies SL1). Entre las estructuras sedimentarias se presentan: lentes y estratificación flaser, laminación ondulada, laminación incipiente, rizaduras asimétricas y estructuras de escape de fluidos. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se reconocen: ostrácodos o estéridos y madrigueras horizontales.

Interpretación sedimentológica:

La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado. Las intercalaciones de capas heterolíticas y material fino representan una depositación por carga suspendida. Las intercalaciones de lutitas y limolitas con esporádicas areniscas representan una sedimentación por nubes de suspensión. Las estructuras de escape de fluidos representan licuefacción y fluidización parcial de sedimentos finos en un régimen de flujo de bajo nivel, originándose por el escape gravitacional de hidrocarburos, agua, gas o cualquier otro fluido. Los tubos de gusanos en posición horizontal indican una sedimentación lenta y ambientes tranquilos. Las rizaduras simétricas en la sedimentación indican una influencia de olas mayor a la influencia de las corrientes. Los tubos de gusano en posición subvertical indican sedimentaciones rápidas y ambientes de alta y media energía. Los lentes de arena y flaser representan variaciones en los agentes de transporte, por cambios rápidos del régimen de flujo superior-débil.

Las intercalaciones de limolitas y areniscas sugieren sedimentación cerca de la playa de lagunas fluviales. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en

albordones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. Las variaciones verticales y laterales sugieren mecanismos autocíclicos en el régimen de sedimentación, sin embargo, el Jurásico fue mundialmente árido (mecanismo allocíclico). El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión. Las estratificaciones lenticulares y flaser indican depositaciones de llanuras de marea en deltas dominados por mareas, en el cual, los flaser representan las llanuras altas y los lentes representan las llanuras bajas.

Resumen ambiental:

La intercalación de facies **Gris claro** y **Gris oscuro** se depositó en un delta de marea lagunar, con una influencia de olas mayor a la influencia de corrientes. En esta intercalación de facies, el porcentaje de rocas siliciclásticas es mayor al porcentaje de rocas siliciclásticas de la Facies **Gris oscuro** del bloque tectónico septentrional. Las variaciones en los agentes de transporte y los cambios del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación en esta asociación. Finalmente, la intercalación de facies **Gris claro** y **Gris oscuro** tuvo una circulación poco restringida y el porcentaje de materia orgánica en las rocas es menor al de la Facies **Gris oscuro**.

Asociación de litofacies 4: *Facies Gris claro*

Representada en el bloque tectónico central (afloramientos 15 y 16), esta Facies **Gris claro** consiste predominantemente en rocas calcáreas siliciclásticas de color gris claro. En el bloque tectónico central se presentan las secciones: JSJ-15, JSJ-33, JSJ-32, JSJ-31 y JSJ-30 sumando 23,65m de espesor en la columna compuesta **C-2**. Esta facies se encuentra infrayacente al contacto de falla (**Falla 3**) entre los bloques tectónicos central y septentrional y suprayacente a la Facies **Gris oscuro** por un espesor cubierto de 20,00m. Las secciones representan una

intercalación de capas medias y delgadas de limolitas y areniscas arcillosas y calcáreas, margas y arcilitas calcáreas (ver Litofacies SL1, S1 y M), además, se presentan capas delgadas de arcilitas limosas y limolitas arcillosas (Litofacies SH y SL2) y muy esporádicamente capas delgadas de areniscas arcillosas (Litofacies S2). Entre las estructuras sedimentarias se presentan: lentes y estratificación flaser, laminación ondulada, laminación incipiente, laminación paralela, estratificación cruzada, rizaduras asimétricas, bases erosivas, slumped y estructuras de escape de fluidos. Respecto a los fósiles e ichnofósiles se reconocen: ostrácodos o estéridos y briozoos?.

Interpretación sedimentológica:

La intercalación de areniscas con limolitas representa variaciones en las condiciones de depositación, de sedimentación por tracción a suspensión, debido a la disminución de la velocidad de un fluido hiperconcentrado. Las intercalaciones de capas heterolíticas y material fino representan una depositación por carga suspendida. Las intercalaciones de lutitas y limolitas con esporádicas areniscas representan una sedimentación por nubes de suspensión. Las estructuras de escape de fluidos representan licuefacción y fluidización parcial de sedimentos finos en un régimen de flujo de bajo nivel, originándose por el escape gravitacional de hidrocarburos, agua, gas o cualquier otro fluido. La laminación cruzada de bajo ángulo representa la influencia de corrientes de tracción débil en paleo-cauces de sinuosidad alta. Las rizaduras simétricas en la sedimentación indican una influencia de olas mayor a la influencia de las corrientes. La laminación convoluta representa licuefacción diferencial de capas afectadas por movimientos de fluidos posteriores a su depositación, originándose por sobrecarga, ondas sísmicas, escape de fluidos o acción de corrientes. Las bases onduladas o erosivas representan eventos de erosión por flujos de aguas con velocidades altas y posterior relleno cuando disminuye o migra la turbulencia. La laminación paralela

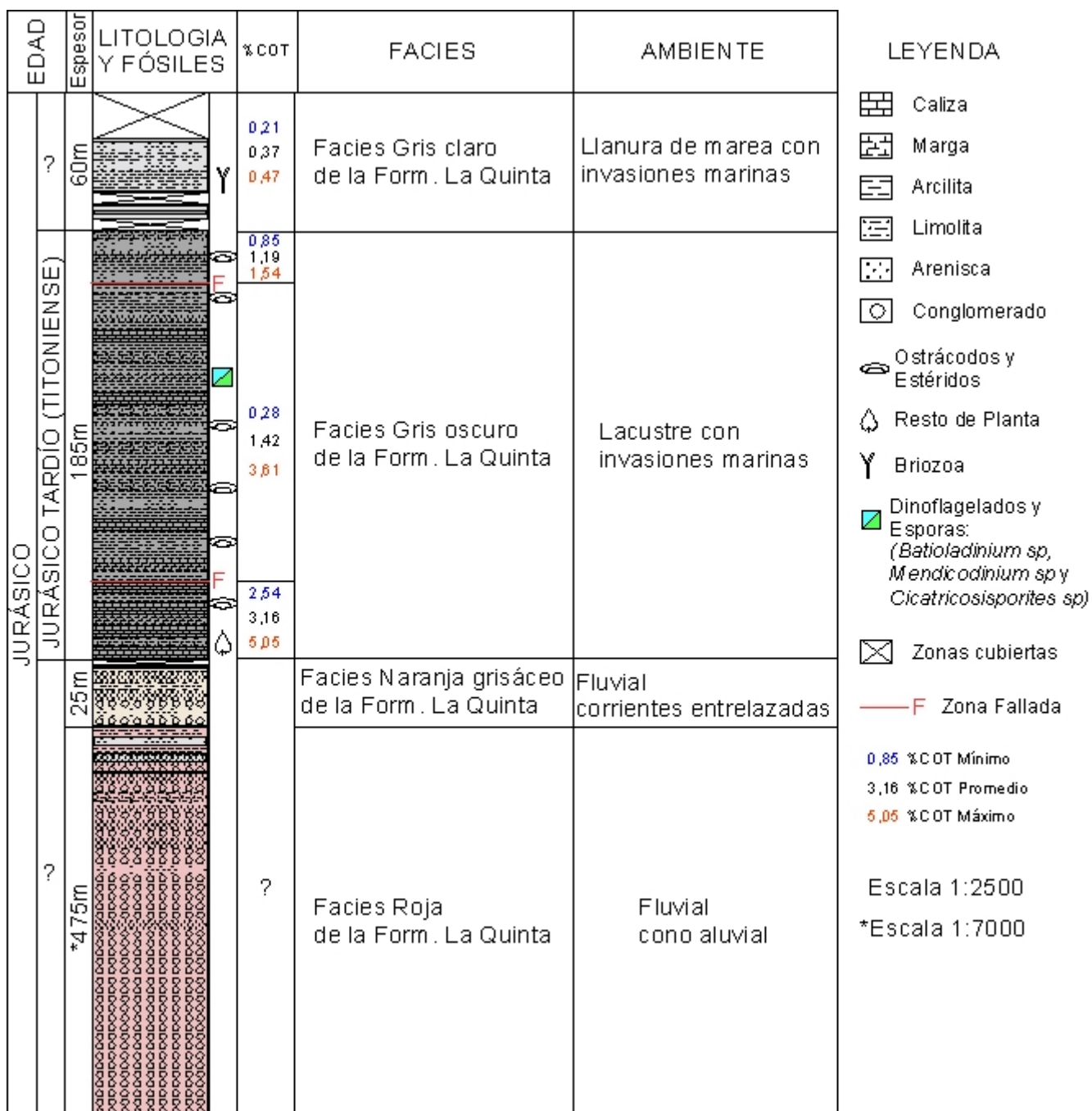
representa un aumento del régimen de flujo, a un flujo superior, debido a la sedimentación de sucesivas capas de tracción. Los lentes de arena y flaser representan variaciones en los agentes de transporte, por cambios rápidos del régimen de flujo superior-débil.

La presencia de escasos **¿Briozoos** sin identificar sugieren eventos de sedimentación marina somera. Las intercalaciones de limolitas y areniscas sugieren sedimentación cerca de la playa de lagunas fluviales. Las intercalaciones de limolitas y lutitas sugieren depositaciones en albardones y llanuras de inundación. Las intercalaciones de capas finas y heterolíticas representan cauces activos y abandonados. El relleno de depresiones fluviales representa progradaciones de los ríos hacia la depresión. Las estratificaciones lenticulares y flaser indican depositaciones de llanuras de marea en deltas dominados por mareas, en el cual, los flaser representan las llanuras altas y los lentes representan las llanuras bajas.

Resumen ambiental:

La Facies **Gris claro** posiblemente se depositó en una llanura de marea con invasiones marino someras, y depositaciones en pendientes de deltas dominados por olas. En esta facies, el porcentaje de rocas siliciclásticas es mayor al porcentaje de rocas siliciclásticas de la intercalación de facies **Gris claro** y **Gris oscuro**. Las variaciones en los agentes de transporte y los cambios del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación en esta asociación. Finalmente, la Facies **Gris claro** tuvo una circulación poco restringida y el porcentaje de materia orgánica en las rocas es menor al de la intercalación de facies **Gris claro** y **Gris oscuro**.

Figura 101: Columna sintética esquemática de la Formación La Quinta.



Nota: En la representación de la columna sintética esquemática (Figura 101), se utilizaron los valores del %COT de las Litofacies M, C y SH, únicamente.

4.2- INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y AMBIENTAL DE LA FACIES GRIS OSCURO:

En el presente trabajo se definieron cuatro facies para su interpretación ambiental y sedimentológica (ver capítulo 4.1), no obstante, la Facies **Gris oscuro** es la que mejor describe las características litológicas, paleontológicas y estratigráficas que sirven para la interpretación sedimentológica-ambiental de la facies **no-roja** de la Formación La Quinta. Cabe destacar, que la Facies Gris oscuro definida en este trabajo es equivalente a la facies no-roja definida por ODREMAN *et al* (1980) y SÁNCHEZ *et al* (1999), e igualmente la Facies Rojo, definida en este trabajo, es equivalente a la facies roja descrita por SÁNCHEZ *et al* (1999).

- A continuación, se presentan los planteamientos de diferentes modelos de sedimentación acordes a las asociaciones de litofacies, previamente definidas en este trabajo (ver capítulo 4.1):

Para REINECK *et al* (1975), la asociación de llanura aluvial (flood-plain association) y la asociación de abanico aluvial (alluvial fan association) pueden coexistir dentro del régimen fluvial. Posteriormente, ODREMAN *et al* (1980), sugieren similitudes entre las facies no-roja y roja de la Formación La Quinta con las asociaciones de llanura aluvial y abanico aluvial de REINECK *et al* (1975), respectivamente.

En un estudio petrográfico detallado de la fosa tectónica post-Apalachiana de Nueva Inglaterra, KRYNINE (1976), mostró que, aunque sea predominantemente rojo, un espesor bastante considerable de lechos se encuentran entre los mantos de lavas basálticas, estos no son rojos, debido probablemente a que los derrames de lava desorganizaron el drenaje, produciendo condiciones pantanosas o lagunares.

Los autores ODREMAN y GHOSH (1979), concluyeron que la secuencia no-roja, de la Formación La Quinta, se puede interpretar como un evento de progradación sedimentaria, con depósitos de laguna dulce en su parte inferior. Según este modelo, las capas no-rojas representan una facies del centro de la cuenca, mientras que las capas rojas caracterizan una facies marginal dentro de la cuenca.

Para el modelo tectónico-estratigráfico de secuencias lacustrinas en cuencas rift continentales (LAMBIASE, 1995), se estudiaron rifts continentales desde el Precámbrico hasta el Reciente en seis continentes, en este estudio se propone que la sedimentación de las fases del rift son verticalmente muy variables y lateralmente son estrechas. La geometría del valle rift puede ser un graben, un semi-graben o dos semi-graben unidos, “zona de acomodación”. La zona de acomodación dentro de la cuenca rift es relativamente más baja que los hombros del rift y relativamente más alta que el piso de la cuenca. En muchos casos, la zona de acomodación sirve como fuente de sedimentos durante la depositación de las secuencias estratigráficas. Los cambios litológicos y ambientales están controlados por la actividad tectónica, por la topografía del valle rift y por el clima. Sin embargo, en las cuencas rift se presenta un patrón estratigráfico interpretado en cinco fases. La primera fase, consiste en una secuencia fluvial que descansa sobre el basamento o bloque pre-rift. La segunda fase, reside en una secuencia lacustrina en contacto abrupto con la secuencia fluvial. La tercera fase, radica en una secuencia deltaica progradante. La cuarta fase, consiste en una secuencia fluvial. La quinta fase, se basa en una secuencia fluvial post-rift, depositada después de un levantamiento, esta secuencia se encuentra en contacto discordante con la cuarta fase. Finalmente, este autor considera que no existe una correlación entre las fases de sedimentación estratigráfica del rift y las fases o eventos tectónicos del mismo.

Según ROJAS (1999), los ambientes sedimentarios se pueden sobreponer, dependiendo del hundimiento o levantamiento de la cuenca, del nivel eustático del mar y la tasa de

sedimentación. Por lo tanto, las transgresiones comienzan cuando la sedimentación es menor que el hundimiento (subsistencia Jurásica) y los procesos fluviales son menos activos que los procesos marino-costeros.

Finalmente, la Facies **Gris oscuro** se sedimentó en una plataforma lagunar de circulación restringida con episodios de invasiones marinas.

- El contenido de altos porcentajes de carbono orgánico total en las rocas (ver capítulo 3.7) indican una sedimentación en un ambiente anóxico, en donde, se preservó la materia orgánica.
- Respecto a la salinidad en la Facies **Gris oscuro** tenemos que, la presencia de abundantes ostrácodos *Cypridea valdensis* Sowerby y el género *Darwinula*, representan la asociación “*Cypridea-Darwinula*”, este conjunto indica una sedimentación en ambientes de aguas dulces ODREMAN *et al* (1980). Sin embargo, la presencia de dinoflagelados de diferentes géneros sugiere eventos de salinidad marino abierto.
- El alto contenido de lodo carbonático en las rocas (ver capítulo 3.3) indica una depositación en un ambiente neutral-básico, en el cual precipitó la calcita.
- La profundidad del ambiente sedimentario en la Facies **Gris oscuro** varia desde unos pocos metros, debido a la presencia fósil de ostrácodos y estéridos, a profundidades marino somero, debido a la presencia fósil de dinoflagelados, briozoos y la presencia de estructuras de lentes de arena y flaser.

- Respecto a la edad de la Facies **Gris oscuro** se tiene que, la presencia de las asociaciones “*Cypridea-Cyzicus*” y “*Cypridea-Darwinula*”, junto con la presencia de los dinoflagelados *Mendicodinium sp* y *Batioladinium sp* y la espora *Cicatricosisporites sp* permiten interpretar la edad Jurásico Tardío, específicamente Titoniense, para esta litofacies (ver capítulo 3.4).
- Respecto a la posición estratigráfica de la Facies **Gris oscuro** de la Formación La Quinta en la sección de carretera Jají-San Juan, se concluye que estas capas se encuentran en el Jurásico Tardío, infrayacente a la Facies **Gris claro**, por contacto transicional y suprayacente a la Facies **Naranja grisáceo**, por contacto abrupto (ver Figura 102).

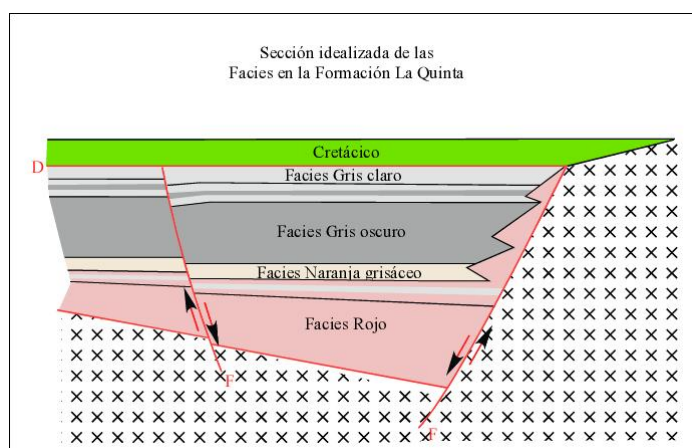


Figura 102: Sección idealizada de las Facies de la Formación La Quinta.

- Se comparó las litofacies definidas en la Facies **Gris oscuro** (ver capítulo 4.1), con los valores obtenidos de las emisiones gamma realizadas con el escintilómetro. Los elementos evaluados fueron: el uranio (U), el torio (T), el potasio (K), la suma de los valores de uranio, torio y potasio “sin agentes externos” (TC1) y la suma de los valores uranio, torio y potasio “con agentes externos” (TC2). Aunque no se pudieron precisar los rangos de los valores en las diferentes ventanas de radioactividad gamma, debido a las grandes variaciones entre los resultados, se pudieron establecer de manera cualitativa los siguientes análisis:

Las curvas de U, T, K, TC1 y TC2 tienen comportamientos similares y representan las mismas variaciones con respecto a los cambios litológicos, en donde, el U tiene el patrón menos fiel.

Las diferentes litologías representan aumentos o disminuciones en los valores de los rayos gamma, por lo tanto, la litofacies SH (ver capítulo 3.3) es la de mayor radioactividad gamma, mientras que, la litofacies G1 es la de menor radioactividad, en este sentido, se tiene (de mayor a menor radioactividad gamma): La litofacies SH tiene mayor radioactividad gamma que la litofacies SL1. La litofacies SL1 tiene mayor radioactividad gamma que la litofacies M. La litofacies M tiene mayor radioactividad gamma que la litofacies C. La litofacies C tiene mayor radioactividad gamma que la litofacies S1. La litofacies S1 tiene mayor radioactividad gamma que la litofacies G1.

- Según VAN HOUTEN (1974), las capas rojas y no-rojas tienen en muchos casos el mismo porcentaje de óxido de hierro, difiriendo solamente el estado del óxido; en las capas rojas el óxido existe en estado férrico, mientras que en las capas no-rojas existe como óxido ferroso o hidróxido férrico. Al principio (en el momento de la sedimentación), ambas facies contienen minerales de hidróxidos de hierro pero en un ambiente oxidante y subaéreo, estos minerales son termodinámicamente inestables, perdiendo con el tiempo su contenido de agua, desarrollando así, el color rojo de la hematita.

- La presencia de fallas normales sinsedimentarias (ver capítulo 3.3) al igual que la estructura semejante al “roll over” (ver capítulo 3.2) dentro de la Facies **Gris oscuro**, pueden representar:

Que, la sobrecarga de un material más denso (acumulaciones de arenas) sobre arcillas blandas y subcompactadas, fue depositada en pendientes que aumentaron los movimientos gravitatorios.

Que, los eventos extensivos que controlaron las sedimentaciones del Triásico-Jurásico Merideño, posiblemente, perduraron hasta el Jurásico Tardío.

4.3- CAPACIDAD GENERADORA DE HIDROCARBUROS Y MADUREZ TERMAL DE LA FACIES GRIS OSCURO:

En el análisis del porcentaje de carbono orgánico total, presente en las rocas (ver capítulo 3.7), la Facies **Gris oscuro** fue la que presentó los mejores valores. Por lo tanto, se describe a continuación la evaluación del potencial de hidrocarburos con respecto a su madurez termal.

- La Facies **Gris oscuro** se encuentra en el bloque tectónico meridional representada como la columna compuesta **C-1** (ver anexo C-1), en el bloque tectónico central representada como la columna compuesta **C-2** (ver anexo C-2) y en el bloque tectónico septentrional representada como la columna compuesta **C-3** (ver anexo C-3). A continuación, se describe el espesor y el contenido del porcentaje del carbono orgánico total (actual) para cada bloque, según la capacidad generadora de la roca (TISSOT *et al*, 1978):

En el bloque tectónico meridional la Facies Gris oscuro presenta **33.80m** de espesor en la columna compuesta C-1, en donde, el contenido promedio de COT es **3.16%**, el valor máximo es 5.05% y el valor mínimo es 2.54% (ver capítulo 3.7), siendo este rango “**muy bueno**” como potencial generador de hidrocarburos.

En el bloque tectónico central la Facies Gris oscuro presenta **149.30m** de espesor en la columna compuesta C-2, en donde, el contenido promedio de COT es **1.42%**, el valor máximo es 3.61% y el valor mínimo es 0.28% (ver capítulo 3.7), siendo este rango “**bueno**” como potencial generador de hidrocarburos.

En el bloque tectónico septentrional la Facies Gris oscuro presenta **23.10m** de espesor en la columna compuesta C-3, en donde, el contenido promedio de COT es **1.19%**, el valor

máximo es 1.54% y el valor mínimo es 0.85% (ver capítulo 3.7), siendo este rango “bueno” como potencial generador de hidrocarburos.

Cabe mencionar que, las muestras de la Facies **Gris oscuro** obtuvieron valores de %COT más altos que el valor de %COT evaluado en la muestra de la Formación La Luna (muestra *J-2*, ver capítulo 3.7). Esto sugiere que, en la zona de estudio, la materia orgánica de la Facies **Gris oscuro**, probablemente, se preservó mejor que la de la Formación La Luna.

- Al comparar los valores de %COT (ver capítulo 3.7) con las litofacies definidas en este trabajo (ver capítulo 3.3), se concluye que, las *Micritas arcillosas* y *Arcilitas micríticas* (Litofacies *C* y *M* respectivamente) fueron las rocas que mejor preservaron la materia orgánica dentro de la Facies **Gris oscuro**. En este orden, las *Limolitas micríticas* y las *Arcilitas* (Litofacies *SL1* y *SH* respectivamente) también preservaron una buena cantidad de materia orgánica dentro de la facies. Además, las rocas que poseen más de 10% de dolomita en su composición no preservan la materia orgánica.

- Las rocas siliciclásticas descritas en este trabajo (ver capítulo 3.3), como las *wackas líticas*, las *areniscas líticas*, las *limolitas arcillosas* y *arenosas* y los *paraconglomerados polimícticos* (Litofacies *S1*, *S2*, *SL2*, *SL3*, *SL4*, *G1*, *G2* y *G3*), presentan un alto contenido de matriz y arcillas (generalmente mayor al 15%), un mal escogimiento, un mal empaquetamiento, granos subangulares y muy poca a ninguna porosidad (menor al 2%), por lo tanto, estas rocas son inmaduras y no poseen características de rocas reservorios.

- Respecto a la extensión lateral de la Facies **Gris oscuro**, varios autores han mencionado la presencia de rocas negras Jurásicas en diferentes regiones del país, posiblemente equivalentes a la facies no-roja de la Formación La Quinta (ver Figura 103).

Mapa de afloramientos de la facies no-roja de la Formación La Quinta

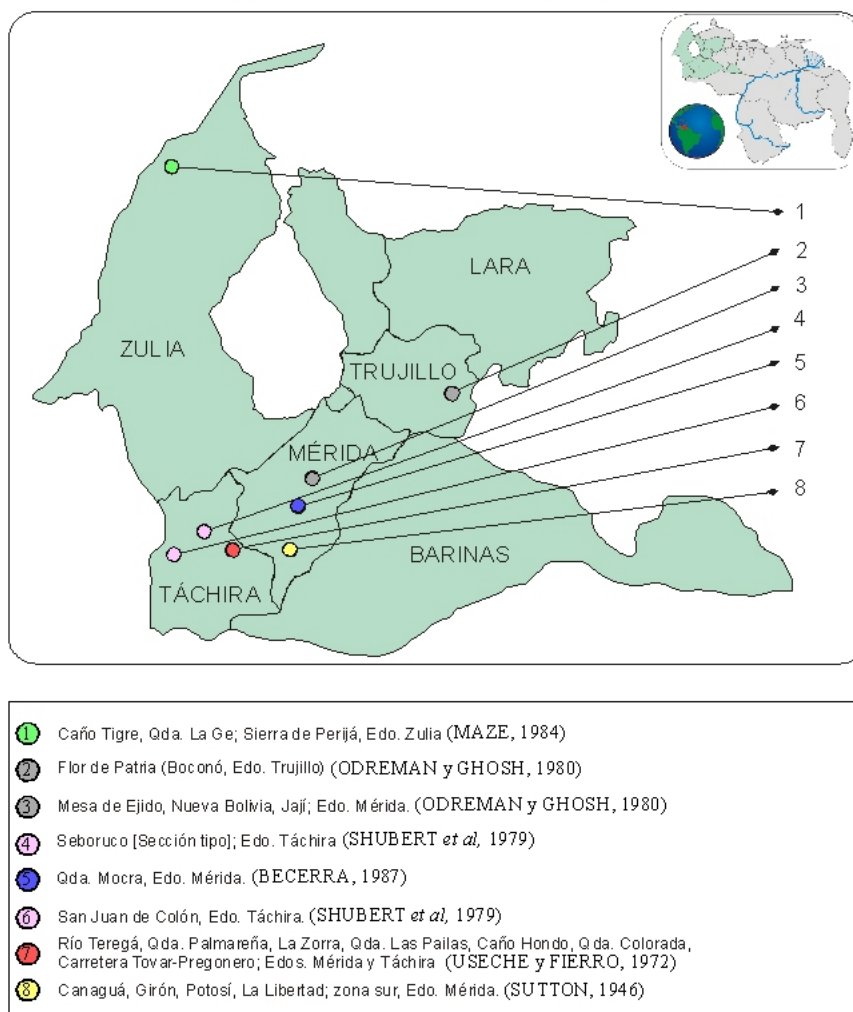


Figura 103: Mapa de afloramientos de la facies no-roja de la Formación La Quinta.

- En la zona de estudio (Andes merideños), diferentes autores han registrado varios eventos termales desde el Jurásico hasta nuestros días, entre estos se tiene el rift suramericano desde el Triásico hasta el Jurásico y las acumulaciones de sedimentos por soterramiento en cuencas “foreland”, como lo fueron: “Foreland 1” (desde el Maestrichtiense hasta el Paleoceno), “Foreland 2” (en el Eoceno) y “Foreland 3” (en el Mioceno y desde el Plioceno hasta el

Reciente, *Molasa 1* y *Molasa 2* respectivamente). En consecuencia, alguno de estos eventos pudo afectar la preservación del kerógeno en la Facies **Gris oscuro** de la Formación La Quinta. Sin embargo, sólomente el evento rift Jurásico, representa un riesgo para la preservación de la materia orgánica, pues la materia orgánica gasificada por las altas temperaturas no tendría columna sedimentaria superior al cual migrar, y por ende, esta materia orgánica se perdería en el “aire”. Cabe mencionar que, inclusive en los márgenes pasivos el aumento del gradiente geotérmico por acumulación de sedimento (en la columna estratigráfica), así como el paso del tiempo por millones de años pudo haber afectado parcialmente la madurez termal del kerógeno (McKENZIE, 1981).

- Según el análisis diagenético obtenido en la descripción petrográfica de las diferentes litofacies (ver capítulo 3.4) las rocas estudiadas en este trabajo presentan un nivel **diagenético tardío**, debido a la presencia de estilolitas, illitización de las arcillas autigénicas y dolomitización tardía en la Facies Gris oscuro.
- Según la caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras (ver capítulo 3.6) la Facies Gris oscuro presenta **illitización**, debido a que la illita representa el 89% (sin arcillas mixtas del tipo illita/esmectita), la clorita representa el 9% y la caolinita apenas representa el 2% del porcentaje total en las arcillas autigénicas.
- Según la reflectancia de vitrinita (ver capítulo 3.8) la Facies Gris oscuro se encuentra dentro del rango de “**preservación y generación del gas seco**” TISSOT *et al* (1978), debido a que los valores de reflectancia de vitrinita se encuentra en el rango de 2.17 a 3.54, representando una ventana de 190° a 240°C de temperaturas máximas de soterramiento (BARKER *et al*, 1994).

La presencia de altos porcentajes de vitrinita en muestras de la Facies **Gris oscuro** sugiere una depositación en un ambiente continental, en el cual, el kerógeno es derivado de plantas de origen terrestre (kerógeno tipo III).

Finalmente, al comparar los valores de *el nivel diagenético* por análisis petrográfico, *la madurez de las arcillas autigénicas* por caracterización mineralógica y *la reflectancia de vitrinita* por petrografía orgánica en la facies **Gris oscuro** de la Formación La Quinta, con los valores de estos mismos análisis en rocas **Cretácicas**, aledañas al área de estudio, se concluyó que estos valores son iguales. Por lo tanto, se infiere que la Facies **Gris oscuro** y las rocas **Cretácicas** aledañas al área de estudio, sufrieron conjuntamente *el último evento termal más fuerte*.

Dado que la madurez termal de “*preservación y generación del gas seco*”, en la Facies **Gris oscuro**, de la Formación La Quinta es igual a la madurez termal de las rocas Cretácicas, aledañas al área de estudio (incluyendo la Formación La Luna), y que la Formación La Luna, preservó su materia orgánica en el Occidente de Venezuela, siendo la principal roca madre del Occidente del país, (GONZALEZ de JUANA *et al*, 1980), es lícito pensar que, las rocas Jurásicas-cretácicas, estudiadas en este trabajo, sufrieron un evento termal propio de la zona de estudio.

- Según La SPC (Sudanese Petroleum Corporation, 2001), la Formación Abu Gabra consiste en *lutitas negras* lacustrinas, depositadas en la cuenca Muglan, en Sudan (África del Norte), esta secuencia lacustrina se depositó durante el Jurásico Tardío–Cretácico Temprano (150-130m.a.), en un episodio de *rift temprano*. No obstante, la Formación Abu Gabra posee un porcentaje de carbono orgánico total de **1,9** valor promedio (entre 0,3 y 4,6 %COT), es decir,

valores *buenos* y *muy buenos* de potencial de hidrocarburos. Aunado a este estudio, la madurez termal de la materia orgánica se encuentra *inmadura* a *tempranamente madura*, considerándose este potencial únicamente para gas seco. Además, la migración de estos hidrocarburos, posiblemente, fue durante el Terciario tardío. Finalmente, al comparar la Formación Abu Gabra con la Facies **Gris oscuro** de la Formación La Quinta, se encuentran características genéticas muy similares, aunque se diferencian notablemente por la madurez termal, puesto que la Formación Abu Gabra no sufrió eventos termales que destruyeran su materia orgánica, ni durante su depositación en rift, ni en procesos posteriores. De esto se puede inducir que, la Facies **Gris oscuro** de la Formación La Quinta no necesariamente sufrió un evento termal que destruyera parte de su materia orgánica durante su depositación Jurásica-cretácica, sino que, estas rocas sufrieron su *último evento termal de mayor temperatura*, en un episodio posterior, posiblemente durante algún evento de acumulación de sedimentos (soterramiento), sobre estas rocas.

- En la Facies **Gris oscuro**, las inyectitas de arena se presentan oblicuas y paralelas a la estratificación de la secuencia. Estas inyectitas, posiblemente, estén asociadas a las estructuras de escape de fluidos (RAUTMAN *et al*, 1977). Las estructuras de escape de fluidos (escape de agua, gas o hidrocarburos), pueden representar la migración de la materia orgánica en un evento post-depositacional.
- Al comparar los valores de los %COT en las rocas (ver capítulo 3.7), con los valores obtenidos de las emisiones gamma, realizadas con el escintilómetro, como lo fueron: el uranio, el torio, el potasio, la suma de estos valores sin agentes externos y la suma de estos valores con agentes externos (U, T, K, TC1 y TC2, respectivamente); se concluyó que, las curvas de radioactividad gamma, no presentan un comportamiento acorde a las variaciones

del %COT en las rocas. Sin embargo, la curva de TC1 y T presentan subidas “relativas” de la radioactividad gamma ante valores altos de %COT, mientras que, la curva de K presenta valores “mas bajos” de radioactividad gamma.

La radioactividad gamma tiene un patrón más acorde a los cambios de litofacies que a las variaciones de los %COT en sí, y recordando que ciertas litologías preservan mejor la materia orgánica, no es de sorprender que, cualquier afinidad de los valores de %COT con las variaciones de la radioactividad gamma no es más que una consecuencia de las variaciones litológicas a lo largo de la secuencia estratigráfica, establecidas por litologías que “preservan” o “no preservan” la materia orgánica.

- Cabe mencionar, que los valores de %COT evaluados en las rocas por análisis químicos (ver capítulo 3.7), pudieron haber sufrido, en un pasado, pérdidas debido a agentes termales que destruyeron la materia orgánica. Por lo tanto, los valores de %COT actuales son el resultado de la materia orgánica que no se destruyó por el evento termal que maduró la Facies **Gris oscuro** (ver capítulo 3.8). Finalmente, se concluye que estos valores de %COT pudieron haber sido “hasta el doble” de los valores que se encuentran en el presente.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- En base al levantamiento geológico a detalle se construyeron 36 columnas detalladas de secciones parciales en la Formación La Quinta a escala 1:200 (ver anexos B). Además, se construyó un mapa geológico de la zona de estudio con precisión cartográfica de 2cm a escala 1:500 (ver anexo A-1).
- Mediante la interpretación del mapa geológico de la zona de estudio se construyeron dos cortes estructurales a escala 1:500 (ver anexos D).
- Fundamentado en la interpretación de los cortes estructurales con respecto a la posición estratigráfica de las columnas detalladas se construyeron tres columnas compuestas a escala 1:200 (ver anexos C). Posteriormente, mediante la integración de las columnas compuestas se generó la columna sintética esquemática a escala 1:2500 (ver figura 101).
- En base al levantamiento geológico a detalle, la descripción petrográfica de secciones finas con conteo modal y la descripción petrográfica de muestras de mano, se definieron 14 Litofacies en la Formación La Quinta. La Litofacies **M**, arcilitas micríticas negras y grises. La Litofacies **C**, micritas arcillosas negras y grises. La Litofacies **SH**, arcilitas grises. La Litofacies **SL1**, limolitas micríticas grises. La Litofacies **SL2**, limolitas grises. La Litofacies **SL3**, arcilitas y limolitas rojas. La Litofacies **SL4**, arcilitas, limolitas y wackas líticas verdes. La Litofacies **SI**, areniscas y wackas líticas y calcáreas grises. La Litofacies **S2**, areniscas y wackas líticas grises. La Litofacies **G1**, paraconglomerados polimícticos calcáreos grises. La Litofacies **G2**, paraconglomerados polimícticos grises. La Litofacies **G3**, areniscas y wackas

líticas y paraconglomerados polimícticos rojos. La Litofacies **D**, dolomías calcáreas grises y la Litofacies **T**, areniscas micríticas y micritas arenosas grises.

- Fundamentado en la interpretación de las litofacies, el análisis paleontológico y la posición estratigráfica de las litofacies en las secciones parciales se definieron cuatro facies en la Formación La Quinta.

La Facies **Roja** representa una gradación de 475 metros aproximadamente de capas macizas a delgadas de areniscas, conglomerados, limolitas y esporádicas arcilitas de colores rojos pálidos. En esta facies las variaciones del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación. La Facies **Roja** fue depositada en un ambiente fluvial de cono aluvial, teniendo un caudal de alta energía.

La Facies **Naranja grisáceo** representa una gradación de 26 metros aproximadamente de capas gruesas a delgadas de areniscas, conglomerados, limolitas y esporádicas arcilitas de colores naranja grisáceo y amarillo grisáceo. En esta facies las variaciones del flujo de energía dominaron los procesos de sedimentación. La Facies **Naranja grisáceo** fue depositada en un ambiente fluvial de corrientes entrelazadas, teniendo un caudal de alta energía.

La Facies **Gris oscuro** representa una intercalación de 185 metros aproximadamente de capas gruesas a delgadas de margas, calizas, limolitas, arcilitas de colores negro grisáceo a gris medio oscuro y ocasionalmente areniscas y conglomerados de colores gris medio. Esta facies fue sedimentada en regímenes tranquilos de suspensión, en ambiente lacustre a ambientes de playas de lagunas fluviales, en el cual, se presentaron episodios de invasiones marinas. Finalmente, la Facies **Gris oscuro** tuvo una circulación muy restringida, la cual permitió la preservación de la materia orgánica.

La Facies **Gris claro** representa una intercalación de 60 metros aproximadamente de capas medias y delgadas de limolitas, areniscas y margas de colores gris medio a gris muy claro.

Las variaciones en los agentes de transporte, los cambios del flujo de energía y las depositaciones en pendientes de deltas dominaron los procesos de sedimentación. Esta facies fue depositada en un ambiente de llanura de marea con invasiones marino someras. Finalmente, la Facies ***Gris claro*** tuvo una circulación poco restringida, en donde, la materia orgánica no fue bien preservada.

La primera infrayace a la segunda y así, sucesivamente. Cabe mencionar, que las rocas Cretácicas se encuentran en contacto de falla con las rocas Jurásicas del área de estudio.

- La descripción diagenética de secciones finas y la caracterización mineralógica de la fracción menor de dos micras en rocas del área de estudio, demuestran una diagénesis tardía para la Formación La Quinta y las Formaciones Colón, La Luna y Apón.
- El análisis geoquímico del porcentaje de carbono orgánico total en las rocas indica que la Facies ***Gris oscuro*** de la Formación La Quinta tiene un potencial generador de hidrocarburos de “muy bueno” a “bueno”.
- La reflectancia de vitrinita en las rocas indica que la Facies ***Gris oscuro*** de la Formación La Quinta, se encuentra termalmente en el rango de la “generación y preservación del gas seco”.
- El análisis paleontológico de macrofósiles y de palinomorfos indican una edad Jurásica Tardía, Titoniense para la Facies ***Gris oscuro*** de la Formación La Quinta.
- En las litofacies definidas, los valores de radioactividad gamma decrecen (de mayor a menor) de la litofacies SH a las litofacies SL1, M, C, S1 y G1 o lo que es lo mismo, SH>SL1>M>C>S1>G1.

- Según el mapa geológico de la zona de estudio, los estratos de la Formación La Quinta poseen una dirección de **N75°E57°N**, aproximadamente. El fallamiento normal posee una dirección de **N50°E55°N**, aproximadamente y las estrías, no se preservan. El fallamiento inverso posee una dirección de **N78°E83°N**, aproximadamente y se preservan las estrías.

En el fallamiento inverso se encontraron dos patrones de estrías. Las primeras cortan a las secundas. El primer patrón de estrías poseen un pitch de 74°, en sentido horario. El segundo patrón de estrías poseen un pitch de 22°, en sentido horario. El primer patrón de estrías corresponde al fallamiento normal del Jurásico, con un componente de desplazamiento sinistral y el segundo corresponde al fallamiento dextral del levantamiento Andino, con un componente de desplazamiento inverso. El fallamiento inverso aprovechó el plano del fallamiento normal para despegar.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Realizar levantamientos geológicos en otras áreas en donde aflore la Facies Gris oscuro de la Formación La Quinta, a fin de poder correlacionarlas y establecer la extensión lateral.
- Realizar estudios palinológicos en el Jurásico superior venezolano, a fin de poder complementar las interpretaciones y modelos sedimentológicos-ambientales que se han propuesto hasta la fecha.
- Debido a la complejidad dinámico-estructural de los Andes de Mérida, se recomienda estudiar, integrar y reconstruir la evolución histórica-termal de la Facies Gris oscuro de la Formación La Quinta, a fin de poder reconocer las edades y las intensidades de cada evento térmico.
- Debido a las características distintivas y muy particulares de la Facies *Gris oscuro* de la Formación La Quinta, con respecto a su Facies Roja, se recomienda asignar el nombre de Formación o Miembro a estas rocas Jurásicas Tardías, negras, calcáreas, lacustres con invasiones marinas y de condiciones reductoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

ARNOLD. H.C. (1961) *The pre-cretaceous Geology of the Venezuelan Andes*. Informe EPC-1807, Cía Shell de Venezuela, Caracas; 2366-2387 pp.

BARKER and PAWLEWICZ (1994) *Calculation of vitrinite reflectance*, American Chemical Society Symposium Series 570, edited by P. K. MUKHOPADHYAY and W. G. DOW, 294pp.

BECERRA H, MARIA y GÓMEZ, MARIELA (1987) *Geología Sedimentaria de una zona entre Jají y Ejido, Edo. Mérida*. (tesis de grado).

BEERBOWER, J.R. (1964) *Origin of cyclothems of the Dunkard group (upper Pennsylvanian-lower Permian) in Pennsylvania, W. Virginia and Ohio*. Geol. Soc America Bull., v.72: 1029-1050pp.

BOCK, W., (1953). *American Triassic Estherids*, Jour. Paleont., 27: 62-76.

BOGGS. S (1992) *Petrology of sedimentary Rock*. Macmillan Publishing Co, New York. 707pp.

COLLINSON, J; THOMPSON, D (1982) *Sedimentary structures*. George allen and Unwin Pubs. LTD; London 149pp.

DUNHAM R. J. (1962) *Classification of carbonate rocks according to depositional texture.*

ENHAM. W.E (Ed) classification of carbonate rocks. AAPG mem., 1:108-121pp.

EBERT D. DENNIS and JAN SRODÓN (1985) *Illite*, Clays and clays minerals conference.
495-538pp.

FOLK, R (1974) *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Austin Texas, 159p.

Friedman, G and Sanders (1979) *Principles of sedimentology*. JOHN. WILEY and SONS,
New York; 792 pp.

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° 6,
251-262pp.

GÓMEZ, G. (1979) *Geología de una zona al N.O de Ejido- la Mesa, Edo. Mérida*. (tesis de
grado).

GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. M. ITURRALDE DE AROZENA, y X. PICARD, (1980).
Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Eds. Foninves, Caracas, 1031 pp.

KÜNDIG, E., (1938). *Las rocas pre-Cretáceas de los Andes centrales de Venezuela, con
algunas observaciones sobre su tectónica*, Bol. Geol. y Min. Caracas, 2(2-4): 21-43.

LAMBIASE, JOSEPH J. (1990) *A model for tectonic control of lacustrine stratigraphic sequences in continental rift basins*; in BARRY J. KATZ, *Lacustrine basin exploration*: AAPG Memoir 50, p.265-276.

LEEDER, M.R. (1994) *Sedimentology process and products*; London; Published by Chapman and Hall 344pp.

LUGO, J y P. MANN (1995) *Jurassic –Eocene Tectonic Evolution of Maracaibo Basin, Venezuela*. AAPG Memoria 62, 699-725 pp.

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS, (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 2da. Edición., *Bol. Geol. Pub. Esp.*, 4, 756 pp.

MOODY- STUART, M., (1966) *High-and low- sinuosity stream deposits, with examples from the Devonian of Spitsbergen*. *Jour Sed. Petrol.* 36: 1102-1116 pp.

MOORE, R. C.; C. G. LALICKER and A. G. FISCHER, (1952). *Invertebrate fossils*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, Toronto and London, 766 pp.

MOUNT, J (1985) *Mixed siliciclastic and carbonate sediment: a propose First ordered textural and compositional classification*. *Sedimentology*, 32; 435-442 pp.

ODREMAN, O. E. y S. GHOSH, (1980). *Estudio paleoambiental-paleontológico de facies de la formación La Quinta, cerca de Mérida*. *Bol. Geol. (Venezuela)*, 14(26): 89-104.

PARNAUD, F., Y. GOU, J.-C. PASCUAL, M. A. CAPELLO, I. TRUSKOWSKI, and H. PASSALACQUA, (1995) *Stratigraphic synthesis of western Venezuela*, in A: J. TANKARD, R. SUAREZ S: and H. J. WELSINK, *Petroleum basins of south America*: AAPG Memoir 62, p.681-698.

PICARD, M. D. (1971) *Classification of fine-grained sedimentary rocks*. Jour. Sed. Petrology 41; 179-195 pp.

PIERCE, G. R.; JR. C. C. JEFFERSON y W. R., (1961). *Fossiliferous Paleozoic localities in Mérida Andes, Venezuela*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., 45(3): 342-375.

POTTER, P.E y PETTIJOHN, F. J. (1977) *Paleocurrents and basin analysis*. Springer Verlag, New York 340-363pp.

PDVSA (1998) "*Leyenda Estratigráfica*". Informe interno.

RAUTMAN, C.A. y R.H. DOTT JR., (1977) *Dish structures formed by fluid scape in Jurassic shallow marine sandstones*. Jour. Sed, Petrol, 47; 101-106 pp.

READING, H.G. (1986) *Sedimentary Environments and Facies*; London; Edited by Black Well Scientific Publications 2° Edition, 615pp.

REINECK, H.E y I.B., SINGH (1980) *Depositional sedimentary enviroment*. Springerverlag, New York, 305-306pp.

REYNOLDS R. C. (1984) *Principles and techniques of quantitative analysis of clay minerals by x-ray diffraction methods*, Clays and clays minerals conference, 36pp.

SÁNCHEZ D. y SANZ H. (1999) *Geología de superficie del área comprendida entre las poblaciones de San Juan de Lagunillas y Jají, Municipio Sucre y Campo Elías Mérida Estado Mérida*. ULA, 148 pp.

SANDOVAL, M. E. (2001) *Diagénesis de areniscas*. Consejo de desarrollo científico y humanístico. UCV, Caracas, 414 pp.

SCHUBERT, C.; R. S. SIFONTES; V. E. PADRÓN; J. R. VÉLEZ, J. R. Y P. A. LOAIZA, (1979). *Formación La Quinta (Jurásico), andes merideños: geología de la sección tipo*. Acta Cient. Venez., 30: 42-55.

SUTTON, F. A., (1946). *Geology of Maracaibo Basin, Venezuela*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.. 30: 1621-1741.

TASCH, P. (1956) *Tree General Principles for a System of Classification of Fossil Conchostracams*. Journal of Paleontology, Vol 30, # 5,. 1248-1257pp.

TISSOT, B. P.; WELTE, D. H. (1978); *Petroleum formation and occurrence. A new approach to oil and gas exploration*. Springer-Verlag, Berlin. 538pp.

USECHE. A. Y I. FIERRO, (1972). *Geología de la región de Pregonero, estados Táchira y Mérida*. Bol. Geol. (Venezuela), Pub. Esp. 5, 2: 963-998.

VAN HOUTEN, F. (1972) *Origin of red beds: A review- 1961 – 1972* Annual review of Earth and Planetary Sci., 1: 39-60

WALKER R.G. (1984) *Facies Models*. 2° Ed. Geological Association of Canada Geoscience, Canada, Reprint Series 1; 317pp.

ZAPATA, E. (1983) *Manual de petrografía y diagénesis de rocas carbonáticas*. GEOS, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 3-140pp.

Apéndice A

m m	μ	ϕ	Nomenclatura		Litotipos	
256		-8	Bloque		Conglomerado o Brecha	
64		-6	Guijarro			
4		-2	Guijón			
2		-1	Gránulo		Microconglomerado	
1,41		-0,5	Arena	muy gruesa	stp br	Arenisca
1		1		gruesa	stp br	
0,71		0,5			media	
1/2	500	1		fina		
1/4	250	2			muy fina	
	350	1,5				
	177	2,5				
1/8	125	3			stp br	
	88	3,5		stp br		
1/16	63	4	Limo		Limolita	
1/64	16	6	Arcilla		Arcilita	

Apéndice A: Clasificación de rocas según el tamaño de grano, ATTERBERG (1904) y

WENTWORTH (1922).

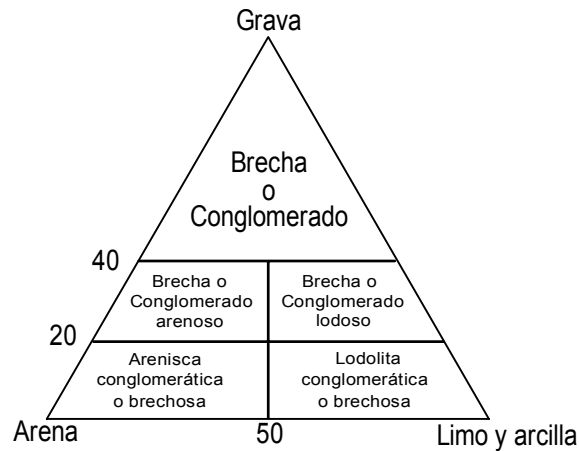
Apéndice B

Espesor de capas

Muy delgada	< 3 cm
Delgada	3 – 10 cm
Media	10 – 30 cm
Gruesa	30 – 100 cm
Muy gruesa	100 – 300 cm
Macizo	> 300 cm
Variable (... - ... cm)	espesor mínimo – espesor máximo en cm

Apéndice B: Espesores de las capas, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice C



Apéndice C: Clasificación de conglomerados y brechas según el porcentaje de matriz,

LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice D

Clasificación Textural de Carbonatos

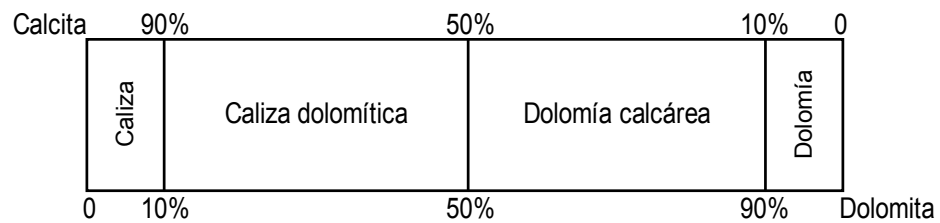
Textura depositacional reconocible					Textura depositacional no reconocible (diagenético)			
Componentes originales unidos durante la depositación	Componentes originales no unidos durante la depositación				Recristalizada			
	No presenta lodo y soportados por granos	Presenta lodo					Cristales < 63 μ > 63 μ	
		Soportados por granos	Soportados por lodo					
			>10% granos	<10% granos	< 63 μ	> 63 μ		
Boundstone	Grainstone	Packstone	Wackestone	Mudstone	Cristalina	Sacaroidea		
	G	P	W	M	C	S		

Lodo: partículas < 20 μ

Grano: partículas > 20 μ

Apéndice D: Clasificación textural de carbonatos, DUNHAM (1962).

Apéndice E



Apéndice E: Clasificación de calizas y dolomías según el porcentaje de calcita y dolomita,

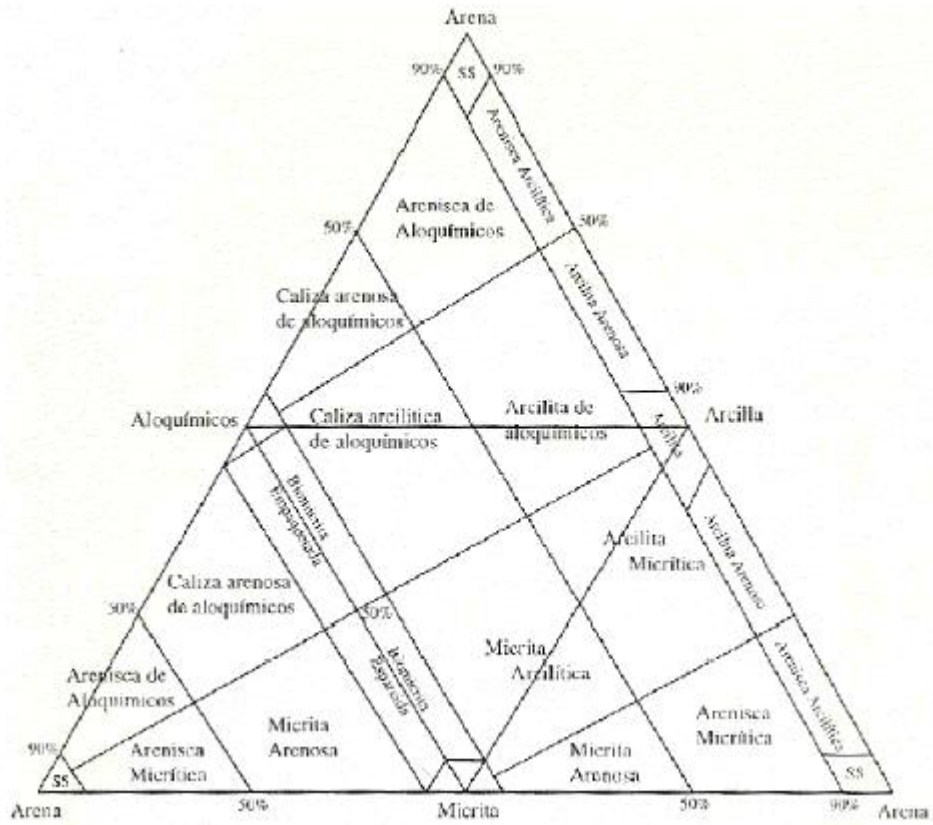
LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice F

				Calizas, Calizas parcialmente dolomitizadas, y Dolomías primarias			Dolomías de sustitución			
				>10% aloquímicas Rocas aloquímicas		<10% aloquímicas Rocas microcristalinas				
				Cemento espartico > Matriz micrítica	Matriz micrítica > Cemento espartico	1% - 10% aloquímicos		< 1% aloquímicos	Rocas de bihermos no recristalizadas	Con fantasmas de aloquímicos
				Rocas aloquímicas esparticas	Rocas aloquímicas microcristalinas					
< 25% Intraclastos	> 25% Oolitos			Intraesparudita Intraesparita	Intramicrorudita Intramicrita	Según el aloquímico más abundante		Micrita con intraclastos	Según el aloquímico visible	
	> 25% Oolitos			Ooesparudita Ooesparita	Oomicrorudita Oomicrita			Micrita con oolitos		
	Relación de volúmenes de Fósiles a Pelets > 3:1			Bioesparudita Bioesparita	Biomicrorudita Biomicrita			Micrita con fósiles		
	3:1 - 1:3			Biopesparita	Biopelmicrita			Micrita con pelets		
	< 1:3			Pelesparita	Pelmicrita			Micrita con oncolitos		
	Relación de volúmenes de Fósiles a Oncolitos 1:2			Ooesparudita Ooesparita	Oomicrorudita Oomicrita					
				Según el aloquímico más abundante		Micrita, parcialmente recristalizada: Dismicrita, si es una dolomía primaria: Dolomicrita	Biolita		Rocas de bihermos no recristalizadas	
						Según el aloquímico visible		Dolomía intracristalina finamente cri.	Ejemplos: Dolomía mediana a te cristalina Dolomía finamente cristalina	
						Según el aloquímico visible		Dolomía oolítica grosamente cri.		
						Según el aloquímico visible		Dolomía biogénica atenuocristalina		
						Según el aloquímico visible		Dolomía peletífera muy finamente cristalina		

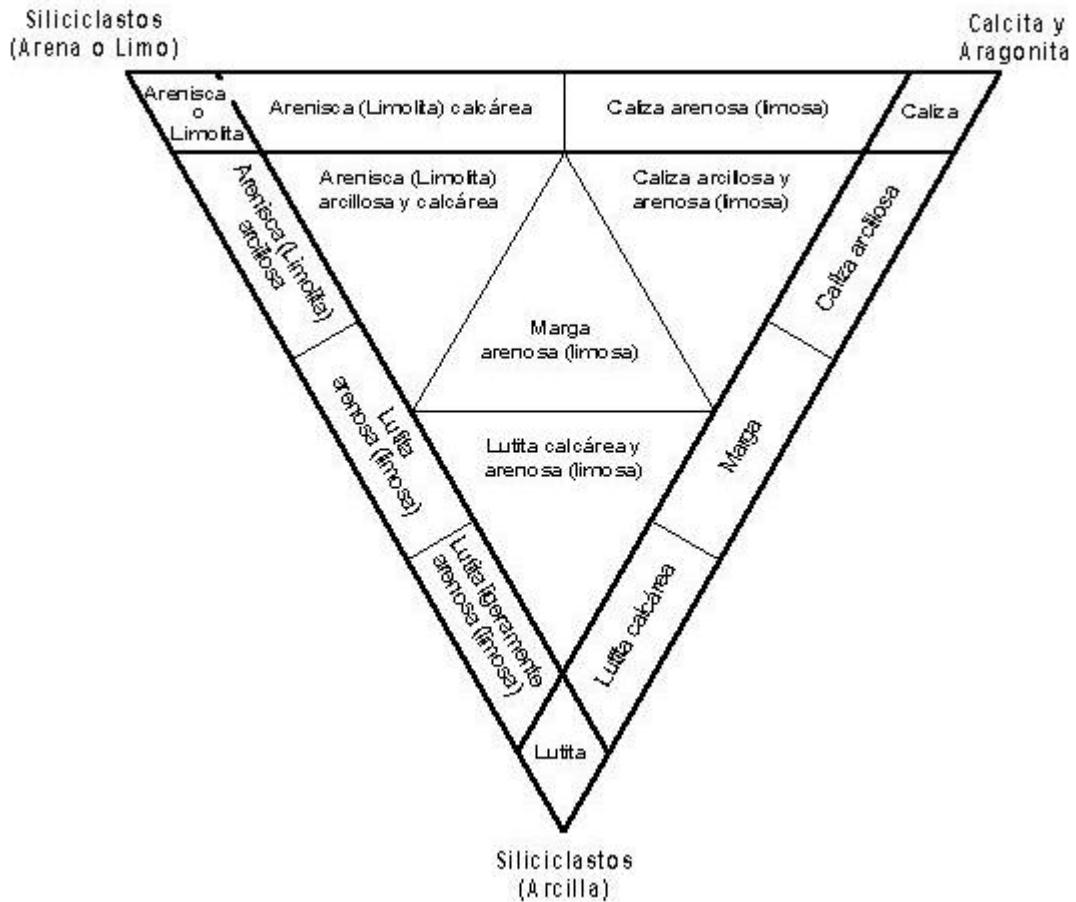
Apéndice F: Clasificación textural de carbonatos, FOLK (1959).

Apéndice G



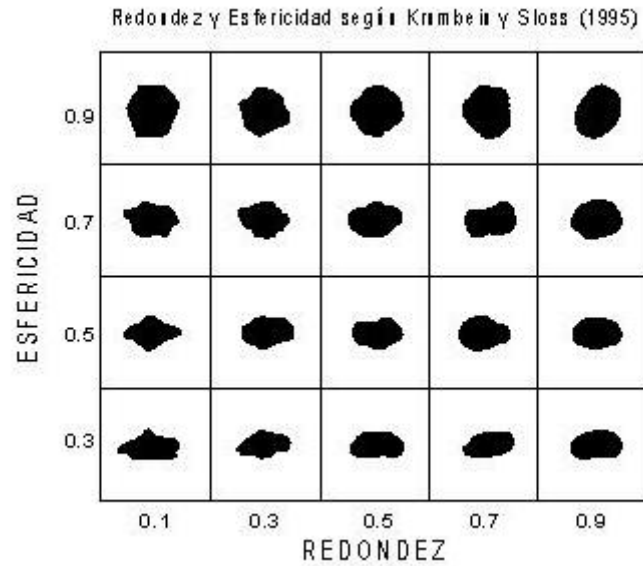
Apéndice G: Clasificación de rocas carbonáticas de mezcla, MOUNT (1985).

Apéndice H



Apéndice H: Clasificación de rocas intermedias siliciclásticas-carbonáticas, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).

Apéndice I



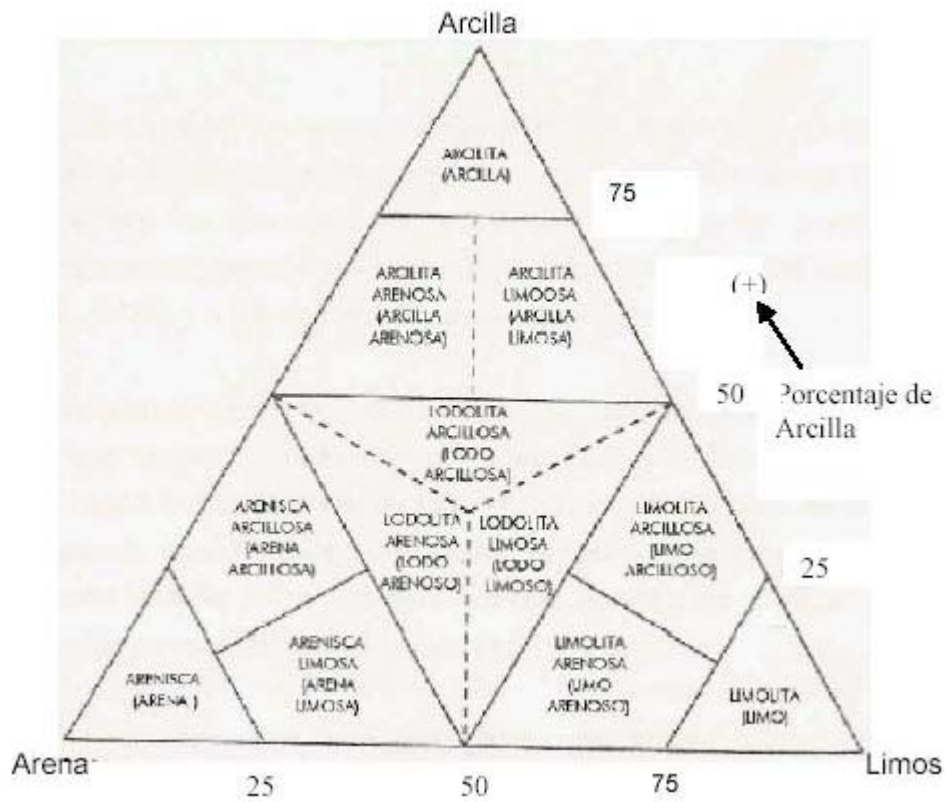
Apéndice I: Redondez y esfericidad, KRUMBEIN y SLOSS (1995).

Apéndice J



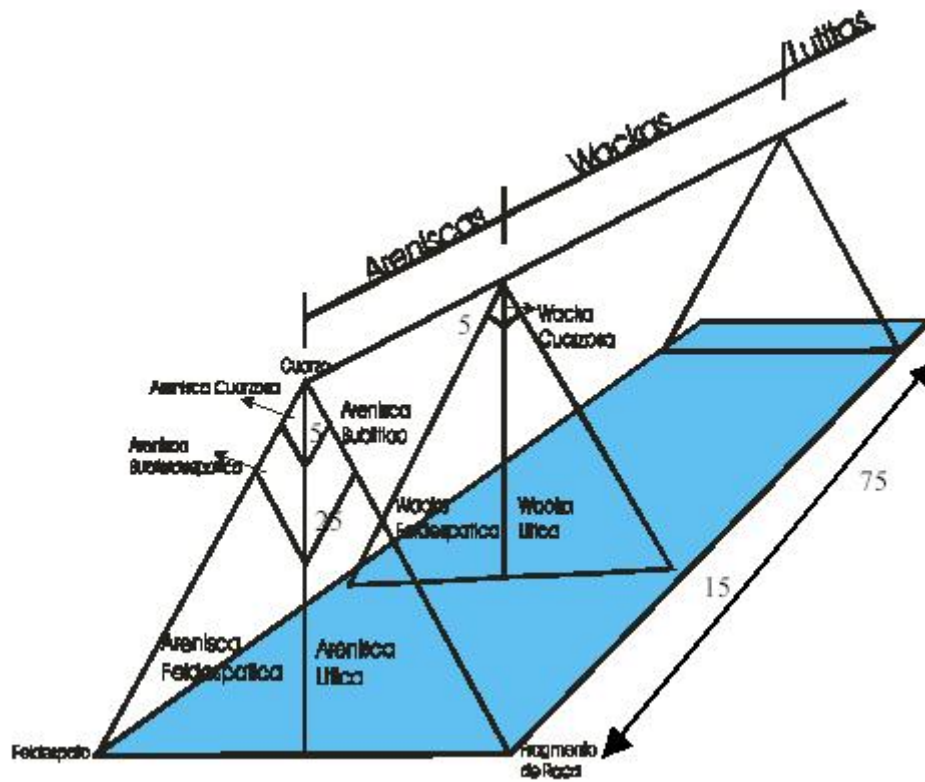
Apéndice J: Redondez y esfericidad, POWERS (1953).

Apéndice K






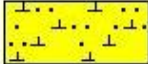

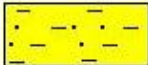





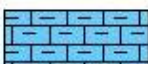


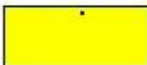
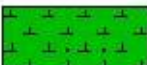




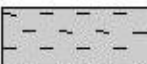



Apéndice K: Clasificación de las rocas de granos finos y sedimentos, PICARD (1971).

Apéndice L



Apéndice L: Clasificación composicional de las areniscas, PETTIJOHN et al (1972).

Apéndice M

	Caliza		Arenisca calcárea Limolita calcárea
	Caliza dolomítica		Arenisca calcárea y arcillosa Limolita calcárea y arcillosa
	Dolomía calcárea		Arenisca arcillosa Limolita arcillosa
	Dolomía		Caliza arenosa Caliza limosa
	Brecha		Caliza arenosa y arcillosa Caliza limosa y arcillosa
	Conglomerado		Caliza arcillosa
	Arenisca		Marga
	Limolita		Marga arenosa Marga limosa
	Arenisca arcillosa Limolita arcillosa		Lutita arenosa Lutita limosa
	Lutita arenosa Lutita limosa		Lutita ligeramente arenosa Lutita ligeramente limosa
	Lutita ligeramente arenosa Lutita ligeramente limosa		Lutita calcárea y arenosa Lutita calcárea y limosa
	Lutita		Lutita calcárea

Apéndice M: Simbología de las rocas sedimentarias, LEYENDA ESTRATIGRÁFICA DE

PDVSA (1998).

Apéndice N

	Masivo (homogéneo)		Rizaduras asimétricas
	Laminación paralela		Rizaduras simétricas
	Laminación cruzada		Lentes
	Laminación ondulada		Flaser
	Laminación incipiente (pobremente laminada)		Lentes y Flaser
	Gradación normal		Estratificación cruzada planar (tabular)
	Gradación inversa		Estratificación cruzada festoneada ("trough")
	Componentes imbricados		Estratificación cruzada de ángulo bajo
	Marcas de carga		Algas policelulares
	Laminación convoluta ("convolute bedding")		Briozoos
	Estructura de inyección (diques o filones de arena)		Ostrácodos
	Estructura de deslizamiento ("slumped, contorted bedding")		Restos de plantas

Apéndice N: Simbología de estructuras sedimentarias y fósiles, LEYENDA

ESTRATIGRÁFICA DE PDVSA (1998).