

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS ARENISCAS DEL CICLO
TERCIARIO INFERIOR EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por la Br. Oberto Andreina

Caracas, septiembre 2021

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS ARENISCAS DEL CICLO
TERCIARIO INFERIOR EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA**

TUTOR: Prof. Lenin González

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por la Br. Oberto Andreina

Caracas, septiembre 2021

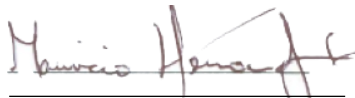
Caracas, Septiembre de 2021

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Oberto Andreína, titulado:


ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS ARENISCAS DEL CICLO TERCIARIO INFERIOR EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran **APROBADO**.



Prof. Mauricio Hernández

Jurado



Profa. Laura Torres

Jurado



Prof. Lenin González

Jurado

Oberto V. Andreina

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LAS ARENISCAS DEL CICLO TERCIARIO
INFERIOR EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA**

Tutor: Prof. Lenin González. Tesis. Caracas U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2021.

Palabras claves: Formación Misoa, Mirador, Paují, Trujillo, Matatere, Grupo Orocué, clasificación de areniscas, análisis de procedencia, diagénesis.

Resumen: Durante el terciario inferior en el occidente de Venezuela, el aporte de sedimentos hacia el surco de Barquisimeto y la cuenca de Maracaibo, dio lugar a las formaciones Trujillo, Misoa, Paují, Grupo Orocué, Mirador y Matatere. Mediante un análisis de láminas delgadas utilizando microscopio convencional petrográfico, se interpretan y caracterizan las diferencias litológicas y factores diagenéticos por formación relacionándolos con la tectonoestratigrafía de dicho ciclo.

Fueron analizadas un total de 40 secciones finas; treinta y siete (37) muestras de superficie y tres (3) muestras de pozos. Clasificándose según Pettijohn, Potter & Siever (1972) y estableciéndose la naturaleza del área fuente utilizando la técnica de análisis modal propuesta por Dickinson y Suczek (1979); efectuando no menos de 300 conteos para caracterizar cada muestra.

De los análisis de diagramas ternarios, el mayor porcentaje se asocia a areniscas limpias del tipo subarcosa. Por otro lado, se sugiere que las zonas localizadas más al noreste, se les atribuye una procedencia de bloques continentales; mientras que la procedencia de un orógeno reciclado indica un porcentaje ligeramente mayor para las zonas al suroeste.

Los factores diagenéticos varían a lo largo de toda la zona de SW a NE, indicando que las formaciones oscilan entre una etapa diagenética de temprana a intermedia.

*A mi bella familia
Padres, hermano
padrinos, primos
por ser tan especiales
Por siempre estar presentes.*

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a mis padres Pablo Oberto, Judith Veloz y a mi hermano Andres Oberto por ser mi más grande apoyo durante este largo recorrido. Por haberme tenido tanta paciencia, comprensión; por preocuparse y atenderme de una manera inigualable cada vez que necesitaba una dosis extrema de apoyo moral para seguir adelante. Gracias infinitas por todas las acciones que tuvieron conmigo; desde llevarme café después de horas sin dormir hasta cederme sus computadoras día y noche para poder culminar mi trabajo.

A todos mis amigos y compañeros que hicieron que los años en la universidad fueran divertidos y que de alguna u otra manera me ayudaron o dejaron una huella en mi sin saberlo. Pero en especial, quiero agradecerle a mi querida amiga Bianca Sulbarán y David Solórzano, los mejores amigos que la UCV me pudo dar, ya que estuvieron a mi lado no solo en los buenos momentos de nuestra carrera, sino que fueron un increíble apoyo emocional en los días difíciles cuando más lo necesitaba. También quiero agradecerle a mi amigo Tomás González, el mejor compañero de campo con el que más me divertí y trabajé en ese largo viaje.

A mi tutor Lenin González por ser más que un excelente profesor y ser un amigo y como un padre para mí. El profesor más divertido con el que tuve la dicha de compartir varios momentos dentro y fuera del salón de clases. Gracias por darme la oportunidad y confianza para ser su preparadora y sobre todo gracias por tenerme tanta paciencia en mis momentos de estrés. También al profesor Ricardo Alezones, por ser siempre un padre y estar dispuesto a ayudar en cualquier momento sin importar que tan tonta pequeña sea la duda. Un profesor brillante, con un sentido del humor único del que vale la pena aprender. Mis profesores favoritos y los mejores del Departamento de Geología.

Y finalmente pero no menos importante, a Dios por darme la fuerza y permitirme llegar hasta este punto.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
Ubicación del Área de Estudio	2
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Alcance de la investigación	3
1.4. Planteamiento del problema	4
1.5. Trabajos Previos	4
1.5.1. Antecedentes vinculados al área de estudio	4
1.5.2. Antecedentes vinculados a la metodología.....	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Generalidades	7
2.2. Elementos texturales de las rocas sedimentarias	8
2.3. Diagénesis.....	9
2.4. Análisis petrográfico.....	9
2.5. Clasificación de las areniscas según Pettjohn, Potter y Siever (1987)	10
2.6. Análisis de procedencia según Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson <i>et al.</i> (1983).	11
3. METODOLOGÍA.....	14
3.1. ETAPA I. Recopilación de información bibliográfica	14
3.2. ETAPA II. Etapa de oficina.....	14
3.3. ETAPA III. Integración y discusión de resultados	15
4. MARCO GEOLÓGICO	17
4.1. Generalidades	17
4.2. Evolución Geodinámica de la Cuenca de Maracaibo	17

4.3. Estratigrafía Regional	27
4.4. Tectonoestratigrafía de las Napas de Lara.....	33
4.5. Estratigrafía del Surco de Barquisimeto	37
5. GEOLOGÍA LOCAL	39
5.1. Generalidades	39
5.2. Grupo Orocué (fms. Barco y Los Cuervos).....	40
6. ANÁLISIS PETROGRÁFICO.....	63
6.1. Generalidades	63
6.2. Componentes principales.....	63
6.2.1. Granos.....	63
6.2.2. Cemento.....	70
6.2.3. Matriz	71
6.2.4. Porosidad	72
6.3. Clasificación y Distribución Litológica.....	74
7. PROCESOS DIAGENÉTICOS.....	80
7.1. Generalidades	80
7.2. Compactación	80
7.3. Cementación	81
7.4. Alteración	82
7.5. Presión-Solución.....	84
7.6. Comparación entre Zonas.....	91
8. PROCEDENCIA Y AMBIENTE TECTÓNICO.....	93
8.1. Generalidades	93
8.2. Resultados de Procedencia	96

8.3. Relación de los Efectos Diagenéticos y Evolución Tectonoestratigráfica	113
9. SUMARIO Y CONCLUSIONES	117
10. RECOMENDACIONES	122
11. BIBLIOGRAFIA	123
APÉNDICE A	129
APÉNDICE B.....	132
ATLAS PETROGRÁFICO DE LAS ARENISCAS DEL Terciario INFERIOR (FORMACIONES TRUJILLO, MIRADOR, MISOA, PAUJÍ, MATATERE, GRUPO OROCUÉ).....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados que representa el área de estudios. Recuadros enumerados indican zonas de toma de muestras.	2
Figura 2. Ciclo sedimentario. Tomado y modificado de González (2018)	7
Figura 3. Diagramas de clasificación de areniscas (tomado y modificado de Baamonde 2007).	11
Figura 4. Campos composicionales diagnósticos de los distintos tipos de procedencia de areniscas en diagramas triangulares QtFL (cuarzo total-Feldespatos-Fragmentos líticos y QmFLt (cuarzo monocristalino Feldespatos-Total de fragmentos líticos). Modificado de Dickinson et al. (1983). Imagen tomada y modificada de Arche (2010).	12
Figura 5. Distribución media de las modas detríticas arenosas actuales, según los tipos de procedencia, en distintos diagramas triangulares composicionales. Modificado de Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson (1983). Imagen tomada de Arche (2010)	13
Figura 6. Resumen de las etapas metodológicas del trabajo	16
Figura 7. Sedimentación y esquema paleogeográfico durante el Cretácico Temprano, tomado de Yoris & Ostos (1997).....	18
Figura 8. Paleogeografía del periodo Coniaciense – Paleoceno Medio, tomado de Mann <i>et al.</i> , (2006) en Discepola (2018).	19
Figura 9. Paleogeografía del Paleoceno Medio- Eoceno temprano, tomado de Yoris & Ostos (1997).	20
Figura 10. Paleogeografía del Periodo Eoceno Temprano - Medio, tomado y modificado de Mann <i>et al.</i> , (2006) en Discepola (2018).....	21

Figura 11. Paleogeografía del periodo Eoceno Medio - Oligoceno, tomado y modificado de Mann <i>et al.</i> , (2006) en Discepolo (2018).....	22
Figura 12. Paleogeografía del periodo Oligoceno - Mioceno Medio, tomado y modificado de Mann <i>et al.</i> , (2006) en Discepolo (2018).....	23
Figura 13. Paleogeografía del periodo Mioceno Medio - Plioceno Temprano, tomado y modificado del Mann <i>et al.</i> , (2006) en Discepolo (2018).....	24
Figura 14. Cortes esquemáticos que muestran el emplazamiento progresivo del sistema imbricado de napas de Lara. Tomado de Baquero <i>et al.</i> , (2009) en Gómez (2012).....	34
Figura. 15. Límites esquemáticos del Surco de Barquisimeto durante el Paleoceno-Eoceno Inferior. Tomado y modificado de Renz <i>et al.</i> , (1955).....	35
Figura 16. Sección reconstruida para el Oligoceno, Tomado de Baquero <i>et al.</i> , (2009) en Gómez (2012).....	36
Figura 17. Situación Pleistocena al presente, se muestra la cuenca de Falcón “invertida” en conjunto con el levantamiento andino incipiente. Tomado y modificado de Baquero (2009) en Gómez (2012).....	37
Figura 18. A la izquierda muestra Cat-066, obj. 10x de la zona 2. A la derecha muestra Z-Mch-tk-023, obj. 10x, zona 3; ambas en el estado Zulia. Donde se puede apreciar el buen escogimiento de los granos. Imágenes con nícoles cruzados	42
Figura 19. A la izquierda muestra Z-Mch-tk-032, obj. 10x de la zona 2 edo. Zulia. A la derecha muestra del edo. Táchira zona 1, R-270, obj. 10x en donde se aprecia la separación entre granos a raíz del cemento de minerales de arcilla. Imágenes en nícoles cruzados.....	43
Figura 20. Columna estratigráfica y mapa que indica la pertenencia a la zona 1 correspondiente al estado Táchira, tomado y modificado de Mora (1980).....	44

Figura 21. Mapa de ubicación de muestras correspondiente al estado Táchira, zona 1. Tomado y modificado de Mora (1980).....	45
Figura 22. A la izquierda muestra Z-Mch-TK-025 encerrando cemento de óxido de hierro y a la derecha muestra Z-Mch-TK-022 A, indicando con flechas verdes fragmentos de roca sedimentaria y en flecha morada roca volcánica. Ambas con objetivo de 10x de la zona 3, edo. Zulia.....	46
Figura 23. Muestra Cat-076 en nícoles cruzados con obj. 10x a la izquierda y obj. 4x a la derecha. Nótese la matriz señalada con las flechas rojas y el redondeamiento de granos dentro de los círculos verdes.....	47
Figura 24. A la izquierda muestra Cat-035, zona 2 indicando granos redondeados. A la derecha muestra 10127'00", zona 3 indicando grano de microclino. Ambas muestras del edo. Zulia con obj. 10x.....	48
Figura 25. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras de la zona de estudio correspondiente al suroeste del edo. Zulia, zona 2. Tomado y modificado de Lagazzi (1980).	49
Figura 26. Muestra R-230, zona 1 edo. Táchira, a la izquierda foto con obj. 4x y a la derecha foto con obj. 10x. Flecha indicando contacto suturado. Nícoles paralelos.	50
Figura 27. Muestra de pozo 10064'11", en nícoles paralelos (izq.) y nícoles cruzados (derecha) obj. 10x. Flecha indica cemento de óxido de hierro. Zona 3, edo. Zulia.	51
Figura 28. Muestra Ve-258-79 con objetivo de 10x. en nícolez cruzados. Flechas indican granos dúctiles (en amarillo) y cemento carbonático (en rojo).	52
Figura 29. A la izquierda muestra Ve-277-79, con matriz de min. de arcilla ilitizándose. A la derecha granos de la muestra Ve-211-79 sobre matriz de min. De arcilla y contenido de óxidos. Ambas fotos con obj 40x.	53

Figura 30. A la izquierda muestra Ve-276-79, obj. 10x indicando sobrecrecimiento de sílice (flechas rojas). A la derecha muestra Zi-152-79, obj. 10x, indicando cemento carbonático (flechas amarillas). Nótese la organización de la muestra de la derecha, que parece tener una ligera tendencia.....	54
Figura 31. A la izquierda muestra Zi-155-79, obj. 10x y a la derecha misma muestra con obj. 40x. Nótese la abundancia de cemento carbonático y los granos redondeados.	54
Figura 32. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras para el área del.....	55
Venado, zona 4, al noreste del edo. Zulia. Tomado y modificado de Pitelli (1980).....	55
Figura 33. A la izquierda muestra Zi-141-79 con obj. 4x. A la derecha muestra Ve-366-79 con obj. 10x. Nótese en ambas muestras la matriz micrítica transformada a cemento carbonático, el aspecto flotante y fragmentos fósiles indicado con la flecha.....	56
Figura 34. A la izquierda muestra Zi-138b-79, donde se evidencia sobrecrecimiento de sílice (flecha roja) y grano de biotita (flecha amarilla). A la derecha muestra Zi-132-79, con presencia de cemento carbonático (flecha naranja) y pequeños granos de plagioclasas (flecha morada). Ambas fotos con obj. 10x.....	57
Figura 35. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras para el área de Sipayare, zona 4 edo. Zulia. Tomado y modificado de Pitelli (1980).....	58
Figura 36. A la izquierda muestra L79-632-A obj. 4x y a la derecha muestra L79-628L obj. 10x. Nótese foraminífero bentónico (flecha amarilla) y el cemento carbonático (flecha roja).	60
Figura 37. A la izquierda muestra L79-666C, nótese sobrecrecimiento de sílice. A la derecha muestra L79-693A, se aprecia diferencia en el tamaño de grano y una cierta alineación reflejada por el paralelismo de los contactos longitudinales entre ellos; ambas fotos con obj. 10x.	60

Figura 38. Muestra L79-660A, con obj. 10x. Nótese los espacios con matriz micrítica y zonas que comienzan a ser remplazadas por el cemento carbonático indicado con flecha.	61
Figura 39. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras de la zona correspondiente al edo. Lara.....	62
Tomado y modificado de Valdés (180)	62
Figura 40. Cuarzo monocristalino con inclusión de posible circón. Muestra Cat-112, Formación Mirador. Obj. (10x)	64
Figura 41. A la izquierda feldespatos tipo ortosa subangular y extinción ondulatoria (muestra Zi-155-79). A la derecha microclino alargado con bordes subredondeados (muestra Ve-277-79). Formación Misoa, Obj (20x).....	65
Figura 42. A la izquierda plagioclasas tipo albita con bordes redondeados (Muestra Zi-155-79). A la derecha obsérvese la alteración de sericita (Muestra Zi-111-79). Formación Misoa. Obj (20x).	65
Figura 43. Feldespatos alterados a caolinita. Muestra Ve-195-79, Formación Misoa. Obj. (20x)	66
Figura 44. A la izquierda fragmento de arenisca cuarzosa Formación Mirador (muestra Cat-022). A la derecha fragmento de roca metamórfica, esquistos cuarzo micáceo Formación Misoa (muestra Ve-276-79). Obj. (20x).....	67
Figura 45. A la izquierda chert redondeado y posible roca volcánica, muestra Ve-366-79 de la Formación Paují, obj. (20x). A la derecha fragmento fósil (foraminífero bentónico), muestra Ve-276-79 de la Formación Misoa, obj. (10x).	67
Figura 46. Fragmentos de roca metamórficas; a la izquierda fragmento de cuarcita y a la derecha fragmento de esquistos cuarzo biotítico de la Formación Paují. Muestra Zi-138b-79, obj (40x).	68

Figura 47. Grano de moscovita Formación Mirador; nótese a su lado el grano de cuarzo monocristalino. Muestra Cat-022, obj (20x).	68
Figura 48. Grano de turmalina Formación Los Cuervos (Grupo Orocué). Muestra Cat-066, obj (10x).	69
Figura 49. Grano de Zircón Formación Barco. Muestra Cat-076, obj (40x).....	69
Figura 50. Grano de moscovita alterada a clorita Formación Paují. Muestra Zi-138b-79, obj (40x).	69
Figura 51. Cemento de caolinita que crece hacia el espacio poroso. Muestra Ve-276-79, Formación Misoa. Obj (20x).	70
Figura 52. Cemento carbonático de la Formación Paují. Hacia el extremo inferior (flecha roja) se presenta como precipitado. Muestra Ve-366-79, obj (20x).....	70
Figura 53. Cemento de sílice como sobrecrecimiento de grano; el borde original del grano se encuentra bordeado por corrosión por efectos de meteorización. Muestra Cat-112 (izquierda) y R-230 (derecha). Formación Mirador, obj (10x).	71
Figura 54. Matriz de minerales de arcilla en la muestra R-270, obj. (20x). Formación Barco (Grupo Orocué).....	71
Fig. 55. Matriz limo-arcillosa en la muestra Ve-277-79, obj. (10x). Formación Misoa.	72
Figura 56. Porosidad interpartícula en la muestra Ve-195-79, obj. (10x). Formación Misoa.	72
Figura 57. Porosidad móldica en la muestra Ve-366-79, obj (20x). Formación Paují.....	73
Figura 58. Porosidad secundaria tipo fractura entre los granos de cuarzo de la Formación Matatere. Muestra L79-632 A, obj (10x).	73

Figura 59. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del primer grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.....	74
Figura 60. Distribución de los tipos de areniscas del Grupo Orocué, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987).	75
Figura 61. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Mirador, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987).	75
Figura 62. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del segundo grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.	76
Figura 63. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Misoa, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)	76
Figura 64. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Paují, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)	77
Figura 65. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Trujillo, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)	77
Figura 66. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del segundo grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.	78
Figura 67. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Matatere, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)	78
Figura 68. A la izquierda muestra L79-693 A, mostrando contacto y alineación preferencial entre granos. A la derecha muestra L79-666C, que evidencia fuerte empaquetamiento. Ambas fotos con obj. 10x, Formación Matatere.	80

- Figura 69. A la izquierda moscovita deformada de la Formación Misoa, muestra Zi-118-79 con obj. 40x. A la derecha muestra L79-630 A, Formación Matatere con obj. 10x, con evidencia de contactos suturados y fracturas en los granos de cuarzo. 81
- Figura 70. A la izquierda cementación de minerales de arcilla bordeando granos y rellenando espacios porosos en la muestra Zi-111-79, Formación Misoa. A la derecha cementación carbonática de la Formación Paují, muestra Ve-366-79; ambas con obj. 40x. 82
- Figura 71. Cemento de minerales de hierro (flecha roja) y cemento de sílice (flecha amarilla) en la muestra L79-632 A, Formación Matatere con obj. 10x..... 82
- Figura 72. A la izquierda muestra Ve-276-79 con nicoles paralelos, a la derecha misma imagen con nicoles cruzados, obj 40x. Nótese el feldespatos alterado señalado con la flecha y la mica ubicada al extremo izquierdo de la imagen señalada con flecha amarilla. 83
- Figura 73. A la izquierda moscovita alterando a illita y caolinita, muestra Cat-112 Formación Mirador. A la derecha biotita alterando a clorita (flecha amarilla) y biotita con alteración tipo illita/ esmectita (flecha roja), muestra Zi-138b-79 Formación Paují. Fotos con obj. 40x..... 83
- Figura 74. Límites de los granos difícil de diferenciar por efectos de presión- solución. A la izquierda muestra L79-693 A, obj. 10x. A la derecha muestra Zi-152-79 con obj. 40x..... 84
- Figura 75. Diagramas de procedencia de areniscas con sus respectivas divisiones y subdivisiones. Tomado de Dickinson & Suczek (1979) y Dickinson *et al.* (1983) 93
- Figura 76. Ubicación de los diferentes ambientes tectónicos a partir del diagrama QFL de Dickinson (1986). Tomado y modificado de Fichter y Poché (1993) en Alarcón (2008). Las flechas discontinuas indican incremento de madurez. 96
- Figura 77. Diagramas ternarios de procedencia Q-F-L y Qm-F-Lt para todas las muestras. 97
- Figura 78. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 2 y 3..... 98

Figura 79. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 4 y 4.1.	99
Figura 80. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 5.	100
Figura 81. Distribución de la procedencia de todas las muestras según diagrama Q-F-L.	101
Figura 82. Distribución de la procedencia de todas las muestras según diagrama Qm-F-Lt.	101
Figura 83. Ubicación de todas las muestras para los diferentes ambientes tectónicos a partir del diagrama QFL.	102
Figura 84. Mapa esquemático donde se muestra la evolución desde el Barremiense hasta el Eoceno de las zonas positivas que sirvieron de aporte de sedimentos. Tomado de González de Juana <i>et al.</i> (1980) y Yoris <i>et al.</i> (1997) en Martínez & Valletta (2008).	111
Figura 85. Síntesis esquemática de las zonas positivas que posiblemente actuaron como fuente de sedimentos en el Surco de Barquisimeto y Cuenca de Maracaibo para el Paleoceno-Eoceno Medio (delimitada en líneas rojas). Flechas indican dirección de aporte.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras pertenecientes a la zona 1, 2 y 3.	39
Tabla 2. Muestras pertenecientes a la zona 4	40
Tabla 3. Muestras pertenecientes a la zona 5	40
Tabla 4. Muestras del Grupo Orocué a la Formación Mirador con sus factores diagenéticos en orden estratigráfico del Paleoceno Medio- Eoceno Medio.....	85
Tabla 4.1 Mismas muestras de la tabla anterior con representación porcentual de su composición.....	86
Tabla 5. Muestras de las formaciones Tujillo, Misoa y Paují con sus factores diagenéticos en orden estratigráfico del Eoceno Inferior al Eoceno Medio-Superior.....	87
Tabla 5.1. Muestras de la tabla anterior con representación porcentual de su composición	88
Tabla 6. Muestras de la Formación Matatere con sus factores diagenéticos en orden estratigráfico del Eoceno inferior al Eoceno Medio	89
Tabla 6.1 Muestras de la tabla anterior con representación porcentual de su composición.	90
Tabla 7. Zonas y Subzonas de procedencia. Tomado de Millán (1998) en Alarcón (2008)	94
Tabla 8. Resultado de proveniencia de las zonas 2 y 3	97
Tabla 9. Resultado de proveniencia de la zonas 4.....	98
Tabla 10. Resultado de proveniencia de las zonas 5	99
Tabla 11. Tabla donde se muestran las diferentes fuentes de aporte para el occidente de Venezuela. Tomado y modificado de Cardozo (1996) en Alezones (2009) y Alarcón (2008).	103

Tabla 12. Cuadro esquemático con los resultados de procedencia y clasificación de areniscas para las 11 muestras seleccionadas.....	105
Tabla 13. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para las formaciones Barco y Los Cuervos.....	107
Tabla 14. Reacciones y zonas diagenéticas para la Formación Mirador con columna generalizada y sus muestras respectivas.....	108
Tabla 15. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para las formaciones Trujillo, Misoa y Paují.....	109
Tabla 16. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para la Formación Matatere	110

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las areniscas ha sido de gran importancia a través de los años, principalmente para evaluar su calidad como reservorio. Pero más allá de ello, se encuentra la evaluación del origen de la fuente de sedimentos que constituye a las areniscas, sus características texturales iniciales, su evolución diagenética y la evolución tectónica de la cuenca de depositación que condicionan las características y clasificación final de la roca.

Durante el terciario inferior en el occidente de Venezuela, el aporte sedimentario hacia la cuenca de Maracaibo y a los surcos *flysch* como el surco de Barquisimeto, dieron lugar a las formaciones Misoa, Trujillo, Paují, Mirador, Grupo Orocué y Matatere. Mediante análisis de láminas delgadas, se busca clasificar, comparar y determinar la procedencia de cada formación, así como relacionar la evolución o procesos diagenéticos de la roca con el ambiente tectónico que condicionó su sedimentación. No solo mostrar las diferencias y similitudes entre formaciones depositadas en un tiempo geológico distinto, sino también comparar a una misma formación cuyas muestras fueron obtenidas de diferentes estados mediante trabajos realizados con anterioridad.

Ubicación del Área de Estudio

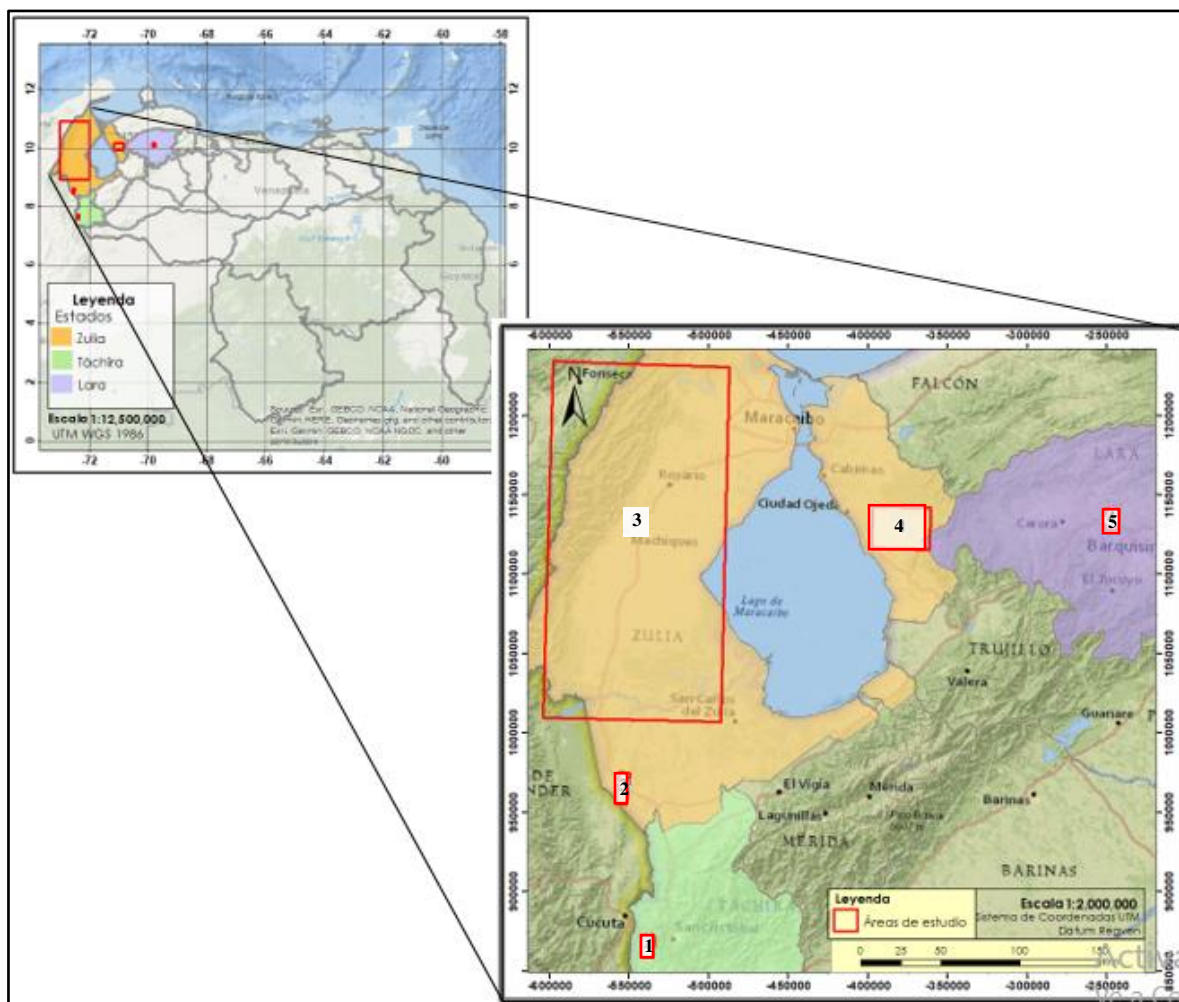


Figura 1. Estados que representa el área de estudios. Recuadros enumerados indican zonas de toma de muestras.

El área de estudio se encuentra distribuida en tres estados del país, los cuales son el estado Zulia, Táchira y Lara. En general, la zona se encuentra entre las latitudes N $11^{\circ} 00''$ y N $7^{\circ} 34''$ y las longitudes E $73^{\circ} 00''$ y E $69^{\circ} 38''$. Específicamente en el estado Zulia en: parte occidental de la cuenca de Maracaibo; y en las últimas estribaciones al norte de la Cordillera de Perijá en los límites con la República de Colombia y en la parte sur del anticlinal de Tarra-Los Manueles, Distrito Colón. En el estado Táchira: en el Municipio Rubio, Distrito Juanín.

En el estado Lara: en parte del Distrito Torres, entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda; también en el Venado (carretera Lara-Zulia) y en la zona de Sipayare (abarcando todo el Cerro Palo Negro).

1.1. Objetivo general

Analizar sedimentológicamente las areniscas pertenecientes a la secuencia terciaria inferior del occidente de Venezuela a través de láminas delgadas.

1.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros mineralógicos y texturales a través del análisis de láminas delgadas utilizando microscopio convencional petrográfico
- Interpretar las diferencias litológicas de las areniscas en función a la clasificación de Pettijohn, Potter y Siever (1987).
- Establecer la procedencia utilizando la técnica de análisis modal propuesta por Dickinson y Suczek (1979).
- Caracterizar los factores diagenéticos por formación y relacionarlos con la tectonoestratigrafía del ciclo Terciario Inferior.
- Desarrollar un atlas petrográfico de las areniscas del Terciario Inferior en el occidente de Venezuela.

1.3. Alcance de la investigación

Se basa principalmente en la obtención de las características texturales y diagenéticas de la secuencia terciaria en el occidente de Venezuela, en el que pueda asociarse la evolución de los diferentes litotipos de areniscas, su ambiente tectónico relacionado con el soterramiento, procedencia de los sedimentos, evolución de la porosidad y permeabilidad;

donde además quede esbozado el inicio y fin de los eventos diagenéticos importantes, para un intervalo de tiempo establecido.

1.4. Planteamiento del problema

El estudio de las rocas sedimentarias permite reconstruir ambientes de sedimentación y aportar información valiosa en los modelos de cuencas sedimentarias. En la actualidad las propiedades de una arenisca, que parecen significativas, son las que reflejan el carácter de las rocas de origen (Pettijohn, 1949). Adicionalmente las condiciones texturales son modificadas por las fases de generación y/o deformación de las cuencas sedimentarias marcando cambios significativos en los aspectos diagenéticos, es decir, efectos de compactación, cementación, disolución, alteración, etc.

En la cuenca occidental de Venezuela existen numerosos trabajos de características tectónicas y texturales en areniscas, pero no se ha realizado una comparación o vinculación de las fases tectonoestratigráfica con la evolución diagenética durante el ciclo Terciario Inferior. Por otra parte, el análisis petrográfico necesita de conocimientos sólidos en rocas sedimentarias y guías de apoyo visual fotomicrográfico; en esta investigación se pretende dejar un Atlas Petrográfico de Areniscas del Terciario Inferior (formaciones Trujillo, Misoa, Paují, Matatere, Mirador, Grupo Orocué) que sirva de referencia nacional en futuras investigaciones.

1.5. Trabajos Previos

En base a la recopilación bibliográfica realizada, fueron seleccionados trabajos previos de diversos autores que llevaron a cabo análisis sedimentológico, aportan información de la geología regional y local de la zona de estudio o que emplean una metodología similar a la planteada en este trabajo.

1.5.1. Antecedentes vinculados al área de estudio

- **Pitelli (1980):** Realizó estudio para obtener la historia geológica de dos áreas ubicadas en la parte este del estado Zulia, Distrito Bolívar y Baralt. Donde el objetivo

principal es establecer las relaciones existentes en tiempo y espacio entre los cuerpos de caliza que afloran en Sipayare y el resto del área; en el cual se aplicó clasificación de Pettijohn, Potter & Siever (1987) a las areniscas identificadas.

- **Lagazzi (1980):** lleva a cabo una reevaluación del campo petrolífero de Tarra al sur de Zulia, para realizar un estudio detallado de la estratigrafía de la zona, especialmente para la Formación Mirador. Incorporando los datos a un programa geofísico que logre definir nuevas localizaciones exploratorias.
- **Mora (1980):** estudia la geología en un área de 65 km² en la región de Rubio, estado Táchira; donde mide secciones estratigráficas e investiga la sedimentación de la secuencia del Cretácico Superior y Terciario. Elaborando estudios especiales de muestras escogidas para analizar aspectos petrográficos y micropaleontológicos, incluyendo difractogramas de Rayos X, para determinar cuantitativamente la relación de los distintos minerales de arcilla, con la finalidad de usarlos como indicadores de ambientes de depositación.
- **Valdés (1980):** interpreta los datos sedimentológicos, estratigráficos y tectónicos de las unidades que afloran entre Pozo Guapo- Las Peñitas, al norte de Atarigua, edo. Lara; con el fin de aportar una ayuda en la clarificación de la geología del “Surco de Barquisimeto”.
- **Alezones (2009):** generó un modelo que explique la procedencia tectono-sedimentológica de las facies arenosas de las unidades sedimentarias de la secuencia Paleoceno- Eoceno del área occidental del Lago de Maracaibo, específicamente la Cordillera de Perijá. Analizando muestras de superficie, subsuelo y secciones sísmicas de la zona de Perijá.

1.5.2. Antecedentes vinculados a la metodología

- **Bellizzia & Rodríguez (1968):** introducen el nombre de la Formación Matatere para formalizar la espesa secuencia turbidítica del Paleoceno- Eoceno que presenta

bloques alóctonos y que se considera como la unidad más característica del Surco de Barquisimeto definido por Renz *et al.* (1955).

- **Van Veen (1972):** elabora estudio sedimentológico de las formaciones Misoa y Mirador en el Lago de Maracaibo, deduciendo que éstas fueron depositadas en un ambiente fluvio-deltaico y que la fuente sedimentaria se ubicaba hacia el sur y suroeste de la cuenca.
- **Yoris (1989):** propone y desarrolla un método por conteo modal para análisis petrográfico en rocas clásticas, sin importar el tamaño de grano de la roca, siempre que pueda identificar la composición mineral. Desarrolla una serie de prácticas computacionales que engloba los parámetros modales obtenidos y permite graficar de forma automática los diagramas ternarios de Dickinson & Suczek (1979) y Dickinson *et al.* (1983).
- **Yoris & Ostos (1997):** indican la reactivación de estructuras en la cuenca de Maracaibo en el noroeste, parte occidental y la Sierra de Perijá durante el Paleoceno, a causa del desplazamiento de la placa Caribe hacia el este.
- **Martínez & Valleta (2008):** realizan análisis petrográficos de las facies gruesas de la Formación Matatere dentro del Surco de Barquisimeto, definida anteriormente por Bellizzia & Rodríguez (1968); así como los olistolitos contenidos en ella con la finalidad de determinar la posible procedencia de los mismos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

En este capítulo se tratarán una serie de aspectos teóricos fundamentales alrededor de los cuales se desarrollará toda la investigación, por lo que es necesario asimilar los conceptos vinculados con las herramientas de trabajo. De igual manera se manifestará la estrategia a llevar a cabo para obtener la información deseada y optimizada.

El trabajo se centra en un estudio sedimentológico, el cual se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y depositación del sedimento que posteriormente se transformará en una roca sedimentaria; lo cual es posible debido a que las rocas sedimentarias poseen la cualidad de guardar un registro de los eventos geológicos que han transcurrido en la superficie de la tierra (Sandoval, 2000)

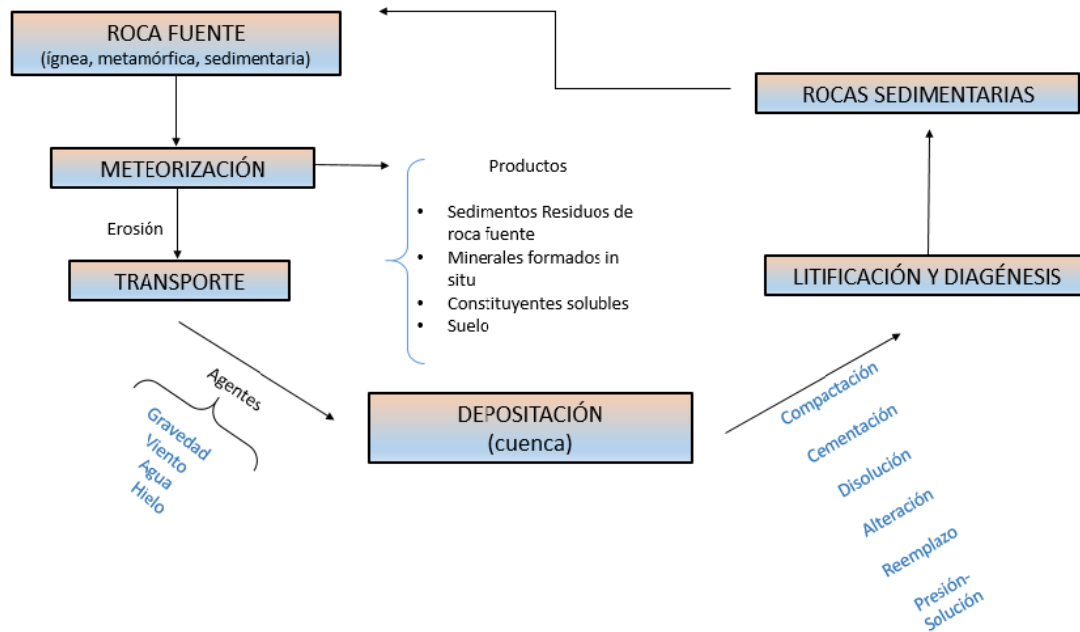


Figura 1. Ciclo sedimentario. Tomado y modificado de González (2018)

Las rocas sedimentarias son clasificadas de acuerdo a su composición y textura. Según esto, se distinguen dos grupos principales de rocas sedimentarias:

- a) **Rocas siliciclásticas:** son el resultado del proceso físico relacionado con la meteorización, erosión y transporte del sedimento hasta su depositación. De acuerdo al tamaño de grano pueden ser nombradas como Conglomerados (>2mm); **Areniscas** (1/16 a 2mm); Limolitas (1/256 a 1/16mm) y Lutitas (<1/256mm).
- b) **Rocas no clásticas:** se forman como resultado de la precipitación química y actividad biológica. Entre estas se encuentran las calizas, dolomías, evaporitas, etc. (González, 2018)

2.2. Elementos texturales de las rocas sedimentarias

- a) **Granos.** Constituyen el esqueleto de la roca; estos a su vez pueden ser partículas minerales, fragmentos de rocas (ígneas, metamórficas, sedimentaria), o fragmentos fósiles.
- b) **Matriz.** Partículas de menor tamaño que rellenan parcialmente los poros entre los granos. Por lo general, constituyen el menor tamaño de grano contenido en la roca (González, 2018).
- c) **Cemento.** Serie de minerales autigénicos formados por precipitación directa de las soluciones contenidas en los poros, como producto de los procesos diagenéticos, y que ayudan a mantener las partículas unidas (Sandoval, 2000).

Otras de las propiedades importantes en las rocas sedimentarias, aunque no formen parte de los elementos texturales son:

- d) **Porosidad.** Según Sandoval (2000), es una medida de la cantidad de espacios vacíos que tiene la roca

El origen de la porosidad en una arenisca puede ser de dos tipos:

Primaria: la cual se origina durante la depositación de los sedimentos y puede ser a su vez intergranular.

Secundaria: que se forma por procesos posteriores a la depositación de los sedimentos los cuales pueden modificar la porosidad primaria e incluso originar nuevos poros o intersticios.

- e) **Permeabilidad.** Es el grado de conexión existente entre los poros de la roca que posibilita el movimiento de fluidos (González, 2018).

2.3. Diagénesis

Es el conjunto de transformaciones post-depositacionales que alteran las condiciones originales del sedimento. Dichas modificaciones y reacciones afectan las partículas desde el instante en el que son depositados (física, química y/u orgánicamente), hasta el tiempo en que la textura y mineralogía cambian durante el cambio al metamorfismo o por la exposición de la roca debido a levantamientos orogénicos, donde se ve interrumpido el proceso diagenético (Sandoval, 2000).

Esta serie de cambios dependen de algunos parámetros interdependientes:

- Características intrínsecas del material o sedimento
- Características del fluido de poro
- Condiciones físicas y químicas del ambiente o medio diagenético, y
- El tiempo geológico.

2.4. Análisis petrográfico

La petrografía se encarga de la descripción y clasificación de las rocas a través de la observación a escala microscópica de secciones delgadas procedentes de las rocas en estudio en un microscopio de luz reflejada, clasificándolas según composición mineralógica y su textura. De esta manera se descubren un conjunto de características y relaciones entre cristales que conllevan a determinar la composición de la roca. La petrografía sedimentaria permite examinar: composición mineralógica, porosidad, permeabilidad, contenido de matriz

y cemento, tamaño de granos, grados de escogimiento y madurez textural a partir de sus propiedades ópticas (Discepola, 2018).

Este análisis es el pilar esencial para llevar a cabo la clasificación de la roca, el estudio diagenético y los análisis de procedencia.

2.5. Clasificación de las areniscas según Pettjohn, Potter y Siever (1987)

Las areniscas se clasifican de acuerdo a la cantidad presente de granos de cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas y porcentaje de matriz (granos de tamaños menores a 30 micras).

El estilo de diagrama representativo utilizado para esta clasificación es el triangular modificado en una perspectiva tridimensional según el contenido de matriz; el cual es el primer factor discriminante. Tres divisiones son las que delimitan tres grandes grupos de areniscas: Areniscas limpias (0-15% de matriz), Areniscas sucias o wacas (15-75% de matriz) Argilitas (más del 75% de matriz).

Estas a su vez presentan divisiones y subdivisiones:

Las Areniscas limpias se subdividen en:

- Arenisca Cuarzosa
- Arenisca Arcósica
- Arenisca Lítica
- Subarcosa
- Sublitarenita

Mientras que las Arenitas sucias son predominantemente:

- Grauvaca Feldespática
- Grauvaca Lítica
- Waca de Cuarzo

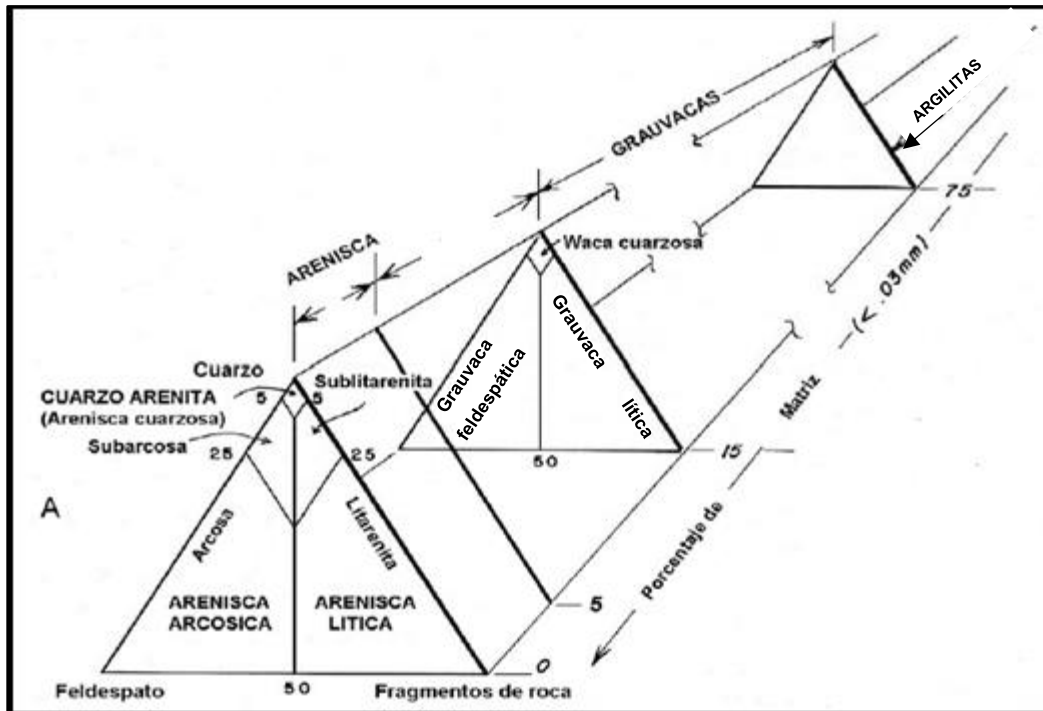


Figura 2. Diagramas de clasificación de areniscas (tomado y modificado de Baamonde 2007).

2.6. Análisis de procedencia según Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson *et al.* (1983)

Los análisis que se enfocan en clasificar los depósitos detríticos en los diversos ambientes geotectónicos en los que se generan, en función de sus petrofacies. Según el marco tectónico que controla, el área fuente se elaboran diagramas ternarios para asociar a la roca con un ambiente específico. Tres tipos de procedencia sobresalen de los gráficos ternarios: bloque continental, arco magmático y orógeno reciclado.

Para llevar a cabo esta clasificación, se requiere saber la cantidad total de granos de una cierta composición; principalmente cuarzo (poli y monomineral), feldespatos (plagioclasas y feldespato potásico), fragmentos de roca o fragmentos líticos (estables e inestables).

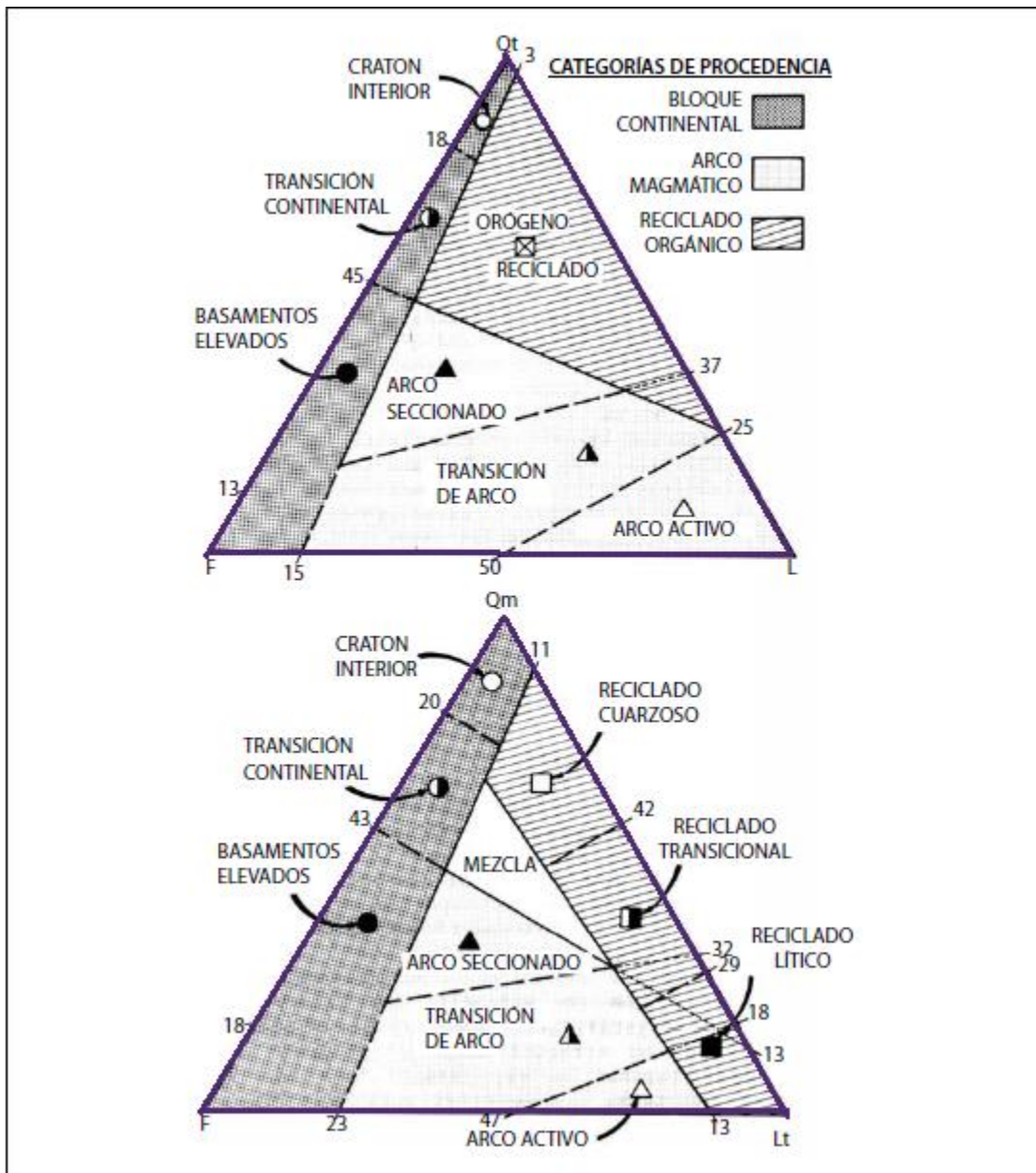


Figura 3. Campos composicionales diagnósticos de los distintos tipos de procedencia de areniscas en diagramas triangulares QtFL (cuarzo total-Feldespatos-Fragmentos líticos y QmFLt (cuarzo monocristalino Feldespatos-Total de fragmentos líticos). Modificado de Dickinson et al. (1983). Imagen tomada y modificada de Arche (2010).

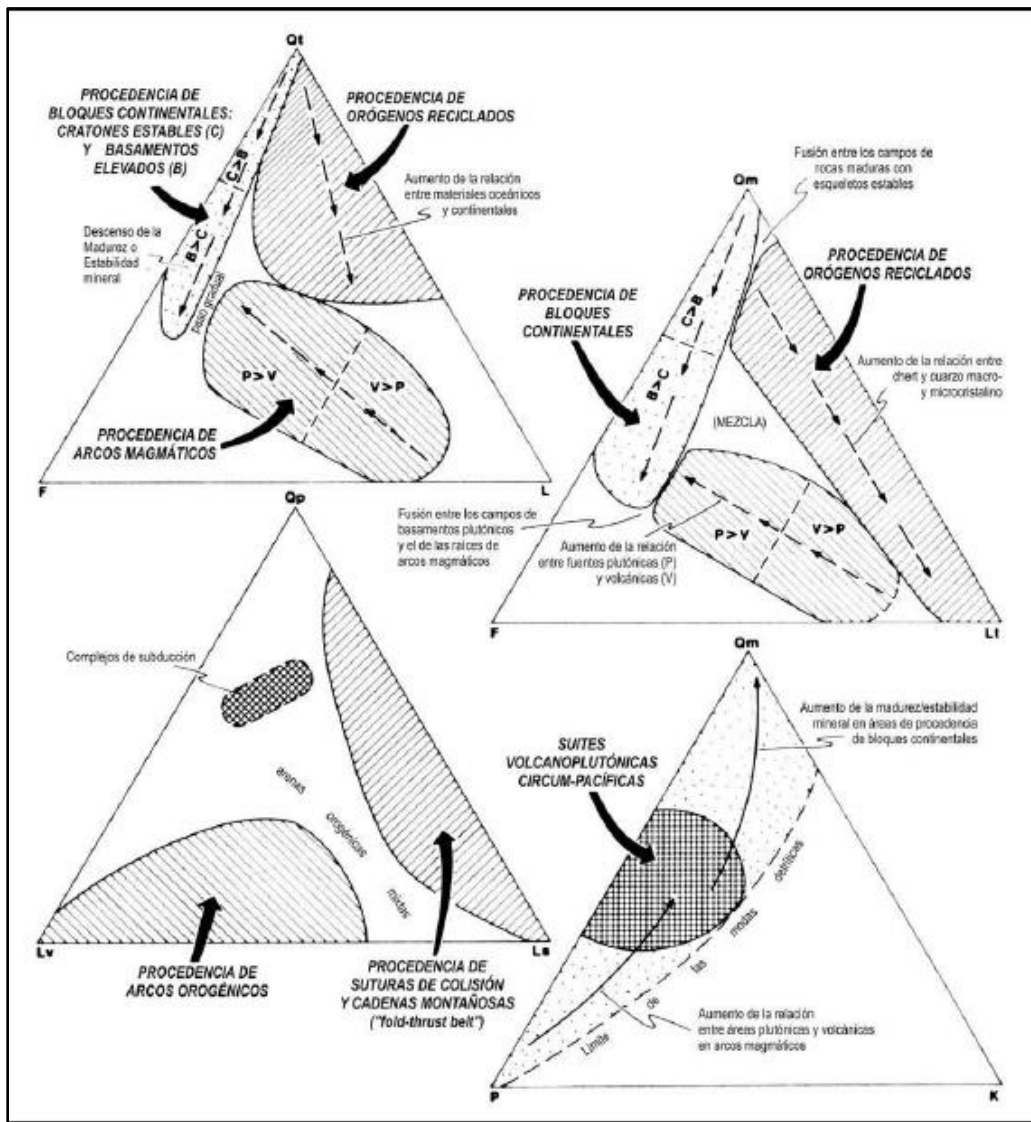


Figura 4. Distribución media de las modas detríticas arenosas actuales, según los tipos de procedencia, en distintos diagramas triangulares composicionales. Modificado de Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson (1983). Imagen tomada de Arche (2010)

Qt=cuarzo total; Qm=cuarzo monocristalino; Qp=cuarzo policristalino; F=feldspatos monocristalinos totales; P=plagioclasa; K=feldspato potásico; L=Fragmentos líticos totales+cuarzo policristalino; Lt=fragmentos líticos policristalinos totales; Lv=fragmentos líticos volcánicos; Ls=fragmentos líticos sedimentarios.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la elaboración del presente trabajo fue distribuida primordialmente en tres etapas que son: recopilación de información bibliográfica, etapa de oficina e integración y discusión de resultados. Estas etapas se muestran y resumen en la figura número seis.

3.1. ETAPA I. Recopilación de información bibliográfica

En esta primera etapa se realizó la recopilación de información geológica previa correspondiente al Paleoceno-Eoceno en el occidente del país. Recolectando de tal manera, memorias de congresos geológicos nacionales e internacionales, trabajos especiales de grado con secciones finas adjuntas, mapas geológicos y topográficos.

3.2. ETAPA II. Etapa de oficina

Etapa fundamental para el desarrollo del trabajo, donde se realizó la selección de las secciones finas obtenidas a través de los trabajos de grado posteriores. Siendo escogidas las muestras que se encontraron en mejor estado y con enfoque en incluir áreas pertenecientes a formaciones diferentes.

Se eligieron un total de 40 secciones finas, 9 pertenecientes a Lagazzi (1980), 5 para el Grupo Orocué y 4 para la Fm. Mirador; 3 muestras de Mora (1980), 2 del Grupo Orocué y 1 de la Fm. Mirador; 7 muestras de Valdés (1980) correspondientes a la Fm. Matatere; 14 muestras de Pitelli (1980) que corresponden a la Fm. Trujillo (2), Fm. Misoa (8) y Fm. Paují (4) y 7 muestras de Alezones (2009), de las cuales 4 son del Grupo Orocué y 3 de la Fm. Mirador. Posteriormente se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Realización de un análisis petrográfico cualitativo de los elementos texturales de las areniscas y cálculo de porcentajes con ayuda de cartas visuales.
- Clasificación de las areniscas en base a sus componentes mayoritarios obtenidos en el paso anterior, empleando los diagramas triangulares de Pettijohn, Potter y Siever (1987).
- Descripción de la evolución diagenética según los parámetros observados anteriormente.
- Análisis de procedencia, donde no solo se llevó a cabo un análisis petrográfico cualitativo sino también cuantitativo; este último consiste en una observación detallada de la textura y la composición de los fragmentos poli y mono minerales. Esto se hace mediante un conteo (con un mínimo de 300 puntos por cada sección de roca) utilizando una platina graduada que permite el movimiento de la lámina delgada, formando una red de puntos en un sistema de coordenadas (x-y). De este procedimiento se obtiene un cálculo estadístico del número de granos de una composición específica; los cuales constituyen las variables a utilizar en los triángulos de Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson (1983).

3.3. ETAPA III. Integración y discusión de resultados

Se realizará la comparación, verificación y rectificación de los resultados obtenidos con aquellos ya proporcionados por los trabajos de grado. Además, de llevarse a cabo una relación entre la clasificación de la roca y su procedencia; haciendo énfasis en las similitudes y diferencias según los tiempos y las localidades distintas de las formaciones a las que pertenecen dichas secciones. Esbozándose toda esta información en un cuadro esquemático para facilitar su visualización y elaboración de un atlas de las secciones finas trabajadas.

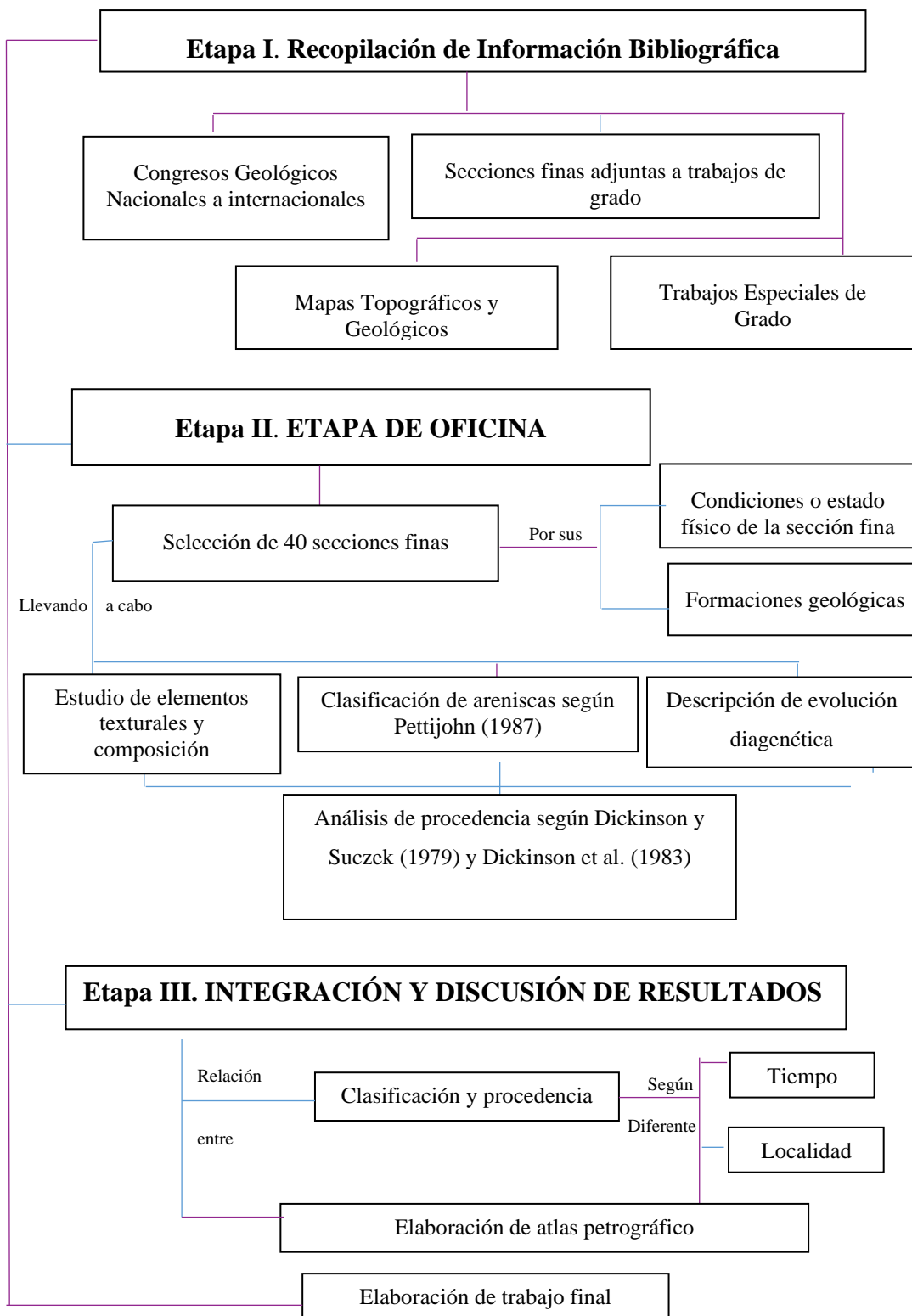


Figura 6. Resumen de las etapas metodológicas del trabajo

CAPÍTULO IV

4. MARCO GEOLÓGICO

4.1. Generalidades

La cuenca de Maracaibo ocupa la parte nor-occidental de Venezuela y se extiende en dirección suroeste hacia Colombia en donde se han acumulado más de 10 kilómetros de espesor de sedimentos y un volumen aproximado de 250.000 km³. Los cuales fueron depositados en un rango de edades comprendidas entre el Jurásico hasta el Holoceno, no obstante, es durante el Cenozoico que se percibe el mayor volumen de sedimentos (Lugo, 1991).

Se encuentra limitada por la Sierra de Perijá al oeste y el flanco occidental de los Andes y la Serranía de Trujillo al este. Dichos límites son el resultado de procesos orogénicos ocurridos en el tiempo geológico; que afectaron los procesos sedimentarios y sumaron complejidad y variedad en las facies sedimentarias presentes en la Cuenca de Maracaibo (Rojas M., 2002).

Según Lugo (1991) el basamento de la cuenca, se haya constituido por rocas metasedimentarias de edad Paleozoica de la Formación Mucuchachí con equivalente de edad Ordovícico, que afloran a lo largo del Arco de Mérida con tendencia NO-N; igual que las capas rojas de la Formación La Quinta que se encuentra rellenando el sistema de *grabens* Jurásico de orientación N-NE.

4.2. Evolución Geodinámica de la Cuenca de Maracaibo

Para comprender la configuración estructural de la cuenca es indispensable asimilar los procesos geodinámicos y eventos estructurales regionales que condicionaron la actual organización de esta zona de estudio. Varios son los trabajos que consideran estos procesos, entre los que destaca el de Mann P., Escalona A. & Castillo M.V. (2006); quienes toman en cuenta los momentos de mayor impacto y decisivos en la evolución de la Cuenca de Maracaibo, los cuales son descritos a continuación:

Jurásico Tardío- Cretácico Temprano: ocurre la depositación de sedimentos correspondientes a la Formación la Quinta en las zonas deprimidas de los grábenes de orientación norte- noreste, localizados a en el margen Noroccidental de Venezuela y oriental de Colombia, los cuales se originaron por una expansión continental. Ocurrió sedimentación en un margen pasivo con aporte de material clástico procedente del escudo Suramericano y carbonatos del Grupo Cogollo asociados a un ambiente costero y de plataforma. Motivado a la poca deformación sufrida por los sedimentos de este periodo, se atribuye una sedimentación continua y subsidencia de origen termal gracias a la estabilidad tectónica (Discepola, 2018).

Cretácico Temprano- Coniaciense: persiste el desarrollo de un margen pasivo en el borde norte de Suramérica, donde se distingue una sedimentación mixta de carbonatos y clásticos depositados en un margen de plataforma interna a externa; factor que condicionó la depositación de la Formación La Luna en occidente y Querecual en oriente del país, ambas clasificadas como rocas madres.

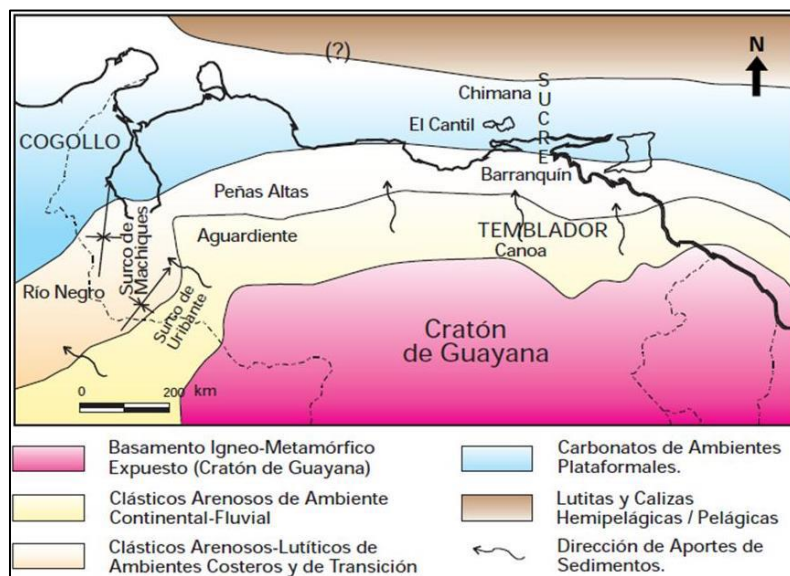


Figura 7. Sedimentación y esquema paleogeográfico durante el Cretácico Temprano, tomado de Yoris & Ostos (1997).

Coniacense- Paleoceno Medio: la mayor parte de la cuenca permanecía con una sedimentación estable dominada por carbonatos de plataforma somera hasta que la paleografía y patrones de sedimentación cambiaron significativamente a razón de la colisión entre la placa Caribe y la placa suramericana. Dicha interacción dio origen a una subsidencia flexural al occidente de Venezuela; ocurre la sedimentación clástica del Grupo Orocué al oeste de la cuenca, que gradúa a carbonatos someros de la Formación Guasare hacia el área del Lago de Maracaibo y al noreste y este a un ambiente de plataforma media a externa y turbiditas de la Formación Paují, característica por una sedimentación clástica (Discepolo, 2018).

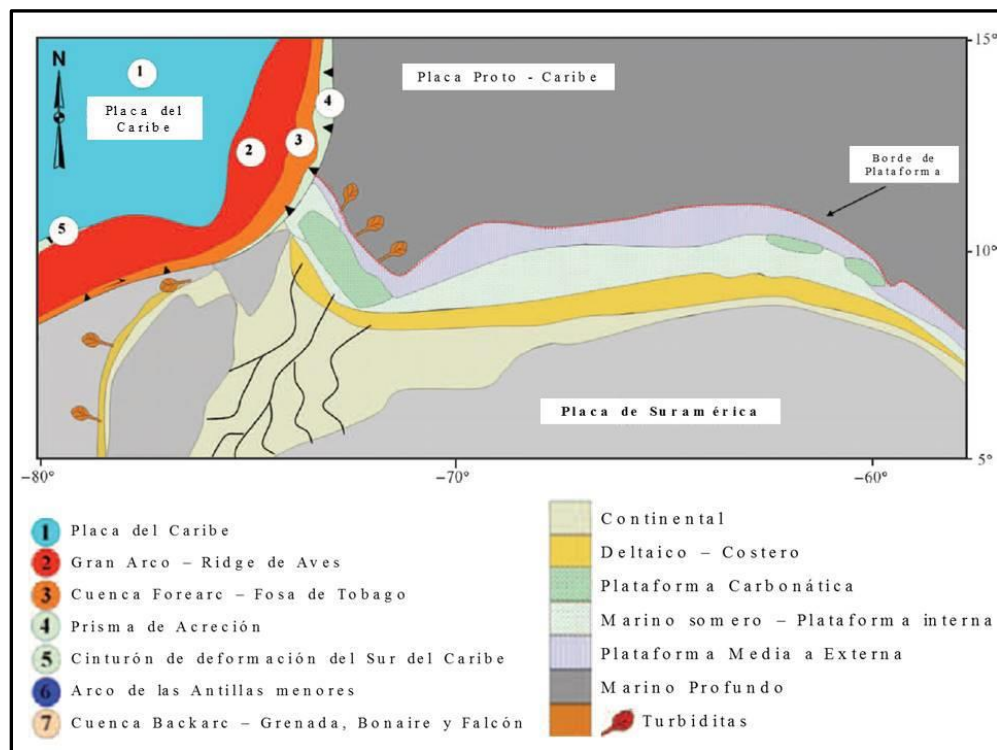


Figura 8. Paleogeografía del periodo Coniacense – Paleoceno Medio, tomado de Mann *et al.*, (2006) en Discepolo (2018).

Paleoceno Medio- Eoceno Temprano: Según Escalona *et al.*, (2003), el noreste de la plataforma de Maracaibo es sometida a deformación y una sucesiva generación de corrimientos, fallas inversas y de desgarre, lo que provoca el desarrollo de la cuenca tipo *foreland* del Paleoceno Tardío- Eoceno Temprano, la cual recibe aporte de sedimentos clásticos arenosos de dos fuentes diferentes; una asociada al “Proto Río de Maracaibo” y otra asociada a las áreas positivas en virtud de los cabalgamientos producto de la interacción entre ambas placas.

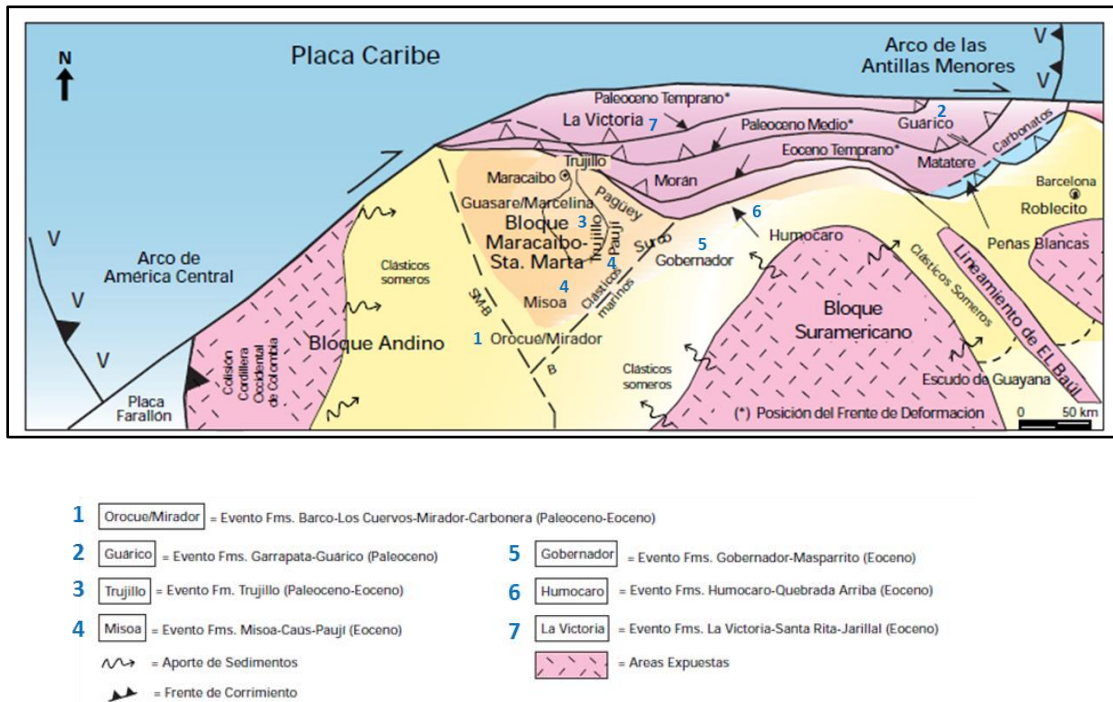


Figura 9. Paleografía del Paleoceno Medio- Eoceno temprano, tomado de Yoris & Ostos (1997).

Eoceno Temprano- Eoceno Medio: hubo un gran aporte sedimentario de origen deltaico a próximo costero que enriquecieron las áreas de retro-arco a ante- arco asociado al movimiento del Arco del Caribe; que, a su vez, para el Eoceno Medio, sobrecorre el margen pasivo al este de la cuenca, desencadenando un acortamiento que genera las Napas de Lara (Mann *et al.*, 2006).

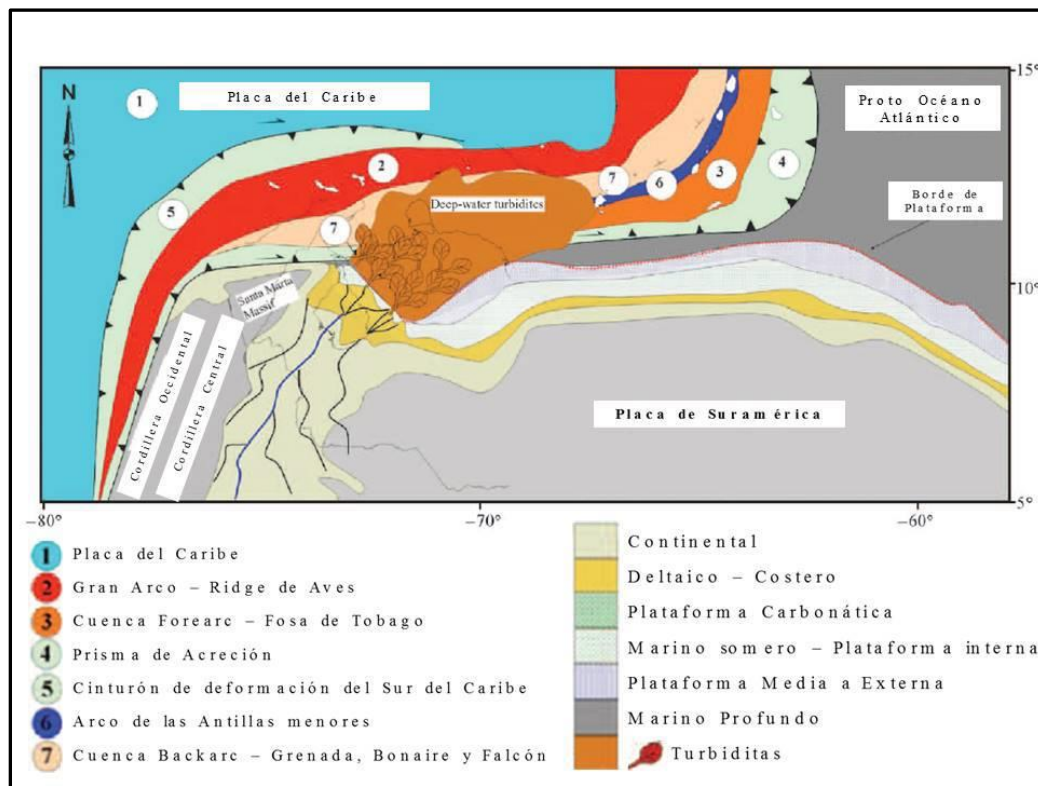


Figura 10. Paleogeografía del Periodo Eoceno Temprano - Medio, tomado y modificado de Mann *et al.*, (2006) en Discepolo (2018)

Eoceno Medio- Oligoceno: durante este periodo se produce la discordancia del Eoceno debido al levantamiento y erosión de los sedimentos que tienen lugar en lo que hoy en día es el Lago de Maracaibo. Según Mann *et al.*, (2003). La Sierra de Perijá, los Andes de Colombia y Macizo de Santa Marta constituyen los elementos positivos levantados a raíz de la interacción mencionada anteriormente; lo que modificó patrones de drenaje y sedimentación que prevalecían en el momento (Proto-Río Maracaibo), engendrando nuevos patrones hidrográficos como: Proto- Río Magdalena y Proto- Río Orinoco. Además, se genera una nueva dirección de aporte sedimentario hacia el depocentro de Maracaibo a causa del levantamiento de la Sierra de Perijá, con una orientación oeste- este.

Adicionalmente, es importante mencionar que también durante este periodo inicia la formación de una cuenca *foreland* en el oriente venezolano al igual que se generó en

occidente puesto que la interacción entre placas fue diacrónica de tipo transpresivo con sentido oeste-este (Discepola, 2018).

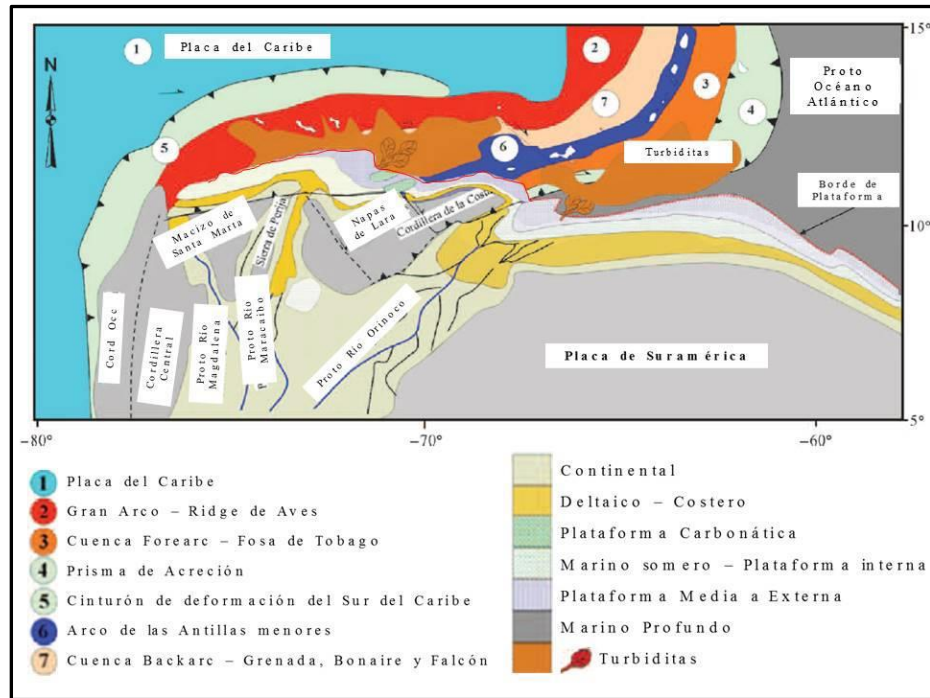


Figura 11. Paleogeografía del periodo Eoceno Medio - Oligoceno, tomado y modificado de Mann *et al.*, (2006) en Discepola (2018).

Oligoceno-Mioceno Medio: Según Mann *et al.*, (2006), predomina la sedimentación fluvio- deltaica en la cuenca por la actuación del Proto- Río de Maracaibo y se supone una nueva fuente de aporte sedimentario que nace en el sureste de la cuenca y se dirige al depocentro de la misma; siendo el levantamiento de los Andes de Mérida el causante de dicho resultado.

Por otra parte, hacia el este ocurre el apogeo de la subsidencia en la cuenca *foreland* y el emplazamiento del cinturón de corrimientos de la Serranía del Interior; deformación que afectó hasta el este de Trinidad y Tobago resultando en una discordancia de alcance regional.

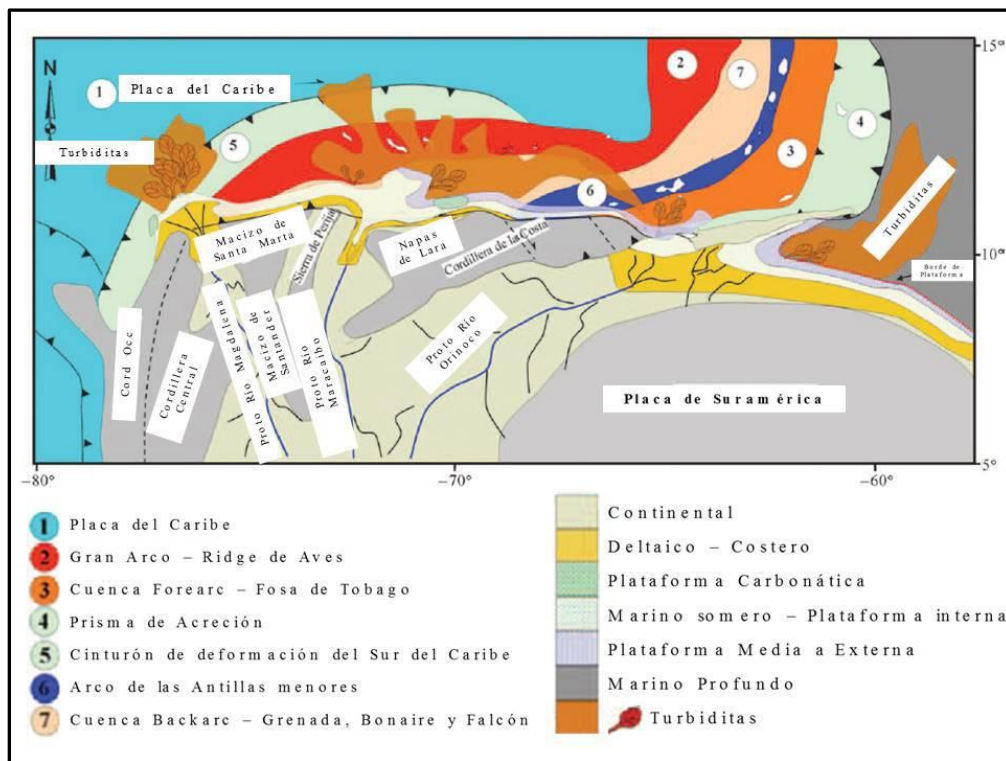


Figura 12. Paleogeografía del periodo Oligoceno - Mioceno Medio, tomado y modificado de Mann *et al.*, (2006) en Discepolo (2018).

Mioceno Medio- Plioceno Temprano: la configuración paleogeográfica se mantuvo prácticamente constante a lo que es su disposición actual. Mientras que la deformación se intensifica al este de Trinidad facilitando la creación del actual arco volcánico de las Antillas.

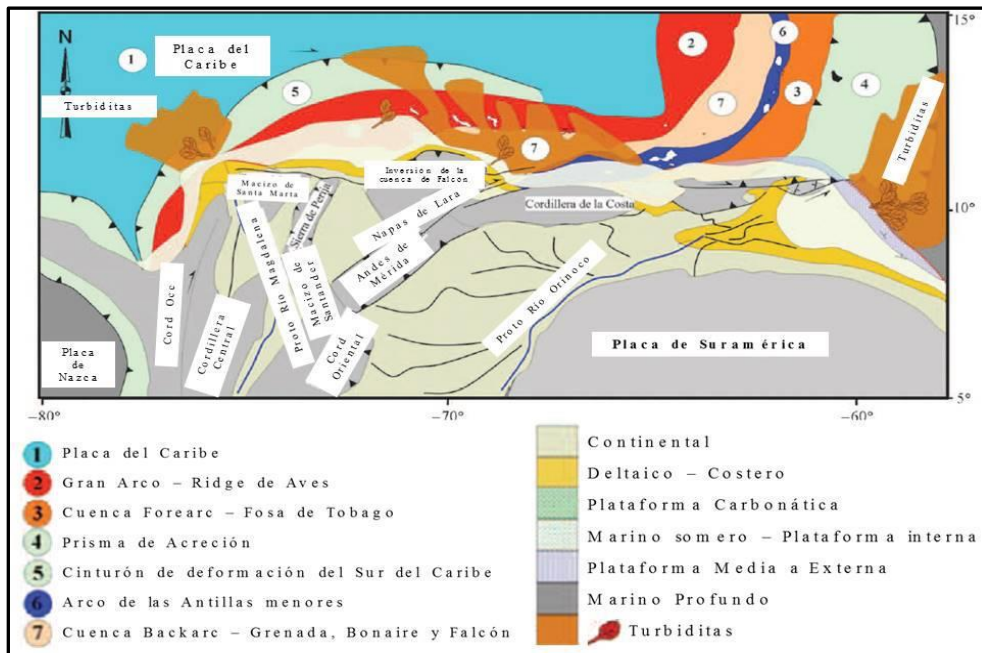


Figura 13. Paleogeografía del periodo Mioceno Medio - Plioceno Temprano, tomado y modificado del Mann *et al.*, (2006) en Discepolo (2018).

Ahora bien, considerando lo que fue la interacción entre la placa Caribe y Suramericana y su influencia sobre el borde norte de Suramérica, Mann *et al.* (2006) llevó a cabo una reconstrucción de la estratigrafía tomando en cuenta los eventos geodinámicos expuestos y dividiendo la historia de la Cuenca de Maracaibo en seis tectonosecuencias, cuyos límites están marcados por límites de secuencias de alcance regional (Discepolo, 2018). Estas son:

- **Tectonosecuencia 01 – Rifting del Jurásico Tardío:** esta tectonosecuencia se caracteriza por la apertura y separación de las masas continentales con aparición de capas rojas asociadas a dicha fase de expansión de la Formación la Quinta y rocas metasedimentarias del Paleozoico superior las cuales fueron erosionadas y afectadas por el *rifting*, conjuntamente con depósitos piroclásticos (Grupo La Gé), he iniciándose el relleno de los grabenes.

- **Tectonosecuencia 02- Margen Pasivo del Cretácico:** periodo en el cual la depositación tuvo lugar en amplias cuencas y contaba con la presencia de elementos subpositivos, como por ejemplo el Arco de Mérida, que afectó el espesor de los depósitos.

Los depósitos constan de unidades de origen carbonático asociados a Grupo Cogollo; carbonatos someros depositados sobre una plataforma carbonática con dos estilos depositacionales: el primer estilo con tendencia grano decreciente (Aptiense-Albiense Medio), mientras que el otro se muestra grano creciente (Albiense Superior), según Azpirixaga (1985). Por otro lado, la unidad que se dispone suprayacente a estos depósitos carbonáticos, se caracteriza por ser una unidad siliciclástica correspondiente a la Formación La Luna (roca madre por excelencia). Escalona & Mann (2006), mencionan que las calizas del Miembro Socuy en el tope de la Formación la Luna, marcan el límite de esta tectonosecuencia. Cabe destacar que tales sedimentos fueron depositados sobre la discordancia del Cretácico.

- **Tectonosecuencia 03- Campaniense- Paleoceno, Inicios de la Cuenca *Foreland*:** etapa donde comienzan a surgir los efectos de la colisión entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana, limitada al tope por la discordancia del Paleoceno. La influencia de una cuenca *foreland* es lo que caracteriza a las rocas de esta tectonosecuencia; conformadas por sedimentos clásticos de la Formación Colón (sobresaliente por presencia de grauvacas y subgrauvacas) que tienen lugar en la parte distal de la cuenca *foreland*; suprayacente a estos se encuentran los sedimentos marinos de la Formación Mito Juan de una forma transicional; subsiguientemente se reseñan los carbonatos someros y de mezcla de la Formación Guasare de edad Paleoceno, que se depositó en un área topográficamente plana y con poca influencia tectónica.

Lugo (1991) en Discepola (2018) esboza que estos depósitos se rigen por un descenso en el nivel del mar que alteró a la cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío hasta el Paleoceno.

- **Tectonosecuencia 04- Paleoceno- Oligoceno, Desarrollo de la Cuenca *Foreland* o Antepaís:** tectonosecuencia que se encuentra limitada al tope por la discordancia del Oligo-Mioceno, caracterizada por cambio de una sedimentación de margen pasivo a uno de margen activo (sedimentos de origen lacustrino a fluvial). Además, resalta el emplazamiento de las napas de Lara hacia el este de la cuenca durante Eoceno Medio-Tardío, acontecimientos que definieron los patrones de sedimentación de la cuenca.

Otra unidad que sobresale en esta tectonosecuencia es la Formación Misoa, asociada a ambientes fluvio-deltaicos; tal formación se transforma hacia el este lateralmente a la Formación Trujillo de sedimentos estilo turbiditas y que se encuentra influenciada por el emplazamiento de las napas de Lara. Mientras que las arcillas de la Formación Paují (de ambientes de plataforma media a externa) se sitúan suprayacentes a las formaciones anteriores; y va desapareciendo hacia el oeste de la cuenca gracias al levantamiento de la Sierra de Perijá (Discepola, 2018).

- **Tectonosecuencia 05 – Oligoceno, Levantamiento de la Sierra de Perijá:** aquí se depositaron los sedimentos constituyentes de la Formación Icotea que refleja ambientes continentales a marino somero, y que además edifican una cuña clástica proporcionada durante el levantamiento de la Sierra de Perijá, por consiguiente, controló la subsidencia y aporte de sedimentos a la cuenca. Se encuentra limitada por la discordancia del Eoceno en la base y por la discordancia del Mioceno Inferior.

- **Tectónosecuencia 06- Mioceno Temprano- Cuaternario, Erosión de los Cinturones Montañosos:** se trata de un conjunto de sedimentos derivados de los frentes montañosos que limitan la cuenca de Maracaibo, como son: los Andes de Mérida, Serranía de Trujillo y la Sierra de Perijá. Los sedimentos que conforman las rocas del Mioceno Medio-Temprano, se caracterizan al norte y centro de la cuenca por ser de ambientes marinos someros que paulatinamente cambian a ambientes continentales al sur, enfatizando la presencia de la Formación Lagunillas. En el intervalo del Plioceno al Holoceno son sobresalientes los sistemas fluvio-deltaicos específicamente de las formaciones Milagro y Onia, y hacia el sur de la cuenca resalta la sedimentación asociada a los procesos de erosión- sedimentación cercanos a los cinturones montañosos (Discepola, 2018). Tectónosecuencia limitada en la base por discordancia del Mioceno inferior y en el tope por los sedimentos actuales de la cuenca del Lago de Maracaibo.

Las tectonosecuencias a tomar en cuenta para este trabajo son las que involucran el inicio y desarrollo de una cuenca *foreland* (tectonosecuencias 03 y 04) entre Paleoceno-Eoceno, donde ocurre el emplazamiento de las napas de Lara y se definen patrones de sedimentación que pasan de un margen a uno activo. Podría esperarse que las formaciones que se originaron a partir de sedimentos provenientes de un relieve moderado o poca influencia tectónica, contarán con areniscas de líticas a cuarzosas; mientras que masas espesas de sedimentos, conglomerados y areniscas con mayor contenido de feldespatos se asocian a una plataforma inestable.

4.3. Estratigrafía Regional

4.3.1. MESOZOICO

Triásico-Jurásico

Periodo que se distingue por la apertura de Pangea a razón de la formación de un cinturón de *rift* y volcanismo a lo largo de los actuales márgenes del Golfo de México, norte de Suramérica y del Océano Atlántico (Lugo & Mann,1995). Dicho evento provocó el desarrollo de grábenes que intervinieron en la evolución de la Cuenca de Maracaibo.

La sedimentación ocurre de oeste a este, iniciando en la actual Sierra de Perijá, siguiendo en los Andes de Mérida con la depositación del Grupo La Gé; dividido en las formaciones Tinacoa, Macoíta y La Quinta (Barrios & Lozano, 2004).

Cretácico

Inicia en el Barremiense con la depositación de la Formación Rio Negro, de ambientes continentales fluviales que yace discordante sobre la Formación La Quinta. Se caracteriza por una secuencia conglomerática donde descansan los clásticos basales que evidencian el inicio de la transgresión cretácica. Dicha depositación es restringida a causa de los grábenes Jurásicos.

En el ciclo transgresivo del Cretácico, durante el Aptiense, es depositada una secuencia carbonática marina somera denominada Formación Apón; constituye la unidad basal de la plataforma carbonática marino somera estable que incluye a las formaciones Lisure y Maraca suprayacentes, formando entre las tres el Grupo Cogollo (Lugo & Mann, 1995). La Formación la Luna de edad Cenomaniense-Santonense, pasa verticalmente a calizas glauconíticas del Miembro Socuy; siendo los sedimentos del Miembro Tres Esquinas su equivalente en el Flanco Norandino de la Formación Colón, interpretado como principal ciclo de máxima transgresión, Parnaud *et al.*, (1995).

Durante un ciclo regresivo se depositó la Formación Colón, constituida por sedimentos marinos como: lutitas microfósilíferas gris oscuras a negras, ocasionalmente glauconíticas (Barrios & Lozano, 2004). Esta unidad se depositó suprayacente a los miembros anteriormente mencionados entre el Campaniense- Maestrichtiense.

Posterior a ello, en el Maestrichtiense, ocurre la depositación de la Formación Mito Juan en contacto transicional infrayacente con la Formación Colón. Según Lugo (1991), esta unidad marca el final de la regresión en el Cretácico Tardío.

4.3.2. CENOZOICO

Como producto de la regresión, la cual es más acentuada durante el Paleoceno, se desarrollan amplias costas deltaicas hacia el noreste, con cinturones litorales en el oeste y sureste de la Cuenca de Maracaibo. Pero, según Van Andel (1958), las condiciones marinas continuaron prevaleciendo sobre parte de la plataforma de Maracaibo, el Surco de Barquisimeto y hacia el borde este del Escudo de Guayana.

El inicio de la sedimentación del Paleoceno, está representado por la Formación Guasare que se encuentra en contacto concordante suprayacente a la Formación Mito Juan. Constituida por calizas fosilíferas con algunas areniscas calcáreas, lutitas y margas; donde las lutitas gradan hacia el noroeste, las rocas clásticas de grano grueso gradan al oeste, las rocas sedimentarias de poca profundidad al norte y los depósitos deltaicos y fluviales hacia el sur, Lugo & Mann (1995) A manera general, es de ambientes más someros que reflejan mayor lejanía de los frentes de deformación.

Desde la Formación Guasare gradan hacia el noroeste las lutitas que constituyen la Formación Marcelina (Lugo, 1991). Caracterizada también por presentar areniscas, lutitas arenosas y capas de carbón.

Hacia el suroeste de la Sierra de Perijá se encuentran las unidades equivalentes a las formaciones descritas; constituyendo el Grupo Orocué que a su vez se subdivide en las formaciones Catatumbo, Barco y Los Cuervos. Presentando las siguientes características:

- a) Formación Catatumbo: comprende 250m de espesor de lutitas interestratificada con areniscas micáceas, carbonosas, de grano fino, capas de carbón y areniscas argiláceas. Sus contactos infrayacentes con la Formación Mito Juan y suprayacente con la Formación Barco son concordantes (Audemard,1991).
- b) Formación Barco: unidad equivalente a la Formación Guasare; presenta unos 200m de espesor de areniscas de grano fino-medio, con estratificación cruzada, intercalada con capas de carbón y lutitas carbonosas, Notestain *et al.*, (1944).

- c) Formación Los Cuervos: según Audemard (1991), esta unidad es equivalente a la Formación Marcelina al noroeste de Venezuela. Consiste en unos 300 m de espesor con lutitas, areniscas carbonáceas, limolitas y carbones interestratificados, Notestain *et al.*, (1944) en Alezones (2009).

Para finales del Paleoceno se desarrollan cuencas tipo *foreland* a raíz del emplazamiento de las Napas de Lara al norte de la cuenca de Maracaibo. Y para los inicios del Eoceno, se levantaron los terrenos de la Cordillera Oriental de Colombia, Sierra de Perijá y la Sierra de Santa Marta, originando condiciones características que dieron lugar a la depositación de las formaciones Trujillo, Misoa y Paují.

- Formación Trujillo de edad Paleoceno tardío- Eoceno temprano fue depositada en un ambiente marino profundo, presentando una litología en su localidad tipo de lutitas gris azulado oscuro a grises con escasas intercalaciones de areniscas grises y pardas de grano fino a medio, micáceos y localmente carbonosas, bien estratificadas en capas de unos pocos centímetros hasta 2 metros. También son distinguibles delgadas capas de carbón sub-bituminoso (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

Durante el Eoceno temprano y Eoceno medio, las unidades características son las formaciones Mirador y Misoa, sobresalientes por:

- Formación Mirador: integrada por areniscas limpias, cuarzosas de origen fluvial, gruesamente estratificadas con presencia de estratificación cruzada y con espesor variable que supera los 1000 m según (L.E.V., 1997), consiste de areniscas de grano fino a medio intercalada hacia el tope con lutitas delgadas y capas de carbón. Se presume que su base es inconforme sobre las capas de carbón de la Formación Los Cuervos (Alezones 2009). La sedimentación fluvial de esta unidad percibe arenas de barreras de meandros y canales González de Juana *et al.*, (1980). Tanto la Formación Mirador como Misoa componen un sistema fluvio-deltaico.

- Formación Misoa: según Garner (1926), representa la unidad equivalente de la Formación Mirador hacia el norte y este de la cuenca de Maracaibo. Según González de Juana *et al.* (1980), litológicamente se caracteriza por ser una unidad predominantemente arenosa, con areniscas blancas de grano fino a conglomeráticas en capas de hasta más de 100m; mientras que las lutitas son generalmente carbonosas y presentan laminación areno-limosas. Según Vann Veen (1972, p. 1074), la Formación Misoa representa ambientes de un complejo deltaico donde se reconocen llanuras deltaicas y canales distributivos y el frente del delta. El contacto basal de la unidad es conforme con la Formación Trujillo.
- Formación Paují: unidad que se presenta sobre la Formación Misoa para finales del Eoceno Medio, integrada esencialmente por lutitas y cuyos afloramientos se califican como de baja topografía González de Juana *et al.*, (1980). La espesa secuencia de lutitas de aproximadamente 1000 metros, va de lutitas macizas a fílsiles de color gris a gris oscuro, pero meteorizan rápidamente a una masa blanda escamosa de color negro que engendra un suelo rojizo. Son reconocidas algunas arenas hacia el sureste de la Cuenca de Maracaibo que se establecen como las Arenas de Paují y Arenas Basales, clasificadas como miembros informales y buenos yacimientos de hidrocarburos (Discepola, 2018).

Según Van Andel (1958) en Cardozo (1996), ocurre un descenso en el nivel del mar que deja al descubierto parte de la cuenca para finales del Eoceno; dando lugar a la depositación de lignitos, conglomerados litorales y arenas parálicas. Alezones (2009), menciona que la deformación es el factor que define al Eoceno Superior en la Cuenca de Maracaibo. Varias unidades infrayacentes fueron erosionadas, y por tal motivo, las rocas del eoceno superior yacen discordantes respecto a las rocas preexistentes.

Durante el Oligoceno, la acumulación de sedimentos en la Cuenca de Maracaibo se concentró con mayor tendencia hacia los francos: al oeste los clásticos arenosos de la

Formación Carbonera y hacia el centro del Lago de Maracaibo la Formación Icoatea, la cual ha sido asignada por varios autores al Oligoceno.

- Formación Carbonera: es una unidad irregular de estratificación de areniscas, lutitas, limolitas y carbones localizada al suroeste de la Cuenca de Maracaibo, con espesor aproximado de 450 metros (Notestain *et al.*, 1944). La Formación La Sierra es su equivalente hacia el norte (noreste de la Cuenca).
- Formación La Sierra: Según Van Andel (1958), las areniscas de estas dos formaciones son consideradas como parte de la provincia de grauvacas, las cuales proceden de la Cordillera Central de Colombia al oeste. Tanto la Formación La Sierra como Carbonera se desarrollaron a lo largo del frente este de La Sierra de Perijá (Audemard, 1991).
- Formación Icoatea: se encuentra de manera muy esporádica en el subsuelo del Lago de Maracaibo rellenando depresiones de la superficie eocena erosionada. Consiste de limolitas y arcillitas, ocasionalmente carbonáticas. Sutton (1946) y Hass y Hubman, (1937); en González de Juana *et al.*, (1980), postulan que estos sedimentos son de origen eólico, con una sedimentación subsecuente en pantanos y lagunas.

Posteriormente, tiene lugar la depositación de la Formación La Rosa de edad Mioceno, que se compone areniscas gris verdosas fosilíferas intercaladas con lutitas, también fosilíferas y verdosas. Representa una máxima extensión de regresión de un mar poco profundo, que cubría la mayor parte de la cuenca de Maracaibo (L.E.V., 1997).

La Formación Lagunillas muestra una edad correspondiente al Mioceno Medio, compuesta principalmente por unas intercalaciones de areniscas poco consolidadas, lutitas y lignitos, según Cardozo (1996) en L.E.V. (1997), menciona que la parte basal de esta formación (Miembro Lagunillas) representa un complejo deltaico progradante sobre la

Formación La Rosa. El Miembro Bachaquero (zona superior), ejemplifica un ciclo regresivo, con predominio de ambientes deltaicos y fluviales.

La Formación Isnotú, según González de Juana *et al.*, (1980) es característica de unos ambientes de ríos entrelazados y abanicos aluviales para el Mioceno. Su litología de basa en lutitas con intercalaciones de areniscas con capas menores de arcilita laminar, carbón y conglomerado.

Finalmente, la Formación La Puerta es representada por areniscas macizas, limolitas y arcilitas principalmente (Sutton, 1996). Young (1960), realiza una división de la Formación La Puerta en tres miembros que son: Miembro Poro que consiste de lutitas abigarradas rojas y grises; Miembro Playa característico de Lutitas grises, y Miembro Timoteo compuesto esencialmente por arcilitas rojas.

4.4. Tectonoestratigrafía de las Napas de Lara

El desarrollo de las Napas de Lara se encuentra dentro de un marco tectónico asociado al inicio de la interacción entre la Placa Caribe con el borde norte de la Placa Suramericana, ocasionando diferentes etapas de esfuerzos transpresivos (Gómez A. 2012).

Baquero *et al.*, (2009) proponen cuatro etapas para el desarrollo estructural a partir de una plataforma cretácica.

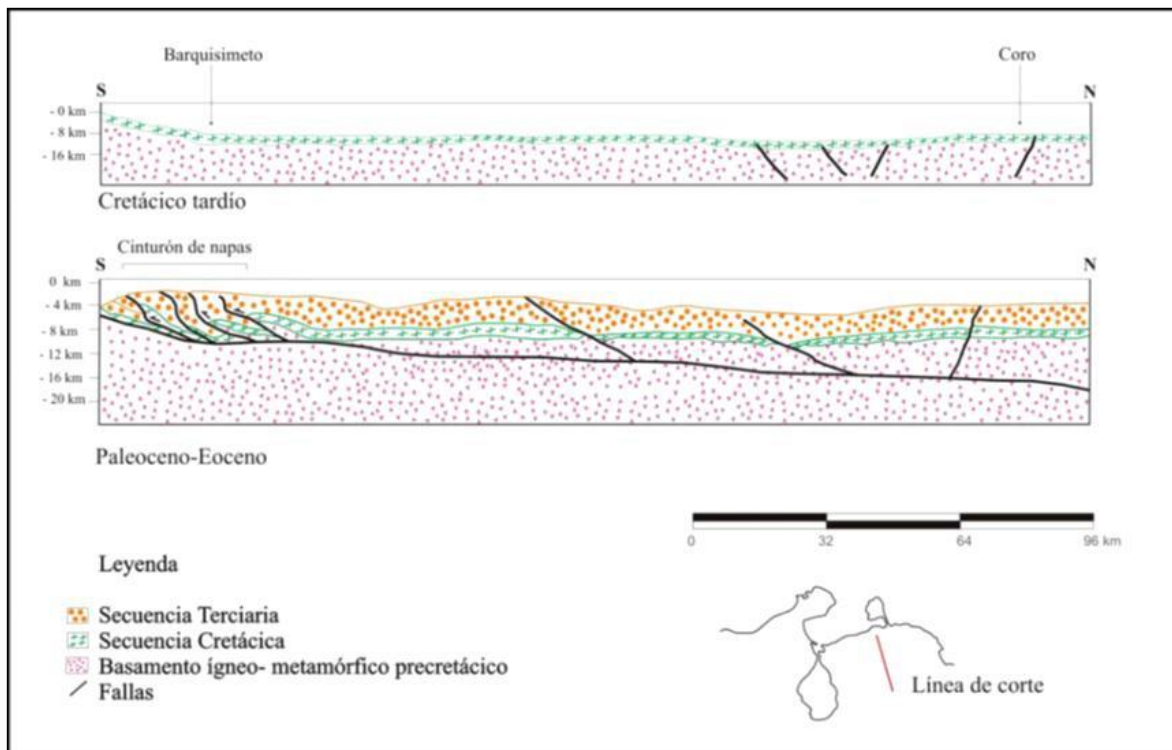


Figura 14. Cortes esquemáticos que muestran el emplazamiento progresivo del sistema imbricado de napas de Lara. Tomado de Baquero *et al.*, (2009) en Gómez (2012).

La primera etapa se atribuye al Paleoceno-Eoceno Temprano con el inicio de la interacción oblicua de la Placa Caribe con el borde pasivo de Suramérica, alterando las rocas cretácicas ya depositadas y emplazando parte de la Placa Caribe, dicha serie de emplazamientos es lo que se conoce como las Napas de Lara. A causa del emplazamiento de estas napas, se origina una cuenca antepaís, denominada como Surco de Barquisimeto, en donde se depositó la secuencia turbidítica tipo *flysch* de la Formación Matatere, depositada de manera discordante sobre las secuencias cretácicas. Se sugiere que estuvo involucrada en la deformación ocasionada por la migración de las napas hacia el sur, debido a los olistolitos cretácicos encontrados dentro del *flysch* (Montoya, 2015).

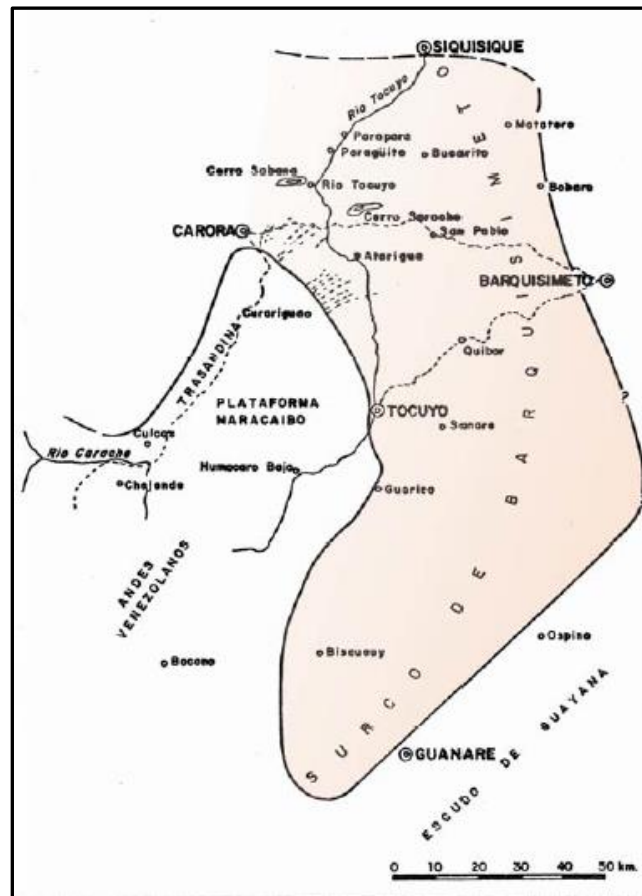


Figura. 15. Límites esquemáticos del Surco de Barquisimeto durante el Paleoceno-Eoceno Inferior. Tomado y modificado de Renz *et al.*, (1955).

Una segunda etapa entre el Eoceno Tardío-Oligoceno, la corteza alcanza su máximo espesor, afectando el continuo movimiento de la Placa Caribe, lo que ocasiona una subducción tipo “B” en el norte de la región (Gómez, 2012).

Se genera una descompresión subparalela a la subducción por una pausa en la actividad transpresiva de la Placa Caribe, lo que motiva a una reactivación de las fallas preexistentes y un posterior colapso tectónico en estructuras tipo graben y semigraben.

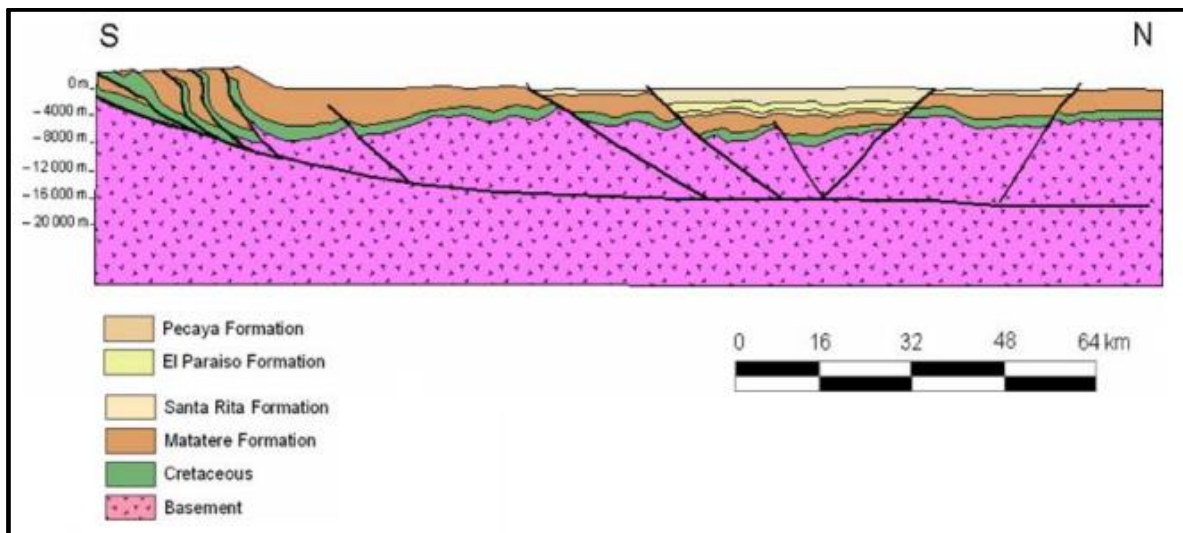


Figura 16. Sección reconstruida para el Oligoceno, Tomado de Baquero *et al.*, (2009) en Gómez (2012).

Según Baquero *et al.*, (2009) en Gómez (2012), la tercera etapa consta de un nuevo desplazamiento de la Placa Caribe hacia el sureste para el Mioceno Temprano- inicios de Mioceno Medio; generando la reactivación de fallas preexistentes y la inversión tectónica de la Cuenca de Falcón. Boesi & Godard (1991) en Montoya (2015) mencionan que el eje de la cuenca se transforma en el eje del sistema montañoso generado por la inversión de la cuenca, desarrollándose así dos provincias sedimentarias, Una al norte característica de facies marino costeras y marino profundas; mientras que la otra se desarrolla al sur con predominio de facies fluviales y de lagunas. Debido a este levantamiento de la cuenca, nace una serie de pliegues de orientación este- noreste, reconocido como el anticlinorio de Falcón.

Para la última etapa, la inversión se detiene debido a que las fallas reactivadas alcanzan el sistema imbricado de las Napas de Lara. No obstante, por el aún persistente movimiento de la Placa Caribe, nacen nuevas fallas de componente transcurrente con orientación parecida al sistema de fallas Oca- Ancón que cortan a las preexistentes y además coinciden con el levantamiento de los Andes, el cual genera un nuevo nivel de despegue al sureste que se une con las fallas al norte de la región generando un sistema triangular. Todo lo anterior corresponde a una edad Mioceno-Pleistoceno, según Baquero *et al.*, (2009).

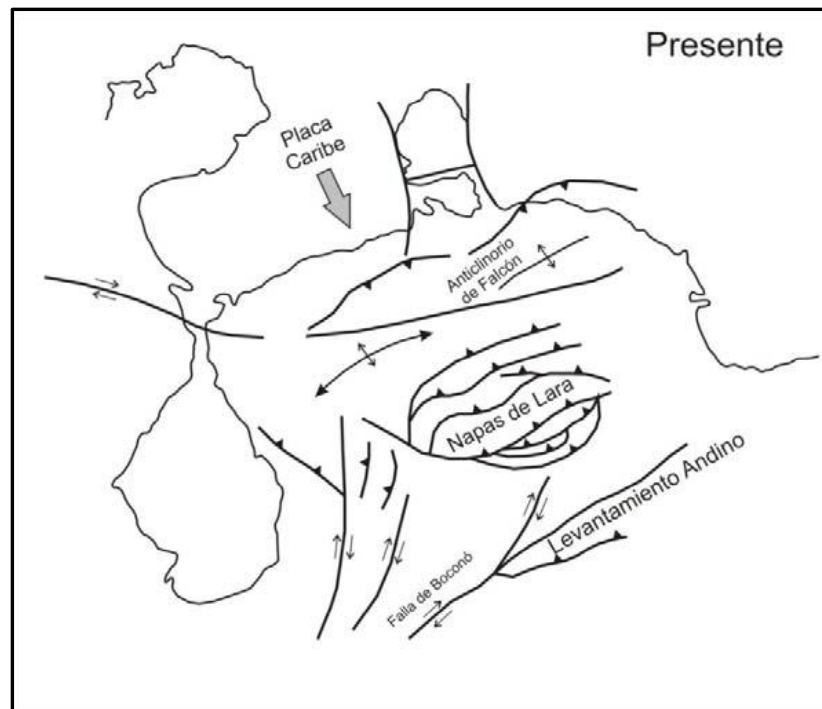


Figura 17. Situación Pleistocena al presente, se muestra la cuenca de Falcón “invertida” en conjunto con el levantamiento andino incipiente. Tomado y modificado de Baquero (2009) en Gómez (2012).

4.5. Estratigrafía del Surco de Barquisimeto

Los sedimentos más comunes de este Surco se encuentran contenidos en la Formación Matatere, el cual ha sido definido por Bellizzia y Rodríguez (1968) como una gruesa sección de turbiditas, generalmente areniscas impuras líticas o feldespáticas, areniscas conglomeráticas, conglomerados líticos, etc. Embebidos en la Formación Matatere se localizan los grandes olistostromos acompañados de olistolitos cretácicos y capas de peñones como las capas de Pavia y Paraguito (Renz *et al.*, 1955).

La Formación Matatere de carácter turbidítico, hacia el este grada a la Formación Trujillo, se identifica esencialmente por sus lutitas grises micáceas con intercalaciones de

areniscas grises delgadas de grano fino, y a menudo gradadas, según menciona González de Juana *et al.*, (1980).

Mientras que la Formación Trujillo se puede tomar en cuenta como una unidad de transición entre los ambientes de plataforma por parte de las formaciones Guasare y Misoa y la sedimentación del surco representada por Matatere.

CAPÍTULO V

5. GEOLOGÍA LOCAL

5.1. Generalidades

La información geológica a lo largo de toda la extensión geográfica que abarcan las zonas estudiadas se restringe a la descripción litológica y de los afloramientos observados; llevados a cabo previamente en los trabajos especiales de grado que sirvieron de base para el desarrollo del trabajo actual. De suroeste a noroeste se resumen las características de las formaciones para las 5 zonas involucradas identificadas en la fig.1 con una respectiva tabla indicando las muestras y formaciones que se asocian a cada zona:

- **Zona 1.** En el suroeste del estado Táchira, en el municipio Rubio, distrito Juanín.
- **Zona 2.** Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.
- **Zona 3.** Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.

Tabla 1. Muestras pertenecientes a la zona 1, 2 y 3.

Zona	Formación / Grupo	Muestras	tomadas de	Nota
1	Grupo Orocué	R-308	Mora (1980)	Secciones finas de la zona 3 no poseían mapa de ubicación de muestras ni columna estratigráfica adjunta
		R-270		
2		Cat-053	Lagazzi (1980)	
		Cat-060		
		Cat-062		
		Cat-066		
3		Cat-076	Alezones (2009)	
		Z-Mch-Tk-025		
		Z-Mch-Tk-023		
		Z-Mch-Tk-032		
1	Mirador	Z-Mch-Tk-022A	Mora (1980)	
		R-230		
2		Cat-112	Lagazzi (1980)	
		Cat-018		
		Cat-022		
		Cat-035		
3		10853'9"	Alezones (2009)	
		10127'00"		
		10064'11"		

- **Zona 4.** Al noreste del estado Zulia en el distrito Bolívar y Baralt; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia y el área de Zipayare abarcando todo el cerro Palo Negro.

Tabla 2. Muestras pertenecientes a la zona 4

Zona	Formación / Grupo	Muestras	tomadas de	Nota
4	Trujillo	Ve-258-79	Pitelli (1980)	Muestras se distribuyen entre el Venado y Zipayare
		Ve-264-79		
	Misoa	Zi-155-79		
		Zi-118-79		
		Zi-152-79		
		Zi-111-79		
		Ve-195-79		
		Ve-211-79		
		Ve-276-79		
		Ve-277-79		
	Paují	Zi-141-79		
		Zi-138b-79		
		Zi-132-79		
		Ve-366-79		

- **Zona 5.** Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda.

Tabla 3. Muestras pertenecientes a la zona 5

Zona	Formación / Grupo	Muestras	tomadas de
5	Matatere	L79-628L	Valdés (1980)
		L79-630A	
		L79-632A	
		L79-634G	
		L79-666C	
		L79-660A	
		L79-693A	

5.2. Grupo Orocué (fms. Barco y Los Cuervos)

Grupo formado por intercalación de lutitas y areniscas, subdividida en tres formaciones de forma ascendente en Catatumbo, Barco y Los Cuervos (siendo estas dos últimas las de importancia para el trabajo)

5.2.1. Formación Barco en la zona 1 aflora en la parte norte de la zona con un espesor aproximado de 120 metros. Hacia el intervalo inferior, se compone principalmente de capas de areniscas marrón oscuro y gris de grano medio a fino, escogimiento moderado y espesor oscilante entre 0,5-1,5 m; mientras las lutitas de este intervalo son poco compactas con capas entre 0,8- 0,2 m. En el intervalo medio se encuentra un mayor porcentaje de areniscas con espesores entre 1- 1,5 metros de color marrón claro a amarillento, y en el intervalo superior los espesores de las areniscas descienden (entre 0,2- 0, 4 metros) al mismo tiempo que comienzan a aparecer intercalaciones de capas de limolitas y lutitas de color marrón oscuro, laminadas, localmente carbonáceas y poco consolidadas (Mora, 1980).

En la zona 2, la formación aflora hacia la parte sur, su contacto es concordante con la Formación Los Cuervos suprayacente y hacia su base un contacto de falla con la formación Mirador también suprayacente. La unidad está definida principalmente por dos cuerpos mayores de areniscas interestratificados con lutitas y algunas capas de carbón. En general las areniscas son de colores claros, los dos cuerpos principales exceden los 10 metros, comúnmente micáceas con fragmentos de carbón y locales interestratificaciones de limo y lutita asociada a estratificación lenticular. Comúnmente presenta estructuras como estratificación y laminación cruzada (Lagazzi, 1980).

5.2.2. Formación Los Cuervos. En zona 1 el espesor aprox. en el área de estudios es de 150m; es básicamente una alternancia de lutitas, limolitas, areniscas, capas de carbón y algunos lentes de caliza en la parte superior de la unidad. Las arcillas son abundantes en toda la unidad, sobre todo en la parte media con colores abigarrados; las areniscas son de grano fino de color claro y amarillo oscuro, ligeramente friables y estratos individuales que varían entre 0,18-2, 5 metros. Estas capas se encuentran interestratificadas con estratos de diferentes espesores de lutitas (Mora,1980).

Para el suroeste del estado Zulia, esta formación la define una topografía baja a consecuencia de su gran espesor lutítico y carbonoso con unas pocas areniscas intercaladas. Las areniscas son sucias normalmente interestratificadas con limolitas y lutitas de colores oscuros, grises a verdosos con tonalidades rojizas por meteorización. Las capas se presentan

subparalelas y con ligero carácter erosivo en el contacto entre areniscas y lutitas (Lagazzi,1980).

Las areniscas identificadas para este grupo resultaron:

- a) Sublitarrenita: en general son areniscas de grano medio a muy fino, siendo las de grano fino las que predominan, estando los tamaños máximos entre 0,26mm y los más pequeños entre 0,005 mm. Presentan buen escogimiento, granos de subredondeados a subangulosos como se representa en la fig. 18. El tipo de cuarzo es principalmente monocristalino ígneo y metamórfico mientras que los policristalinos aparecen escasamente con no menos de tres cristales. Entre los fragmentos de rocas encontrados están los metamórficos como esquistos, cuarcita y filita; rocas sedimentarias del tipo lutita, arenisca cuarzosa, volcánica y fragmentos de ftanita o chert. Los feldespatos son menos abundantes, muchos se encuentran alterados, lo que dificulta su identificación y se reconoce un porcentaje muy escaso de plagioclasas en todas estas muestras. El porcentaje de porosidad no es mayor a 18% y es del tipo secundaria. Es común el cemento del tipo ilita- caolinita, cemento de óxido de hierro y sintaxial de sílice.

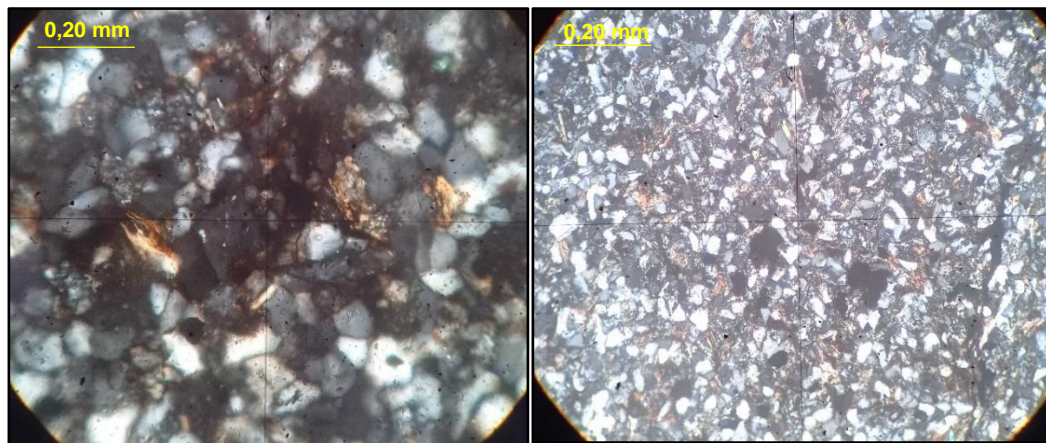


Figura 18. A la izquierda muestra Cat-066, obj. 10x de la zona 2. A la derecha muestra Z-Mch-tk-023, obj. 10x, zona 3; ambas en el estado Zulia. Donde se puede apreciar el buen escogimiento de los granos. Imágenes con nícoles cruzados

- b) Subarcosa: son areniscas de grano fino, con mal escogimiento las que pertenecen al estado Táchira y de buen escogimiento las que pertenecen al edo. Zulia. La porosidad es escasa, la cual da la impresión de ser generada a raíz de disolución de cemento o granos; los contactos se presentan como grano-grano o grano-cemento (fig. 19) que van desde longitudinales a suturados. Aquí, además de el gran contenido de cuarzo monocristalino, se presenta un porcentaje considerable de feldespatos (15% aprox.) que contiene ortosa principalmente, plagioclasas con maclado tipo albita y microclino; por otro lado, el chert es el fragmento de roca principal. Se encuentra mucha deformación de granos dúctiles y cemento de minerales de arcilla.

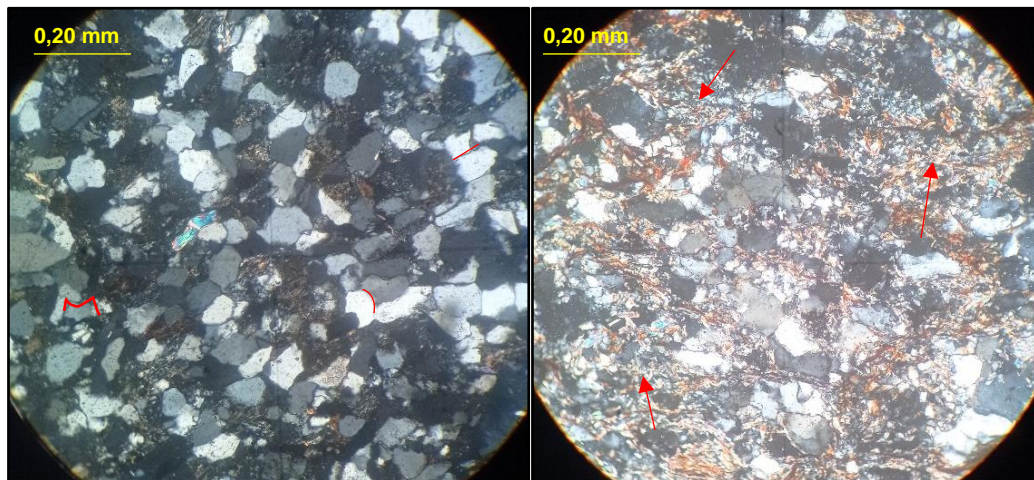


Figura 19. A la izquierda muestra Z-Mch-tk-032, obj. 10x de la zona 2 edo. Zulia. A la derecha muestra del edo. Táchira zona 1, R-270, obj. 10x en donde se aprecia la separación entre granos a raíz del cemento de minerales de arcilla. Imágenes en nícoles cruzados.

- c) Arenisca lítica: van de arenas de grano medio (0,42mm) a arenisca de grano fino (0,13mm). Muestras de bueno a moderado escogimiento, es abundante el contacto grano-cemento y cuando el contacto es grano-grano, usualmente es recto y en menor proporción cóncavo-convexo. El cemento principal es el de óxido de hierro, posiblemente de goethita, mientras que el cemento syntaxial se aprecia con dificultad. Los fragmentos de roca van de 27-32% (en el recálculo) del tipo sedimentaria,

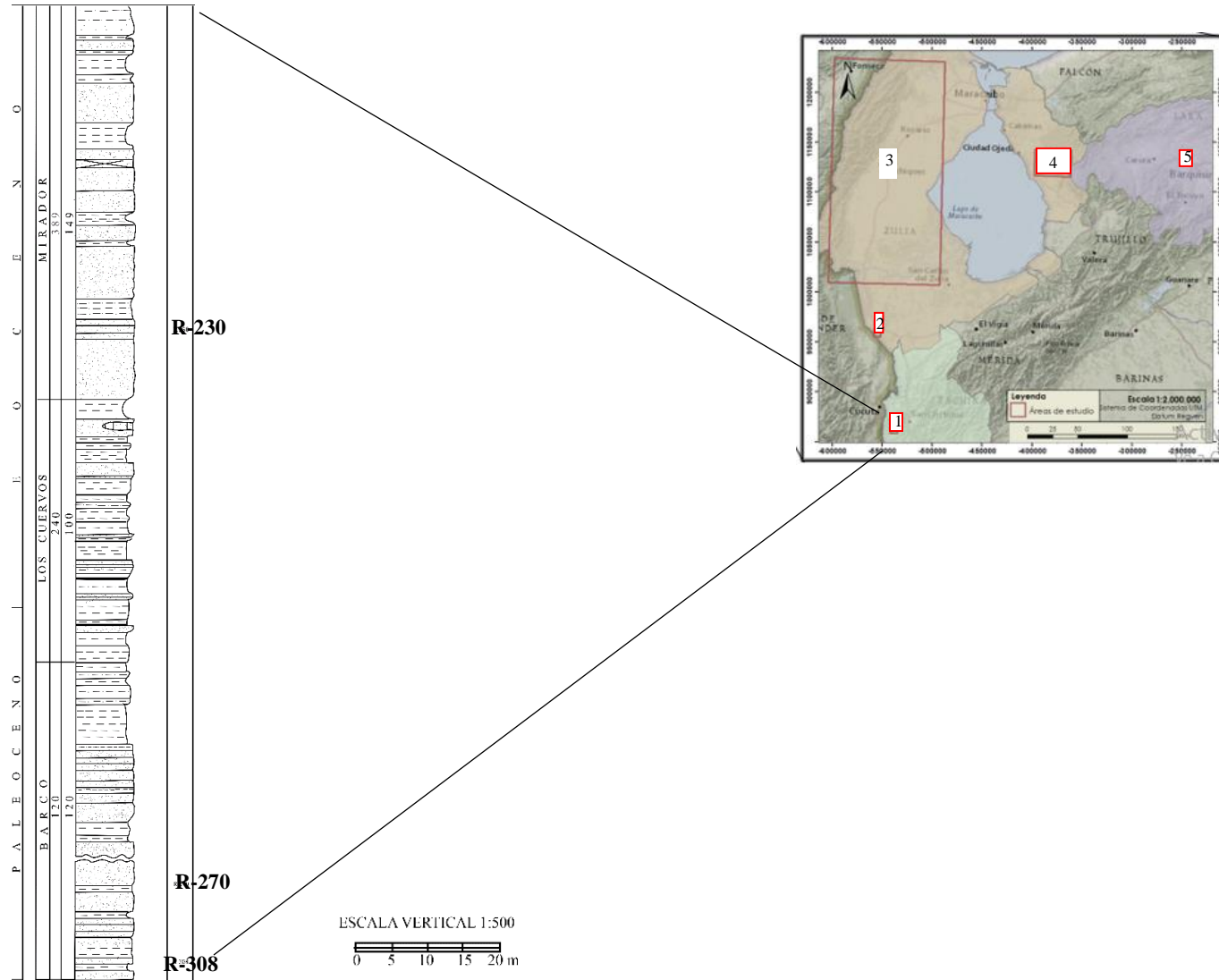


Figura 20. Columna estratigráfica y mapa que indica la pertenencia a la zona 1 correspondiente al estado Táchira, tomado y modificado de Mora (1980).

ESCALA 1:10.000

100 0 100 200 300 m

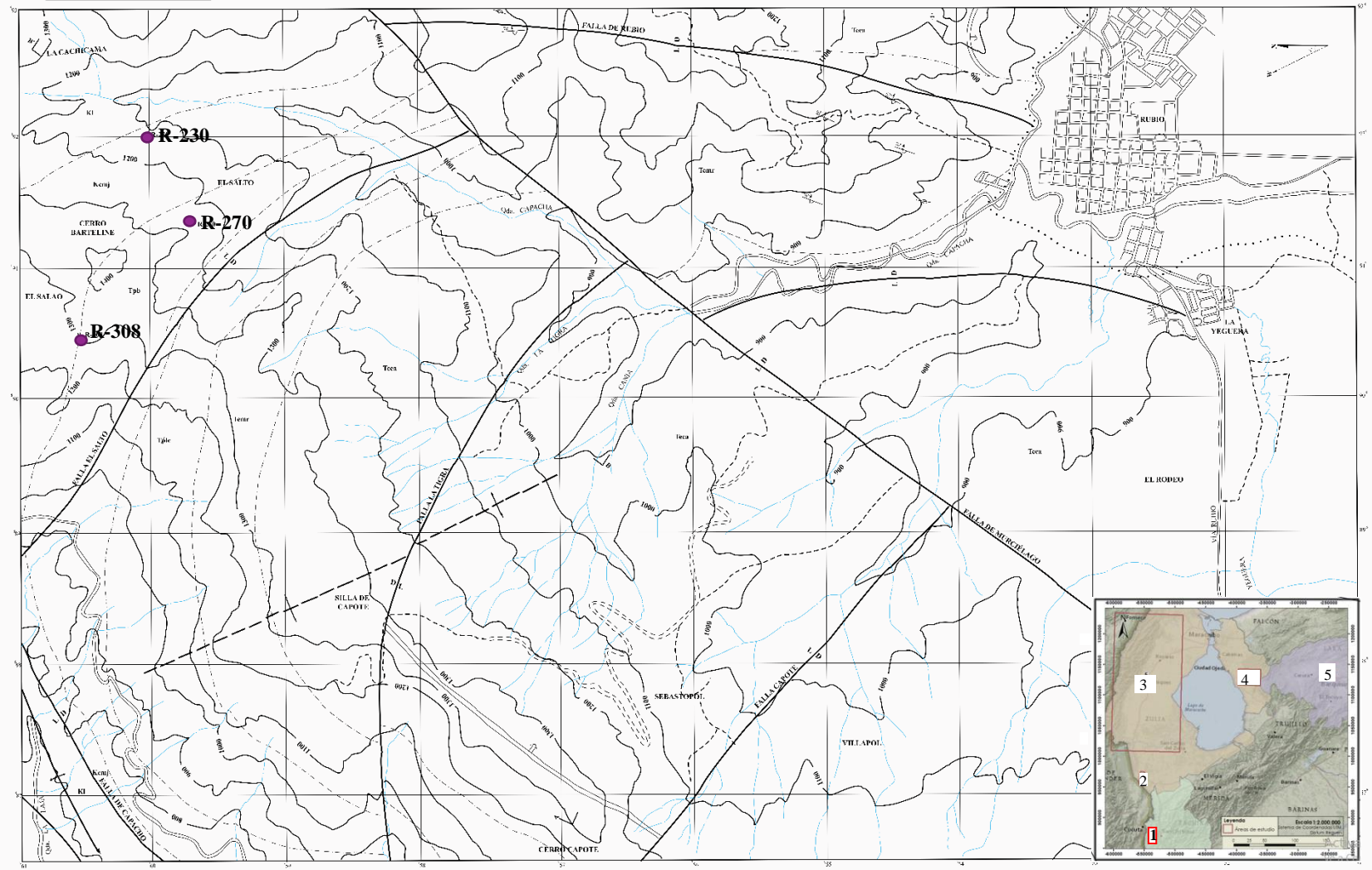


Figura 21. Mapa de ubicación de muestras correspondiente al estado Táchira, zona1. Tomado y modificado de Mora (1980)

metamórfica, volcánica y chert, algunas de las cuales se indican en la fig.20. Entre los minerales accesorios destacan el circón turmalina, clorita y la porosidad identificada es variada, como, por ejemplo: interpartícula, móldica y por disolución.

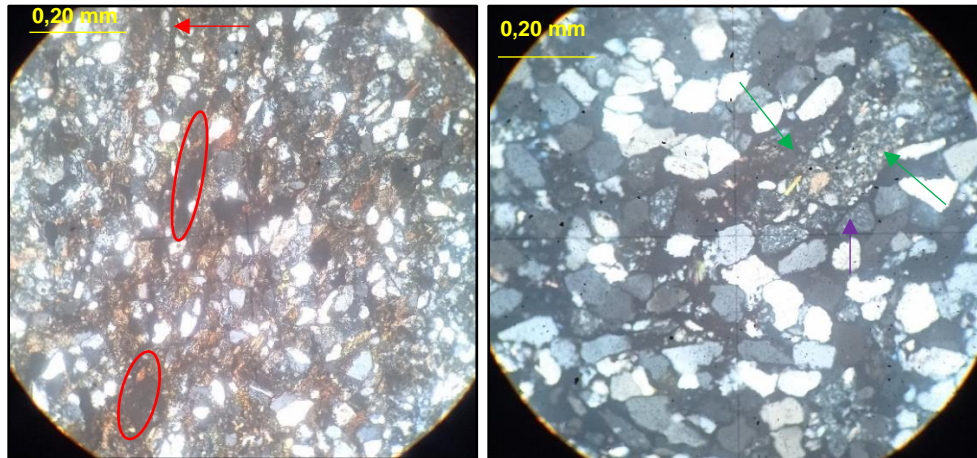


Figura 22. A la izquierda muestra Z-Mch-TK-025 encerrando cemento de óxido de hierro y a la derecha muestra Z-Mch-TK-022 A, indicando con flechas verdes fragmentos de roca sedimentaria y en flecha morada roca volcánica. Ambas con objetivo de 10x de la zona 3, edo. Zulia.

- d)** Grauvaca lítica: arenisca de grano medio, porcentaje de matriz superior al 15%, que con frecuencia se encuentra enmascarada por óxido de hierro. Del contenido total de cuarzo, aproximadamente el 60% es monocristalino ígneo. El cemento predominante es el de minerales de arcilla como la ilita y caolinita, y en menor proporción el cemento silíceo y de óxido de hierro. El fragmento de roca resaltante es el chert es el, seguido de fragmentos metamórficos.

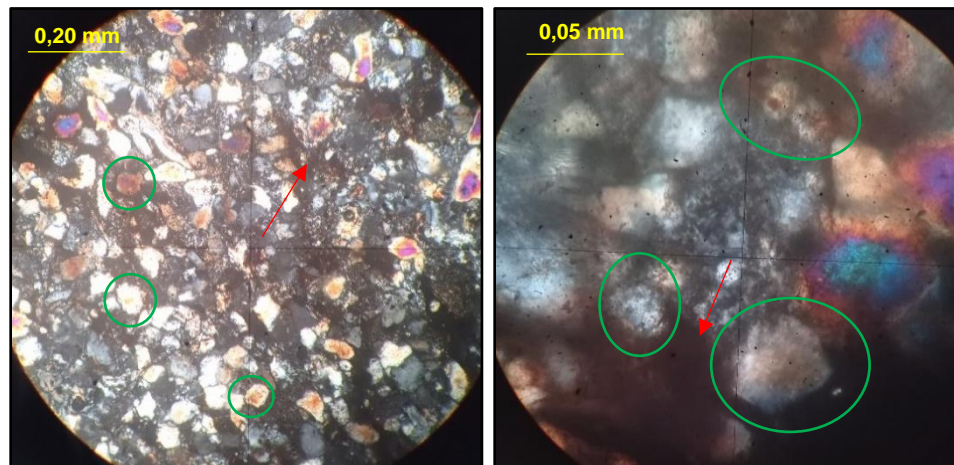


Figura 23. Muestra Cat-076 en nícoles cruzados con obj. 10x a la izquierda y obj. 4x a la derecha. Nótese la matriz señalada con las flechas rojas y el redondeamiento de granos dentro de los círculos verdes.

5.3. Formación Mirador

En el suroeste de Táchira aflora en dos franjas al norte de Rubio y está compuesta básicamente por areniscas de colores claros, cuarzosas, de grano fino a grueso en espesores que van de 1 a 30 metros; la mayoría son friables, muy comunes las láminas de óxido de hierro. Las capas gruesas de areniscas se encuentran interestratificadas con lutitas de color marrón y gris claro, masivas, algo micáceas y poco compactadas en estratos que varían entre 0,8- 4 metros. El contacto inferior entre la formación Mirador y Los Cuervos es concordante y transicional (Mora, 1980).

Grandes espesores de areniscas blancas a grisáceas representan el carácter distintivo de la unidad en la zona 2. Son areniscas con abundante proporción de cuarzo y pequeñas manchas causadas por alteración de la plagioclasa y escasas porciones de hierro que le da un color rojizo por teñido (Lagazzi, 1980).

Las areniscas se representan en cuerpos lenticulares y algunos subparalelos, con espesores variables entre los dos metros, aproximadamente hasta 10 metros. Es también común encontrar acumulaciones de clastos de arcilla en la base de los lentes de areniscas;

dichos clastos representan la parte inferior de tal cuerpo como el carácter erosivo durante la formación (Lagazzi, 1980).

- a) Subarcosa: presentan de moderado a mal escogimiento con porosidades que oscilan entre 14%-25%; los granos van de redondeados a subangulosos donde predominan los contactos longitudinales, seguidos de los cóncavo-convexos; los contactos entre grano y cemento comúnmente dan la impresión de contactos suturados. Se hallan cuarzos con inclusiones de circón; feldespatos principalmente ortosa, los otros alterados a caolinita, sericita y porcenatjes menores de microclino y plagioclasas. Los minerales accesorios como las micas aparecen con frecuencia deformadas entre granos de mayor competencia y con tamaños entre 0,1mm -0,4mm.

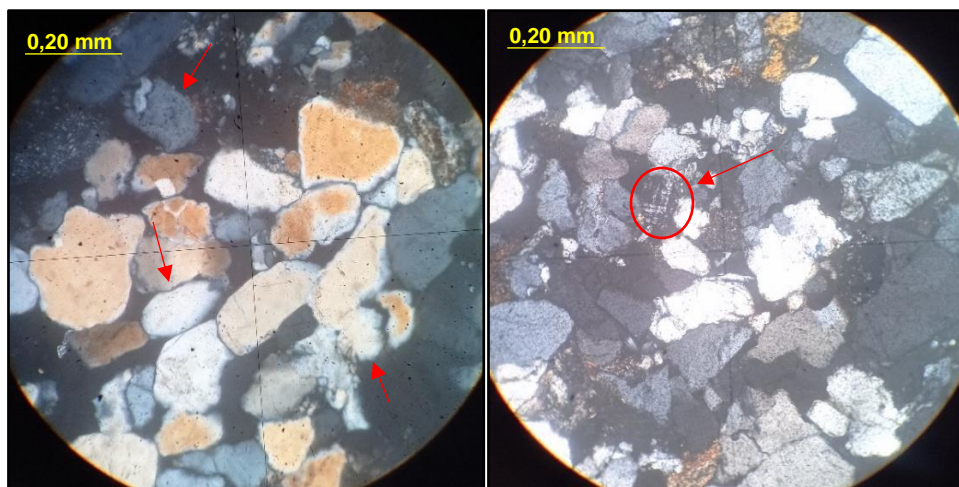


Figura 24. A la izquierda muestra Cat-035, zona 2 indicando granos redondeados. A la derecha muestra 10127'00", zona 3 indicando grano de microclino. Ambas muestras del edo. Zulia con obj. 10x.

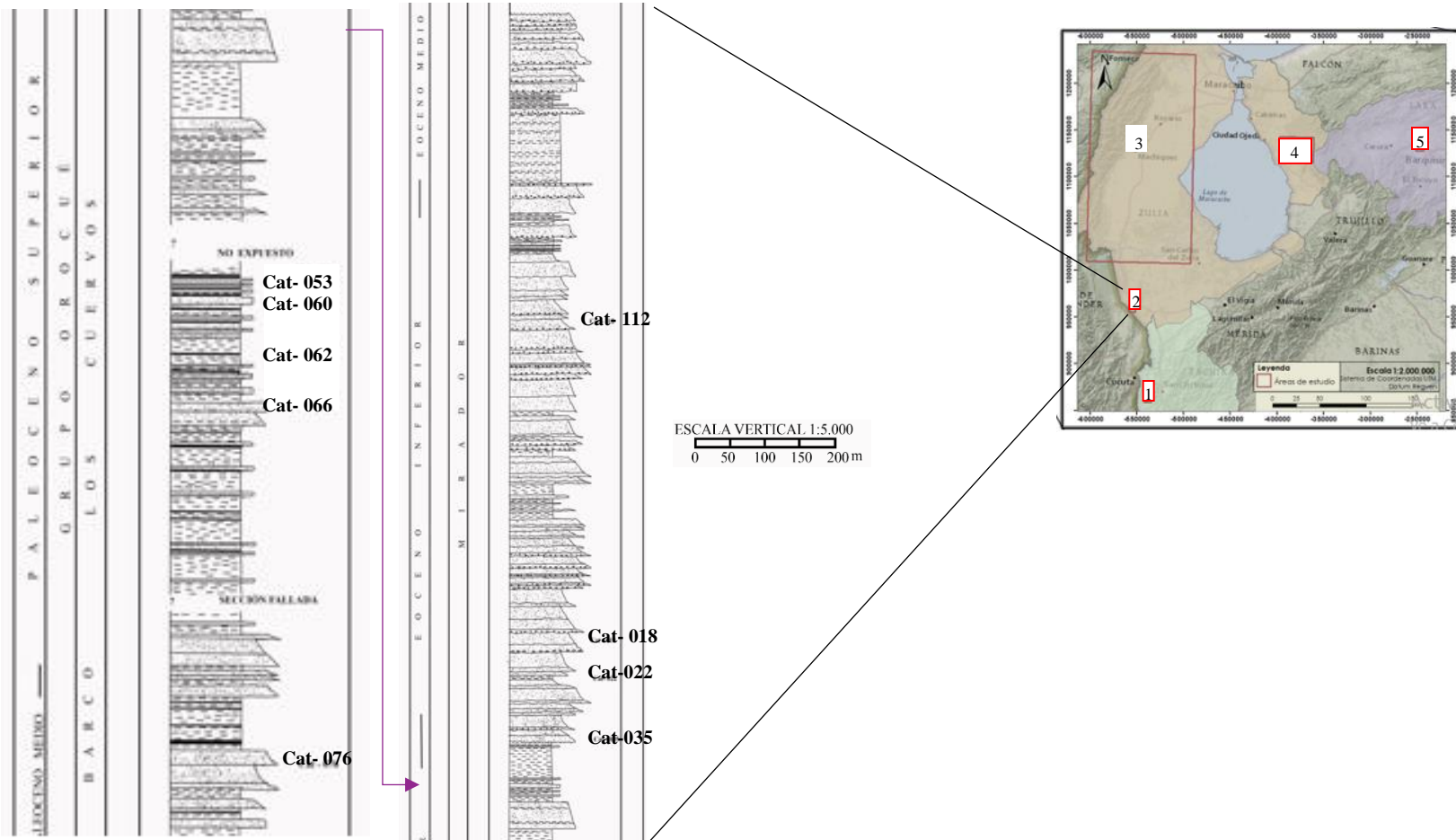


Figura 25. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras de la zona de estudio correspondiente al suroeste del edo. Zulia, zona 2. Tomado y modificado de Lagazzi (1980).

- b) Arenisca cuarzosa: arenisca limpia con 30% de porosidad; prevalecen los cuarzos ígneos de extinción recta y en menor porcentaje los cuarzos metamórficos monocristalinos, mientras que el cuarzo policristalino es apenas un 2%. Cemento sintaxial de sílice de distingue con facilidad y como minerales accesorios se hallan epidoto y moscovita. Existe gran contacto grano-grano; longitudinales, cóncavo-convexo y suturados.

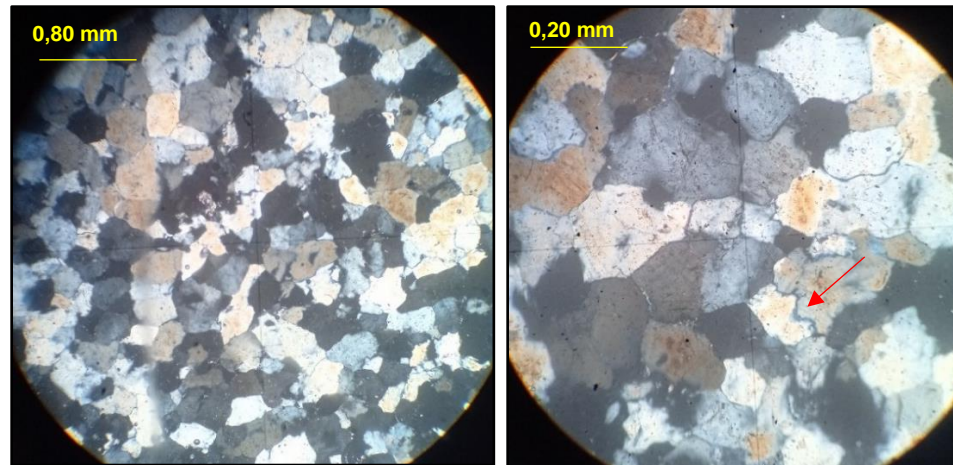


Figura 26. Muestra R-230, zona 1 edo. Táchira, a la izquierda foto con obj. 4x y a la derecha foto con obj. 10x. Flecha indicando contacto suturado. Nícoles paralelos.

- c) Arcosa/ arenisca feldespática: arenisca con buen escogimiento, alto porcentaje de porosidad (38%) del tipo interpartícula y por disolución de granos y cemento. Muchos granos se presentan bastante deteriorados, pero los contactos entre grano-grano en su mayoría son suaves, inclusive contactos puntuales. Entre los feldespatos se reúne un aproximado de 18% con la suma de ortosa y plagioclasas; entre los fragmentos de roca sobresale el chert y en un porcentaje muy pequeño lutitas y rocas volcánicas.

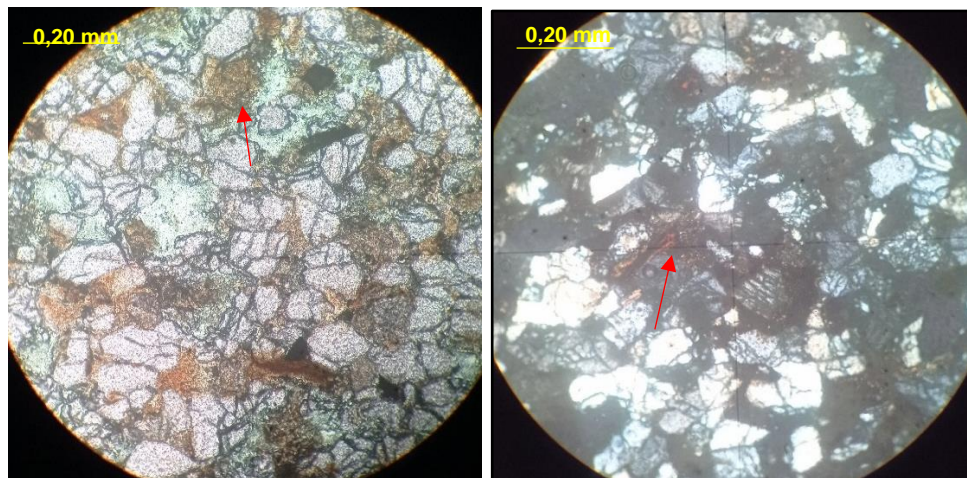


Figura 27. Muestra de pozo 10064'11", en nícoles paralelos (izq.) y nícoles cruzados (derecha) obj. 10x. Flecha indica cemento de óxido de hierro. Zona 3, edo. Zulia.

5.4. Formación Trujillo

Formación que aflora en la zona 4, al noreste del edo. Zulia, se encuentra constituida por una alternancia de lutitas y areniscas. Las lutitas son de un color gris oscuro y por meteorización obtienen un tono marrón amarillento con algunas vetas de cuarzo secundarias que siguen una dirección preferencial paralela a la estratificación principalmente. Las areniscas son de grano fino, cuarzosas masivas y de colores grisáceos, en general se encuentran muy fracturadas y diaclasadas.

Las capas pertenecientes a esta formación son de poco espesor (máximo 50cm), poseen contactos planos paralelos entre ellas, características de una secuencia turbidítica y donde se encuentran laminaciones y gradación como estructuras sedimentarias (Pitelli, 1980).

- a) Sublitarenita: areniscas de grano fino a medio con un 18% de porosidad primaria interpartícula y secundaria tipo móldica; por lo general de buen escogimiento, algunos granos se muestran bastante redondeados pero los que resaltan son los de subredondeados a subangulosos. La poca matriz que aparece es micrita, en ciertos lugares dando la impresión de estar siendo remplazada con cemento. Los

fragmentos de rocas observados son: chert, rocas metamórficas como cuarcita y gneis, fragmentos de areniscas y roca carbonática redondeada. El porcentaje de cemento oscila entre 15-18%, siendo de minerales de arcilla, silicio y carbonático.

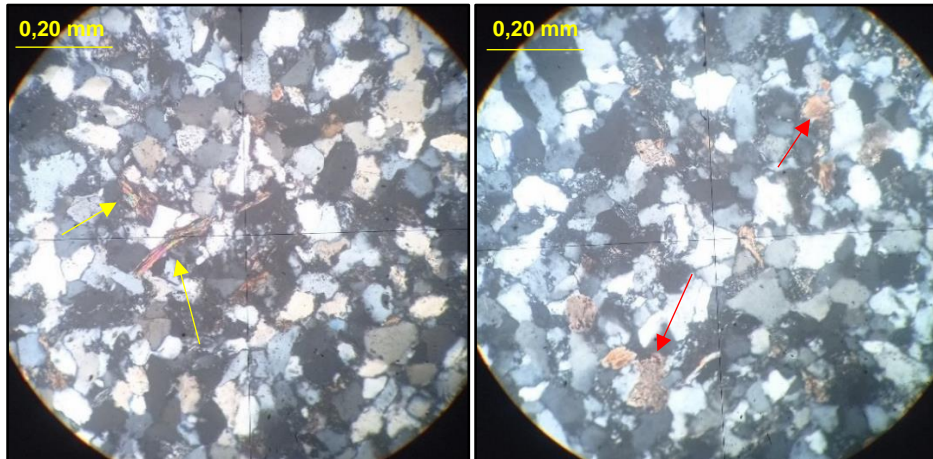


Figura 28. Muestra Ve-258-79 con objetivo de 10x. en nícolez cruzados. Flechas indican granos dúctiles (en amarillo) y cemento carbonático (en rojo).

5.5. Formación Misoa

Aflora en El Venado y Sipayare al noreste del estado Zulia (zona 4). Se constituye por limolitas, lutitas y areniscas en mayor porcentaje.

Las lutitas son generalmente masivas de color gris claro y meteorizan a tonos rojizos, reflejan fractura irregular, algunas concoideas y con concreciones de óxidos de hierro redondeadas. Las areniscas son grises con colores de meteorización parduzco a naranja, grano medio, abundantes fracturas y fallas de pequeña escala (Pitelli, 1980).

La Formación Misoa es concordante con la Formación Paují suprayacente y con la infrayacente formación Trujillo.

- a) Grauvaca feldespática: areniscas con porcentajes de matriz entre 20-30% de minerales de arcilla que en muchos casos tienden a enmascarar los granos, perjudicando su identificación y dando un aspecto flotante. La porosidad que presentan es interpartícula y en lugares muy puntuales móldica. Los feldespatos aparecen euhedrales a subhedrales; ortosa, plagioclasa, microclino y feldepatos

alterados. El chert es el fragmento de roca principal, presentando un aspecto redondeado. Escogimiento va de moderado a malo y los minerales accesorios identificados son: biotita, apatito, moscovita, turmalina, circón, clorita.

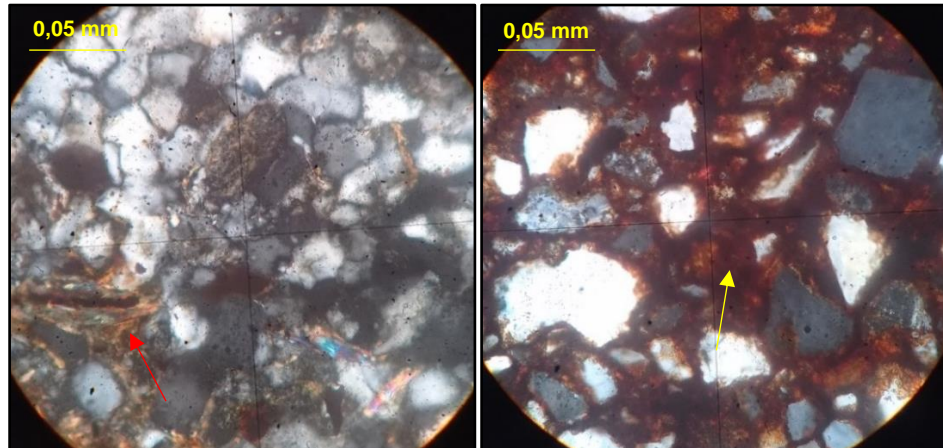


Figura 29. A la izquierda muestra Ve-277-79, con matriz de min. de arcilla ilitizándose. A la derecha granos de la muestra Ve-211-79 sobre matriz de min. De arcilla y contenido de óxidos. Ambas fotos con obj 40x.

- b) Subarcosa:** son areniscas limpias que van de grano fino a medio, con porcentajes de porosidad entre 20%-25% principalmente primaria interpartícula donde, además, los espacios porosos tienen gran nivel de interconexión. Los granos se disponen de una manera bastante compacta; sus contactos van de longitudinales a suturados; en algunos de ellos se reflejan efectos de presión-solución. El contenido de feldespatos va de 10-12%, en su mayoría alterados; se distingue la ortosa y cristales de plagioclasas de menor tamaño en comparación con los otros granos y no representan más del 3% del porcentaje total de feldespatos. Cementos identificados son: carbonático, sintaxial de sílice (muy marcado) y de óxidos de hierro; en donde se sugiere que el cemento de sílice fue el primero en precipitar debido a que muestra una apariencia más euhédrica y mayor distribución en la muestra en comparación con el cemento carbonático; el cual tiene la apariencia de ser el último en orden de precipitación al ocupar los espacios remanentes entre granos competentes de cuarzo.

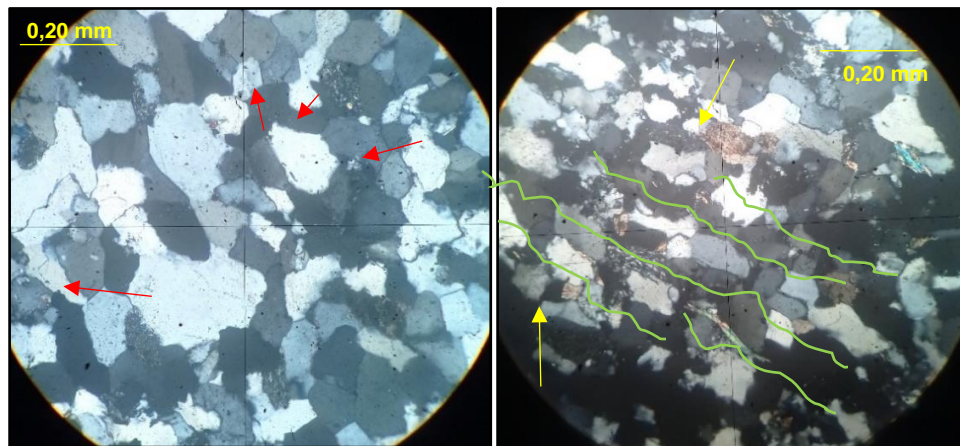


Figura 30. A la izquierda muestra Ve-276-79, obj. 10x indicando sobrecrecimiento de sílice (flechas rojas). A la derecha muestra Zi-152-79, obj. 10x, indicando cemento carbonático (flechas amarillas). Nótese la organización de la muestra de la derecha, que parece tener una ligera tendencia.

- c) Sublitarenita: sus espacios porosos son pronunciados, se presume que es interpartícula pero también puede atribuirse un porcentaje por disolución y también móldica. Los granos se encuentran muy poco compactados debido a la precipitación de cemento carbonático, por lo que los contactos entre granos oscilan entre puntuales a cóncavo-convexo (este en menor proporción), el aspecto se clasifica como flotante. Los fragmentos de roca en orden de abundancia son; chert, fragmentos sedimentarios y metamórfica (esta última como traza). Entre los minerales accesorios se tienen moscovita y biotita.

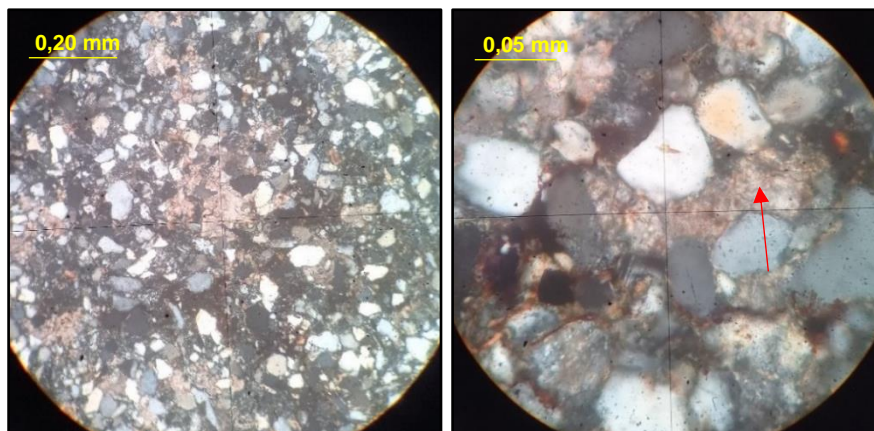


Figura 31. A la izquierda muestra Zi-155-79, obj. 10x y a la derecha misma muestra con obj. 40x. Nótese la abundancia de cemento carbonático y los granos redondeados.

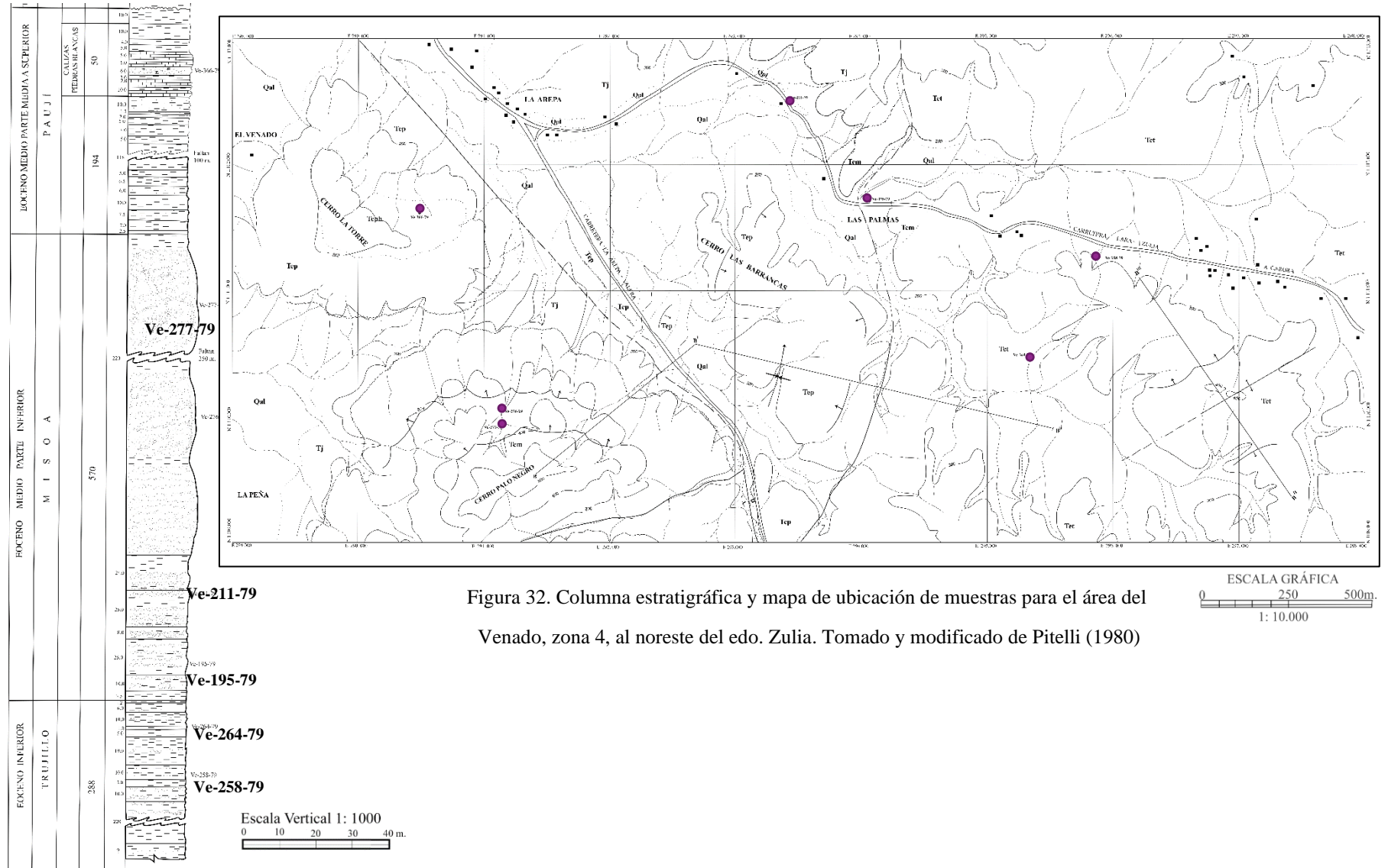


Figura 32. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras para el área del Venado, zona 4, al noreste del edo. Zulia. Tomado y modificado de Pitelli (1980)

5.6. Formación Paují

En Sipayare aflora hacia el sur formando elevaciones comúnmente menores a los 100 m.s.n.m. y en el Venado forma elevaciones de hasta 300 m.s.n.m en el cerro Barrancas y en el cerro La Torre. La formación está representada esencialmente por una secuencia lutítica de gran espesor, areniscas con grados limosos y limolitas. Las lutitas son de color marrón oscuro y naranjas a parduzcas cuando se encuentran meteorizadas, presentan fracturas irregulares y concoideas, concreciones de óxido de hierro. Las areniscas son generalmente limosas, se encuentran aisladas dentro del cuerpo lutáceo, no son masivas y muchas aparecen en forma de lentes; son de grano fino y algunas son calcáreas, presentando a su vez vetas de calcita.

- a) Grauvaca feldespática: areniscas con matriz micrítica que comienza a ser remplazada por cemento. Areniscas por lo general de grano fino y moderadamente escogidas, sus contactos entre granos principalmente longitudinales y muchas veces con aspecto flotante, contactos del tipo cóncavo-convexo y suturado son los de poca frecuencia. Los porcentajes de cuarzo para estas areniscas es aproximadamente en 36%, mayormente monocristalino ígneo y metamórfico; policristalinos son pocos. Los feldespatos son potásicos y los porcentajes de plagioclasas cuando aparece no sobrepasan el 4% y los fragmentos de roca son básicamente chert y algunos fragmentos de areniscas.

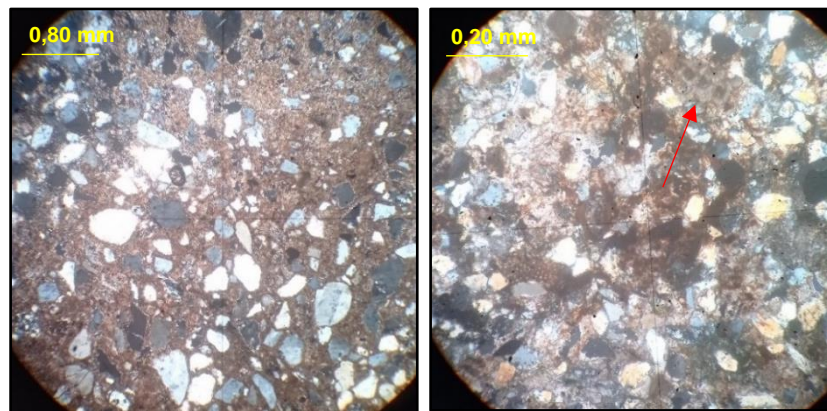


Figura 33. A la izquierda muestra Zi-141-79 con obj. 4x. A la derecha muestra Ve-366-79 con obj. 10x. Nótese en ambas muestras la matriz micrítica transformada a cemento carbonático, el aspecto flotante y fragmentos fósiles indicado con la flecha.

- b) Subarcosa: arenisca de grano medio, moderadamente escogida con granos angulosos y subangulosos; en poco porcentaje está los granos subredondeados (aprox. 5%). Cuenta con un 15% aproximado de cemento de minerales de arcilla, tipo illita- esmectita. Entre los feldespatos resaltan las plagioclasas y ortosa, también porcentajes menores de microclino (1%). El total de fragmentos de roca metamórfica, sedimentaria y chert ocupan un 10% y entre los minerales accesorios se tiene, circón, óxidos, biotita, clorita, moscovita. Se aprecia con facilidad el sobrecrecimiento de sílice y cemento carbonático.

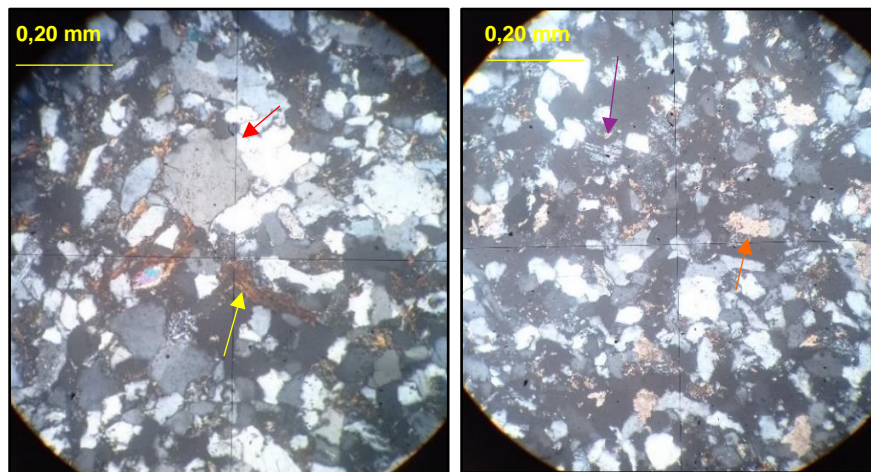


Figura 34. A la izquierda muestra Zi-138b-79, donde se evidencia sobrecrecimiento de sílice (flecha roja) y grano de biotita (flecha amarilla). A la derecha muestra Zi-132-79, con presencia de cemento carbonático (flecha naranja) y pequeños granos de plagioclasas (flecha morada). Ambas fotos con obj. 10x

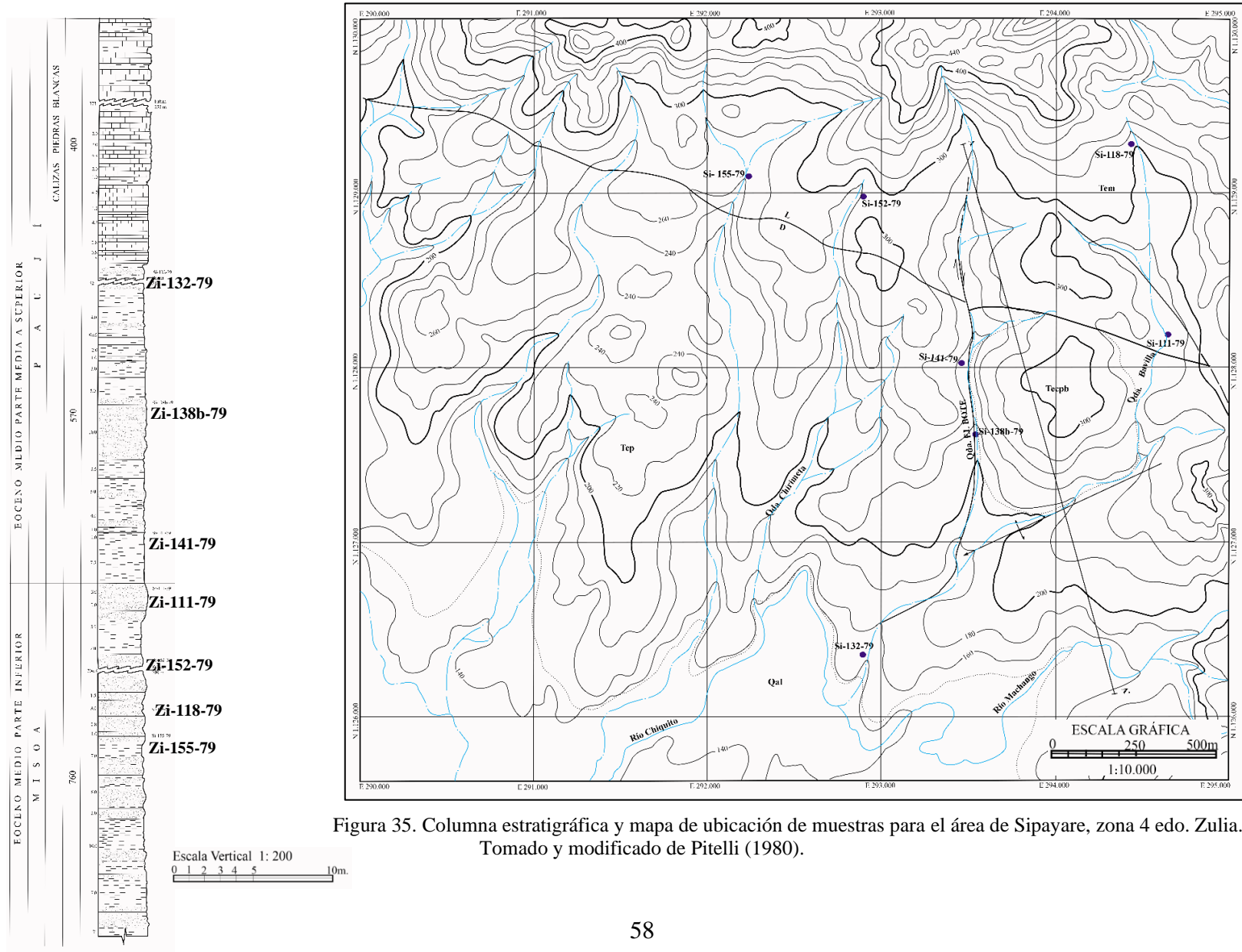


Figura 35. Columna estratigráfica y mapa de ubicación de muestras para el área de Sipayare, zona 4 edo. Zulia. Tomado y modificado de Pitelli (1980).

5.7. Formación Matatere

Unidad presente en la zona 5, el área Pozo Guapo-Las Peñitas, edo. Lara como secuencia tipo *flysch*, lo que constituye una intercalación monótona de lutitas, areniscas frecuentemente turbidíticas y limolitas.

El porcentaje de lutitas oscila entre 60%-70% de la unidad. Son de color negro a gris oscuro, que toman tonalidades verdosas, amarillentas y marrones al meteorizar. Presentan fractura en forma de “astilla” y es común encontrar pequeñas concreciones de óxido de hierro orientadas paralelamente a los planos de estratificación. Las areniscas ocupan del 20%-30% de la sección; por lo general se presentan en capas delgadas, siendo los espesores más frecuentes de 1-50 cm a lo largo de la secuencia, pero hacia la parte superior de esta alcanzan hasta 3 m. En menor porcentaje se encuentran las limolitas que constituyen del 5% al 10% de la secuencia presentándose en delgadas capas lenticulares de 1-20 cm de espesor (Valdés, 1980).

Se analizaron siete areniscas para esta formación, de las cuales resultaron: 57% areniscas cuarzosas, 29% subarcosas y 14% grauvacas feldespáticas.

- a) Arenisca cuarzosa: areniscas grano grueso de moderado a mal escogimiento con granos subredondeados a angulosos. Los contactos entre granos van desde flotantes (gracias a la precipitación de cemento) a cóncavo-convexo, algunos contactos suturados principalmente se observan entre los granos de menor tamaño. Cementos como el carbonático y sintaxial de sílice son los que destacan y evidencias de fósiles como fonaminíferos bentónicos.

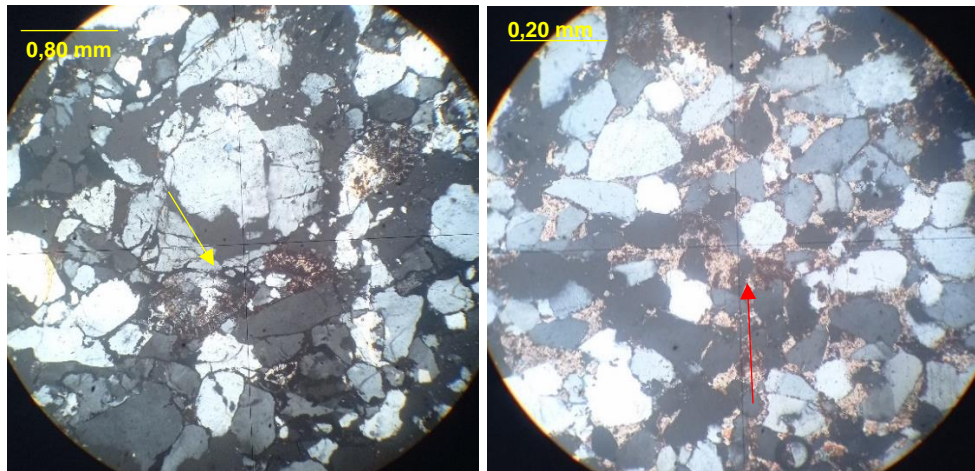


Figura 36. A la izquierda muestra L79-632-A obj. 4x y a la derecha muestra L79-628L obj. 10x. Nótese foraminífero bentónico (flecha amarilla) y el cemento carbonático (flecha roja).

- b) Subarcosa: muestras tanto bien escogidas como mal escogidas, porosidades principales del tipo secundario (fractura, móldica y disolución) con grandes espacios que quedan interconectados. Los cementos que predominan es el de óxido de hierro y silíceo. El porcentaje de feldespatos oscila entre 7-9%, tipo ortosa y algunos alterados y el porcentaje de cuarzo de 43 a 60% aproximado; algunos de ellos tienden a alinearse en una dirección preferencial.

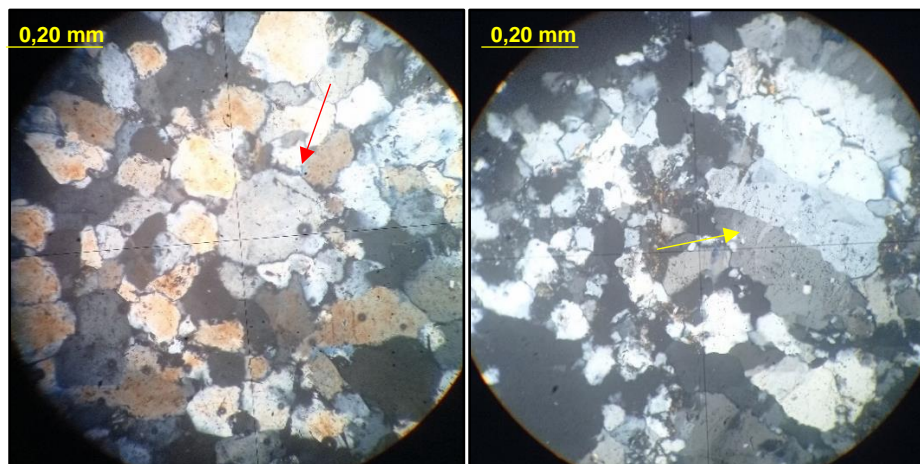


Figura 37. A la izquierda muestra L79-666C, nótese sobrecrecimiento de sílice. A la derecha muestra L79-693A, se aprecia diferencia en el tamaño de grano y una cierta alineación reflejada por el paralelismo de los contactos longitudinales entre ellos; ambas fotos con obj. 10x.

- c) Grauvaca feldespática: arenisca de grano fino, buen escogimiento y matriz micrítica que en ciertas zonas ya comienza a ser remplazada por cemento; el cual se identifica por cambio en su color de interferencia y por la aparición de cristales o pequeñas caras desarrolladas entre la masa opaca. Su porosidad oscila entre 10-12%, siendo estos, grandes espacios continuos que dan la impresión de ser originados por fractura. Varios de los feldespatos se encuentran alterando a minerales de arcilla y las plagioclasas existentes aparecen a manera de reliquias. Entre los accesorios se hallan moscovita y biotita alterando a clorita.

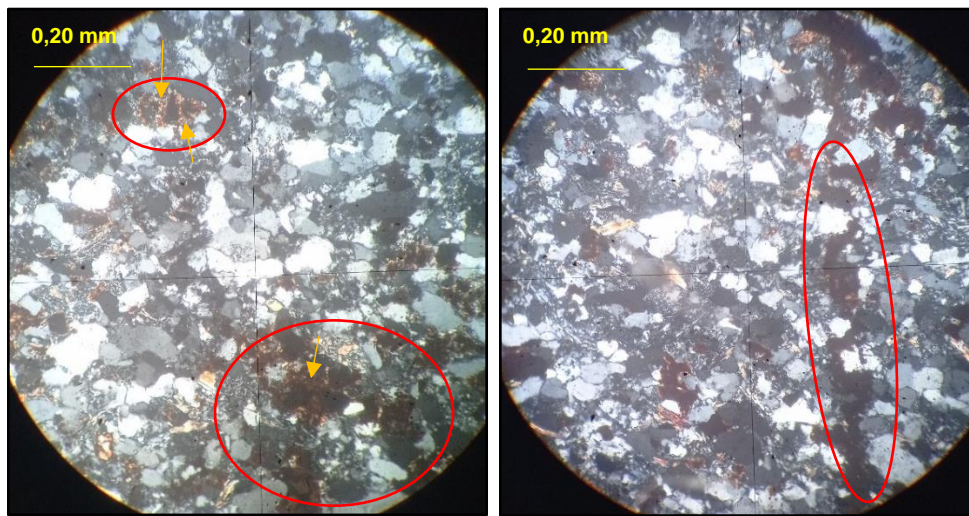


Figura 38. Muestra L79-660A, con obj. 10x. Nótese los espacios con matriz micrítica y zonas que comienzan a ser remplazadas por el cemento carbonático indicado con flecha.

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS PETROGRÁFICO

6.1. Generalidades

El presente capítulo incluye los resultados petrográficos para las muestras de pozo y superficie que se consideraron en mejor estado y mayor relevancia para el estudio; provenientes de las formaciones: Barco y Los Cuervos (Grupo Orocué), Mirador, Trujillo, Misoa y Matatere.

En primera instancia se exponen los componentes principales identificados; seguido de una representación gráfica de los triángulos de clasificación de Pettijohn, Potter & Siever (1972) elaborados por zonas, y una distribución porcentual de la variada litología para cada una de las formaciones, obtenida a partir de dicha clasificación. Posterior a ello, se realiza una descripción litológica general y por último una evaluación y comparación de los procesos diagenéticos.

6.2. Componentes principales

Entre ellos se encuentran los siguientes elementos texturales: granos (cuarzo, feldspatos, fragmentos de roca y minerales accesorios), matriz, cemento y la porosidad; aunque esta última no es clasificada como un elemento textural, es un factor importante en el estudio de las areniscas.

6.2.1. Granos

- **Cuarzo**

Es el componente detrítico más abundante en la mayoría de las muestras, identificándose tres tipos para esta etapa: cuarzo monocristalino de origen ígneo plutónico, cuarzo monocristalino de origen metamórfico y cuarzo policristalino metamórfico.

El cuarzo ígneo es característico por su extinción recta a casi recta; mientras que el de origen metamórfico se asocia a los que presentan una extinción ondulatoria. Su tamaño y morfología es variado según cada zona, su redondez principalmente se haya comprendida en un rango de subangulos a subredondeados y en menor porcentaje los que son redondeados.

Por otro lado, el cuarzo policristalino se presenta esencialmente con más de 3 granos, redondeado a sub-redondeado, y en menor proporción, en granos alargados.

Es común observarlos con sobrecrecimiento de sílice, inclusiones y en algunos casos con aspecto subherdral.

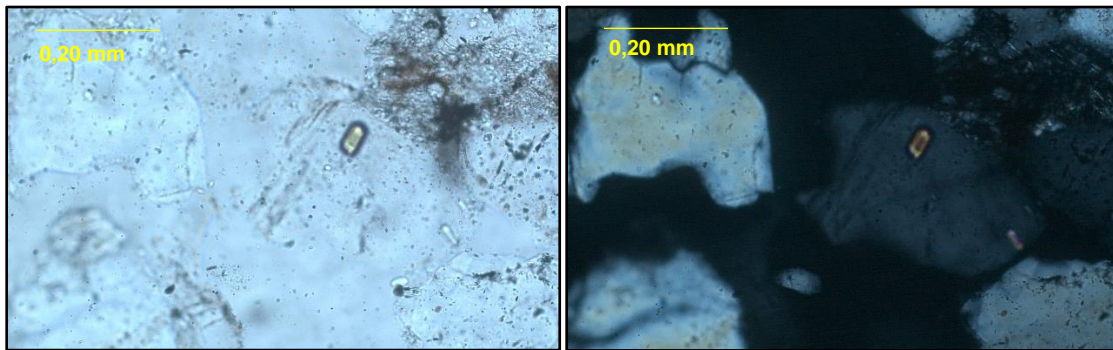


Figura 40. Cuarzo monocristalino con inclusión de posible circón. Muestra Cat-112, Formación Mirador. Obj. (10x)

- **Feldespatos**

Se identificaron plagioclasas y feldespatos potásicos. Entre los feldespatos potásicos se tiene el microclino, reconocible por su maclado característico tipo tartán; su presencia en las muestras es muy baja y usualmente aparece en granos muy finos sub-angulosos. También se haya presente la ortosa en todas las areniscas, de granulometría variada, con bordes de subredondeados a subangulares y en muchos casos con aspecto subherdral.

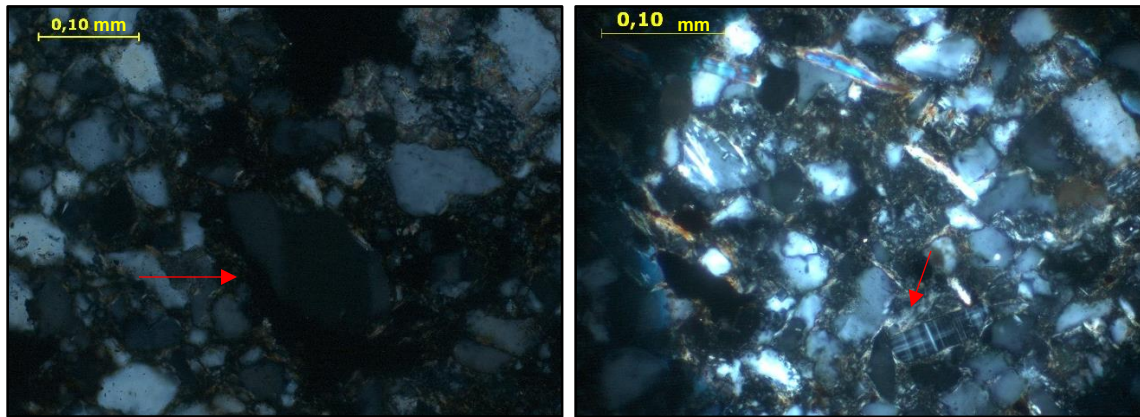


Figura 41. A la izquierda feldespato tipo ortosa subangular y extinción ondulatoria (muestra Zi-155-79). A la derecha microclino alargado con bordes subredondeados (muestra Ve-277-79). Formación Misoa, Obj (20x).

Para el caso de las plagioclasas, estas aparecen con maclado polisintético y muy escasamente con maclado tipo *carlsbad*. En muchos casos es imposible identificar el tipo de plagioclasas debido a su tamaño fino.

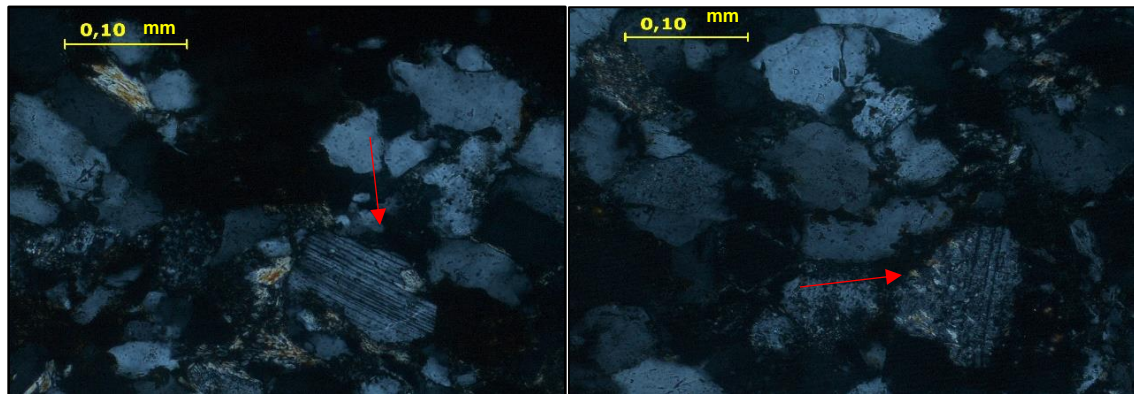


Figura 42. A la izquierda plagioclasas tipo albita con bordes redondeados (Muestra Zi-155-79). A la derecha obsérvese la alteración de sericita (Muestra Zi-111-79). Formación Misoa. Obj (20x).

En general, los feldspatos por ser minerales metaestables aparecen alterados a minerales de arcilla, esencialmente caolinita, y en porcentajes menores a sericita. Dichas alteraciones hacen que el proceso de identificación sea más complejo y algunas veces inferido.

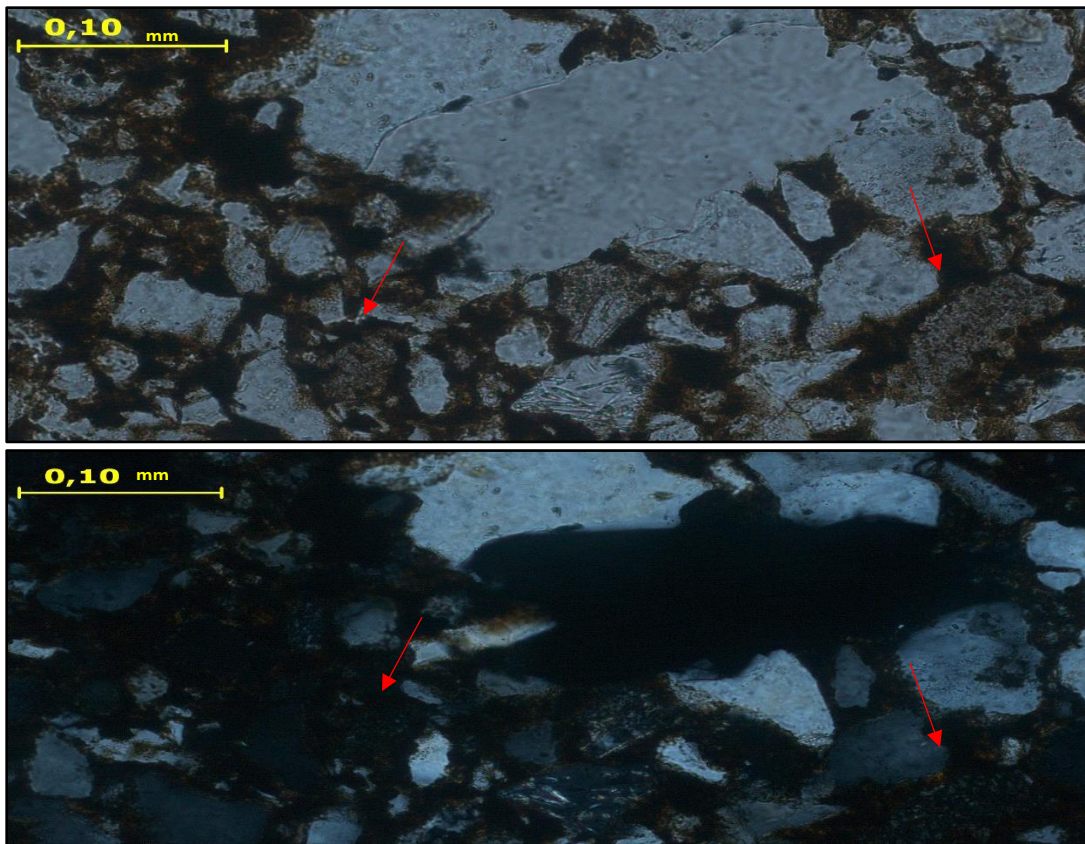


Figura 43. Feldespatos alterados a caolinita. Muestra Ve-195-79, Formación Misoa. Obj. (20x)

- **Fragmentos de Roca**

Normalmente estos granos son los que se encuentran en menor cantidad en comparación con los dos grupos anteriores. El más común es el chert, que se presenta principalmente redondeado y en algunos casos subangulosos.

Entre los fragmentos de roca metamórfica se hallaron cuarcitas y esquistos principalmente, mientras que entre los fragmentos de roca sedimentaria se identificaron: fragmentos de arenisca, limonita, roca carbonática y diversos fósiles.

También se identificaron fragmentos de posible roca volcánica tipo lava.

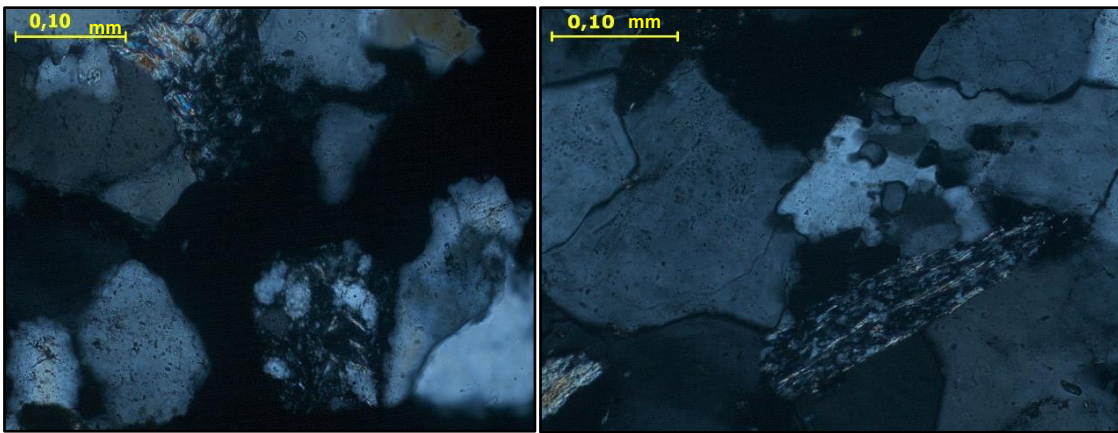


Figura 44. A la izquierda fragmento de arenisca cuarzosa Formación Mirador (muestra Cat-022). A la derecha fragmento de roca metamórfica, esquistos cuarzo micáceo Formación Misoa (muestra Ve-276-79). Obj. (20x).

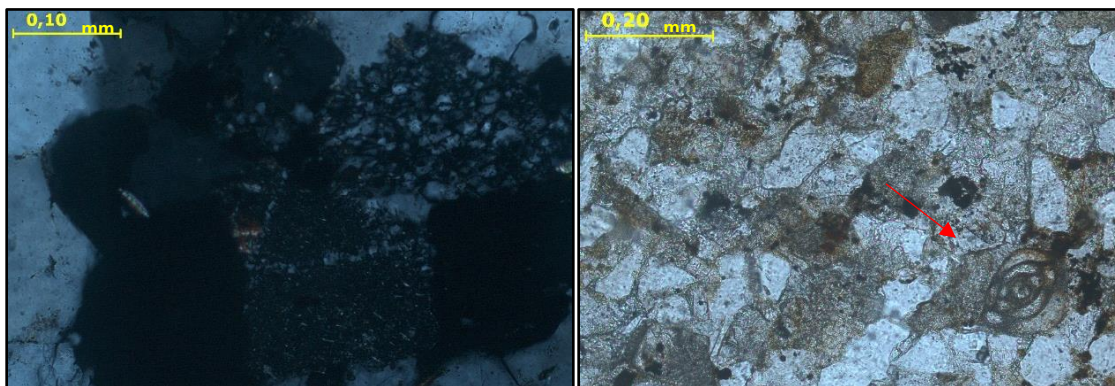


Figura 45. A la izquierda chert redondeado y posible roca volcánica, muestra Ve-366-79 de la Formación Paují, obj. (20x). A la derecha fragmento fósil (foraminífero bentónico), muestra Ve-276-79 de la Formación Misoa, obj. (10x).

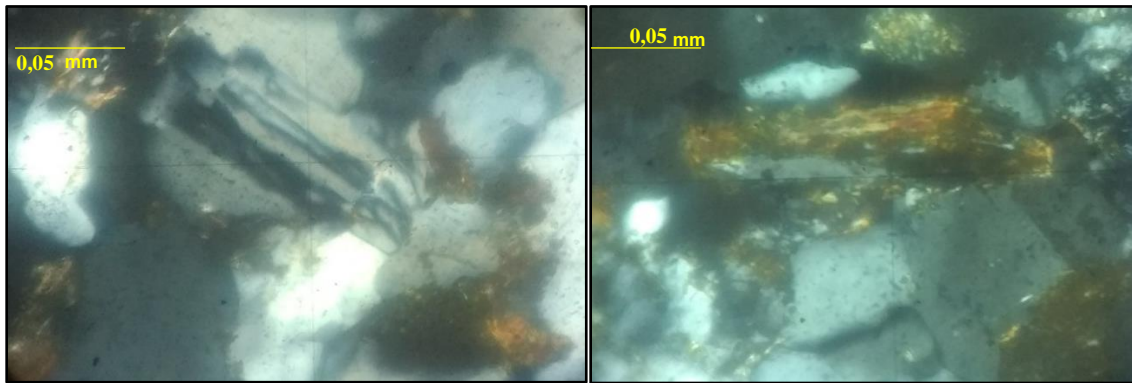


Figura 46. Fragmentos de roca metamórficas; a la izquierda fragmento de cuarcita y a la derecha fragmento de esquistos cuarzo biotítico de la Formación Paují. Muestra Zi-138b-79, obj (40x).

- **Minerales Accesorios**

Entre ellos se encuentran: moscovita, biotita, circón, apatito, turmalina, epidota y óxidos como la goethita y pirita.

El más frecuente es la moscovita, apareciendo en granos muy finos a medios. El otro mineral que está presente en casi todas las muestras es el circón, que siempre aparece como agregado fino.

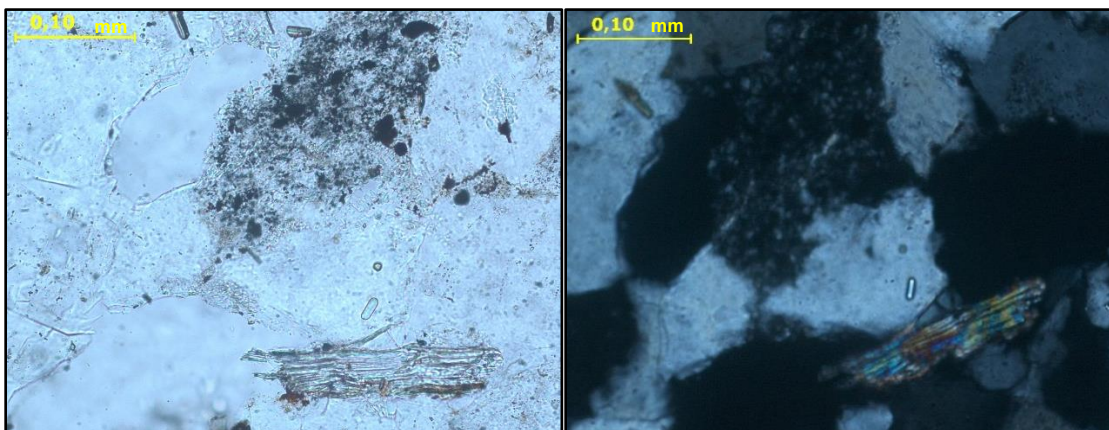


Figura 47. Grano de moscovita Formación Mirador; nótese a su lado el grano de cuarzo monocristalino. Muestra Cat-022, obj (20x).

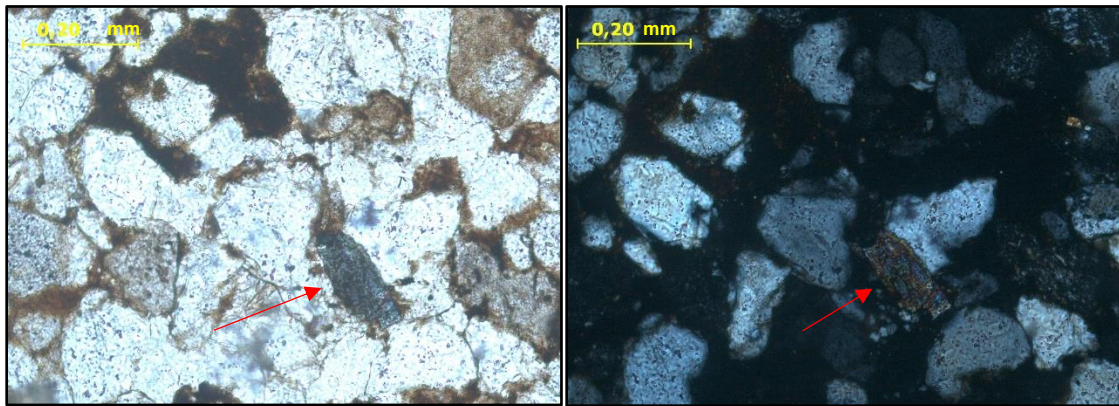


Figura 48. Grano de turmalina Formación Los Cuervos (Grupo Orocué). Muestra Cat-066, obj (10x).



Figura 49. Grano de Zircón Formación Barco (Grupo Orocué). Muestra Cat-076, obj (40x)

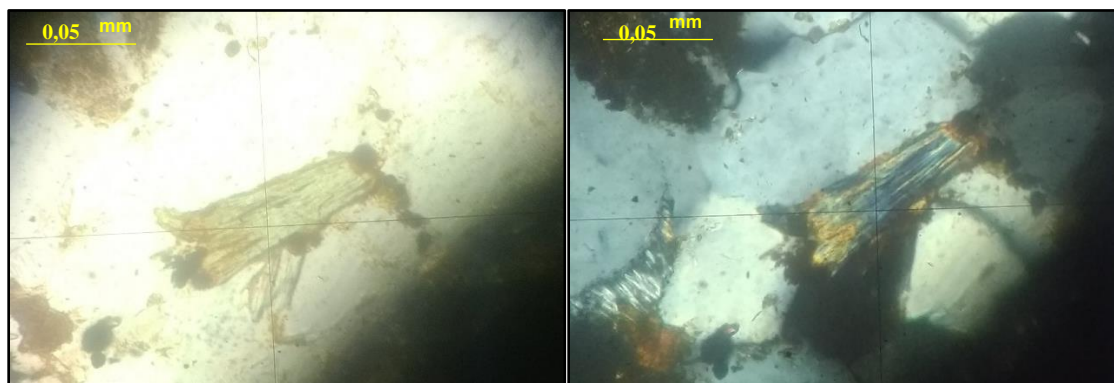


Figura 50. Grano de moscovita alterada a clorita Formación Paují. Muestra Zi-138b-79, obj (40x).

6.2.2. Cemento

El cemento encontrado es diverso, presentándose en repetidas ocasiones más de un tipo por sección. Entre los identificados están: cemento carbonático, de óxido de hierro, cemento silíceo y cemento de minerales de arcilla (caolinita e illita).

La manera en que se presenta también es variada; evidenciándose como sobrecrecimiento sintaxial de cuarzo y feldespatos, bordeando granos o a manera de parches rellenando poros. El porcentaje de cemento por lo general está en un rango que va desde 4% a 32%.

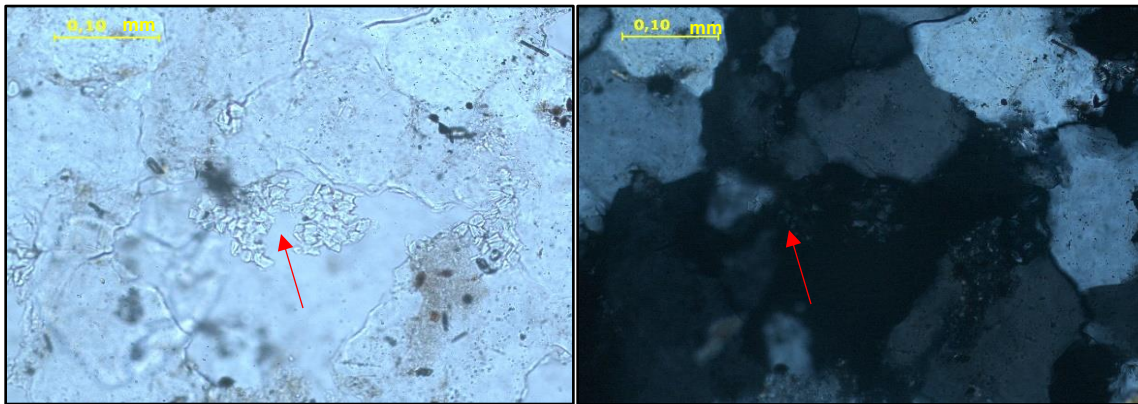


Figura 51. Cemento de caolinita que crece hacia el espacio poroso. Muestra Ve-276-79, Formación Misoa. Obj (20x).

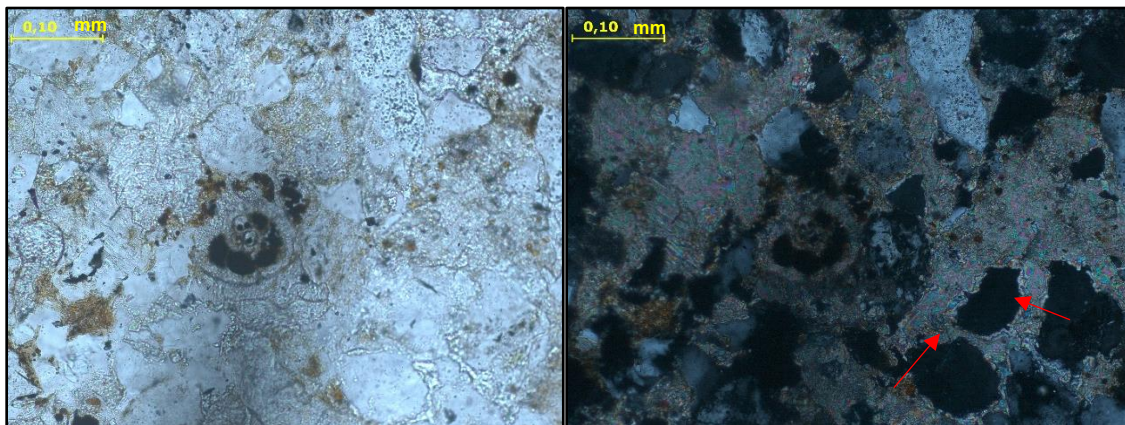


Figura 52. Cemento carbonático de la Formación Paují. Hacia el extremo inferior (flecha roja) se presenta como precipitado. Muestra Ve-366-79, obj (20x).

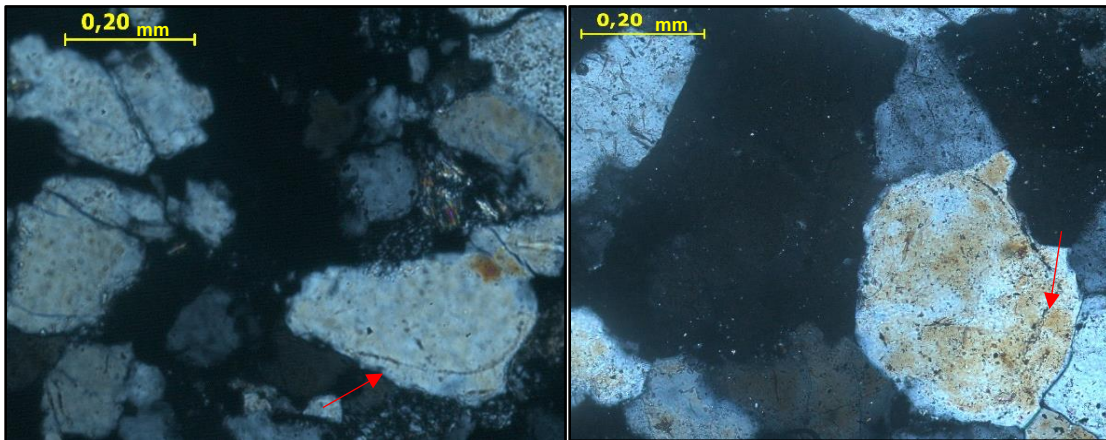


Figura 53. Cemento de sílice como sobrecrecimiento de grano; el borde original del grano se encuentra bordeado por corrosión por efectos de meteorización. Muestra Cat-112 (izquierda) y R-230 (derecha). Formación Mirador, obj (10x).

6.2.3. Matriz

Es esencialmente de minerales de arcilla. Muchas veces muestra un comportamiento plástico, sinuosa entre los granos. El color pardo es el color característico. Se infiere que gran parte de la matriz arcillosa se encuentra combinada con los minerales de hierro (limonita, goethita y hematita), lo cual dificulta su identificación.

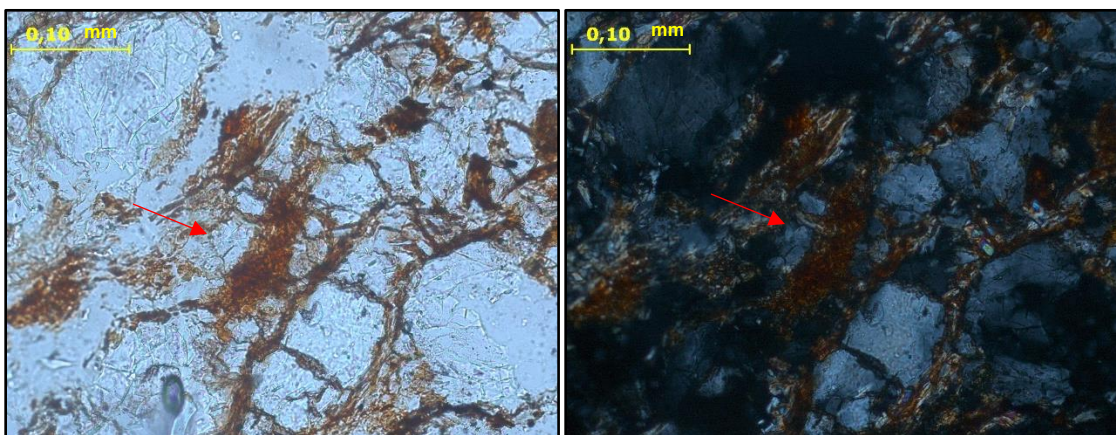


Figura 54. Matriz de minerales de arcilla en la muestra R-270, obj. (20x). Formación Barco (Grupo Orocué).

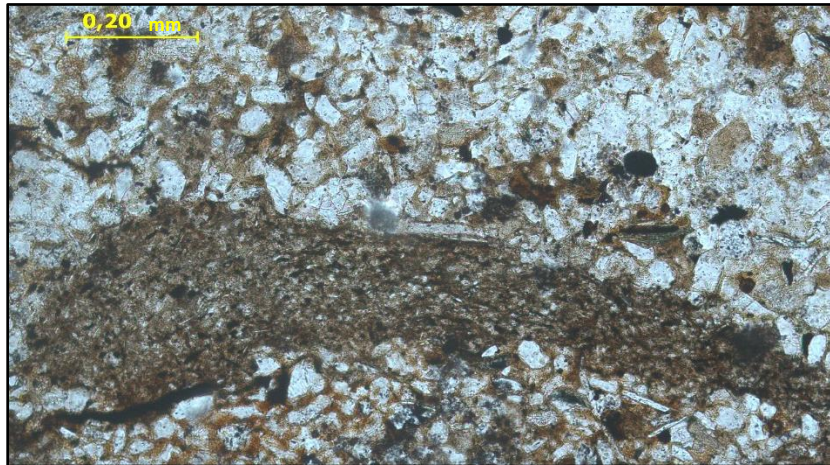


Fig. 55. Matriz limo-arcillosa en la muestra Ve-277-79, obj. (10x). Formación Misoa.

6.2.4. Porosidad

La porosidad identificada era tanto primaria (interpartícula), como secundaria o diagenética; siendo esta: móldica, por fractura y disolución de granos, cemento y matriz. Solo algunas de las muestras presentaban el teñido azul característico de la porosidad.

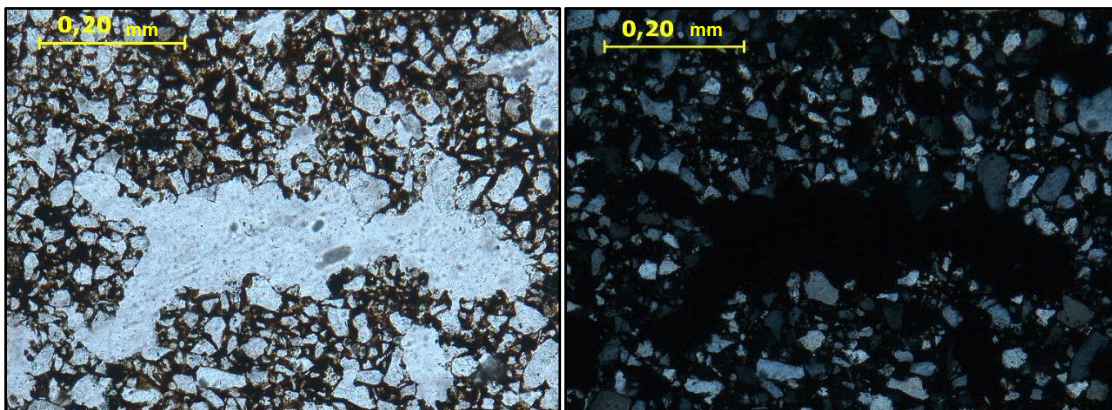


Figura 56. Porosidad interpartícula en la muestra Ve-195-79, obj. (10x). Formación Misoa.

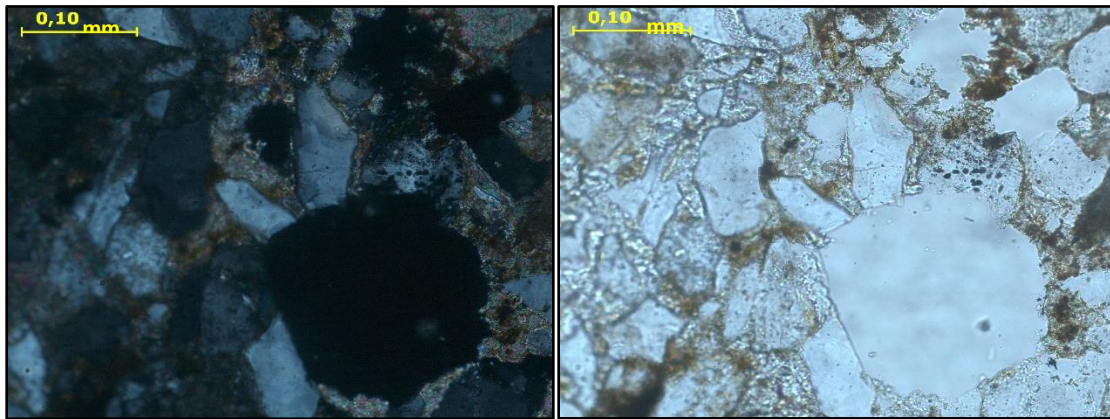


Figura 57. Porosidad móldica en la muestra Ve-366-79, obj (20x). Formación Paují.

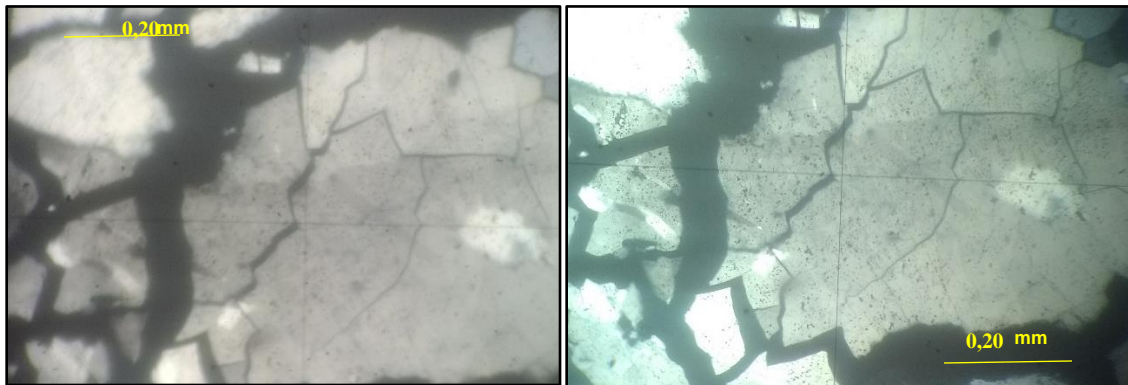


Figura 58. Porosidad secundaria tipo fractura entre los granos de cuarzo de la Formación Matatere. Muestra L79-632 A, obj (10x).

6.3. Clasificación y Distribución Litológica

A continuación, se lleva a cabo una representación de los triángulos de clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987), agrupando en estos, muestras de diferentes zonas, pero pertenecientes a las mismas formaciones. En base a dicha clasificación se separan los tipos de areniscas y se grafica su fracción por Formación y/o Grupo al que pertenece.

La primera agrupación engloba a las formaciones Barco y Los Cuervos del Grupo Orocué y a la Formación Mirador; dispuestas en tres zonas: **zona 1** (Suroeste del edo. Táchira), **zona 2** (Sureste del edo. Zulia) y **zona 3** (parte occidental del edo. Zulia)

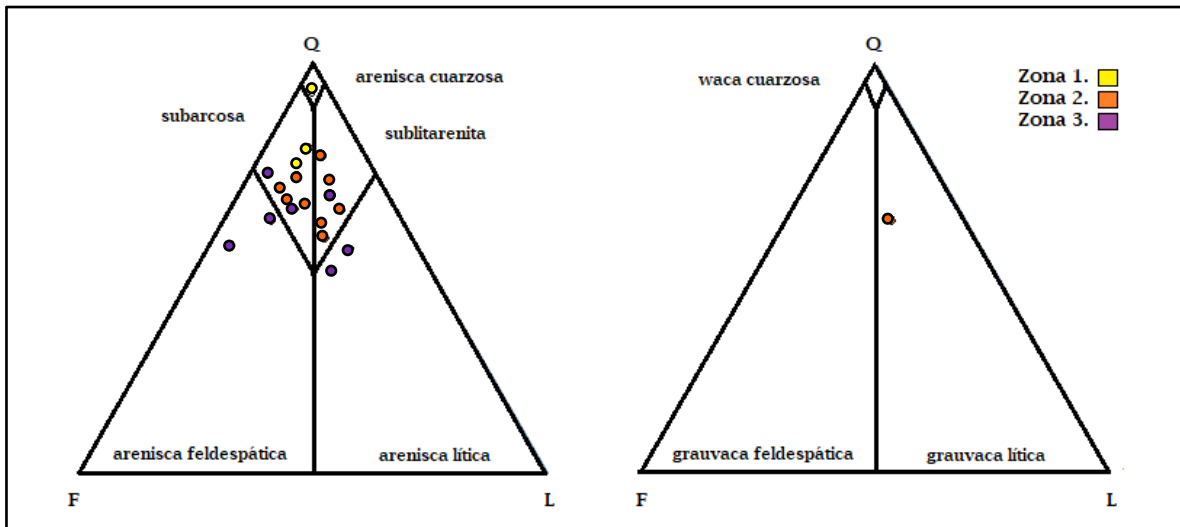


Figura 59. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del primer grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.

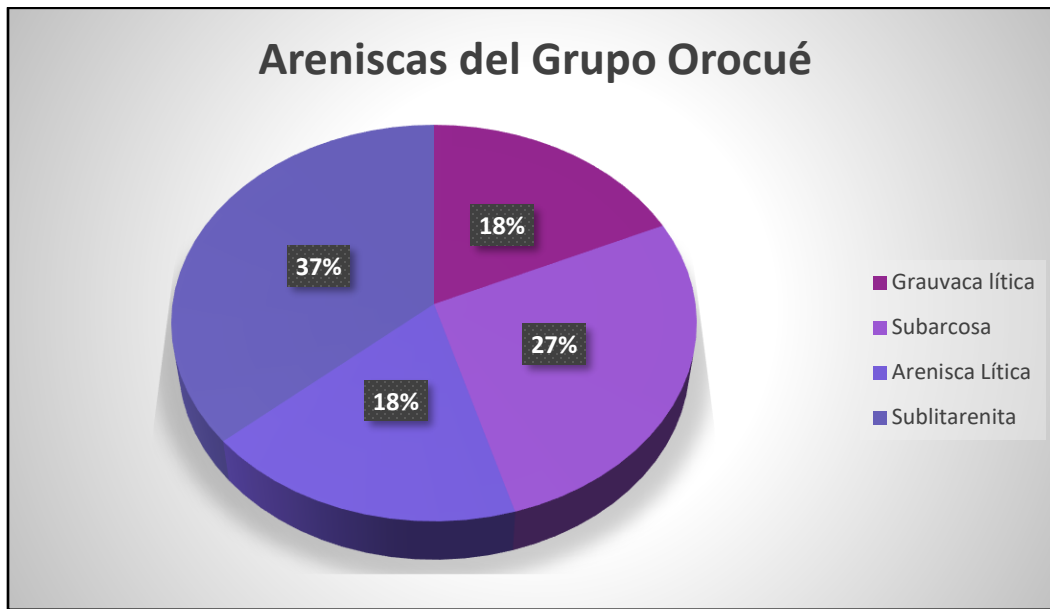


Figura 60. Distribución de los tipos de areniscas del Grupo Orocué, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987).

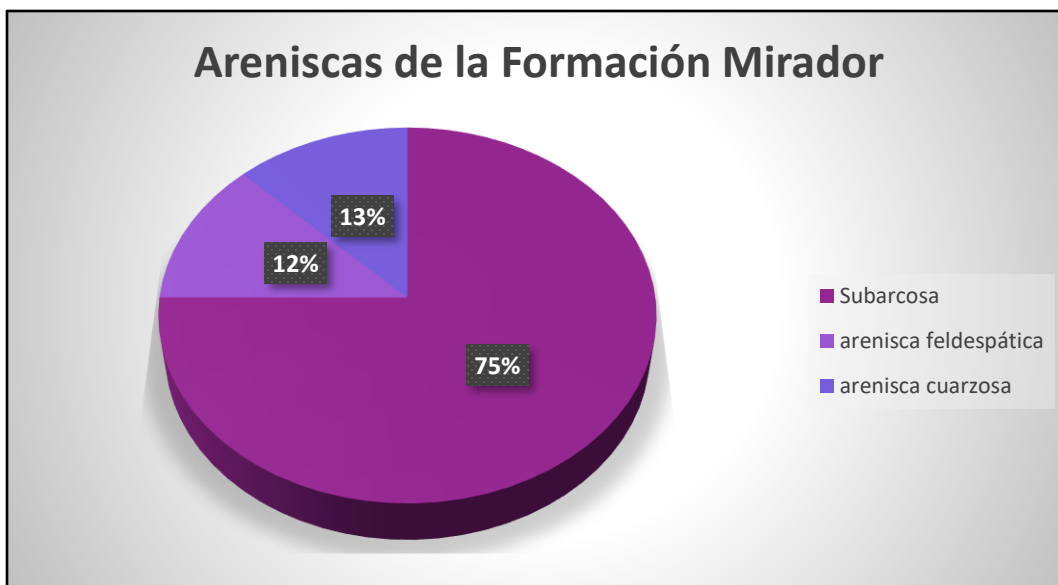


Figura 61. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Mirador, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987).

La segunda agrupación corresponde a un área ubicada al Noreste del edo. Zulia, dividiéndose en el área de El Venado y Sipayare. Allí yacen las Formaciones Trujillo, Misoa y Paují.

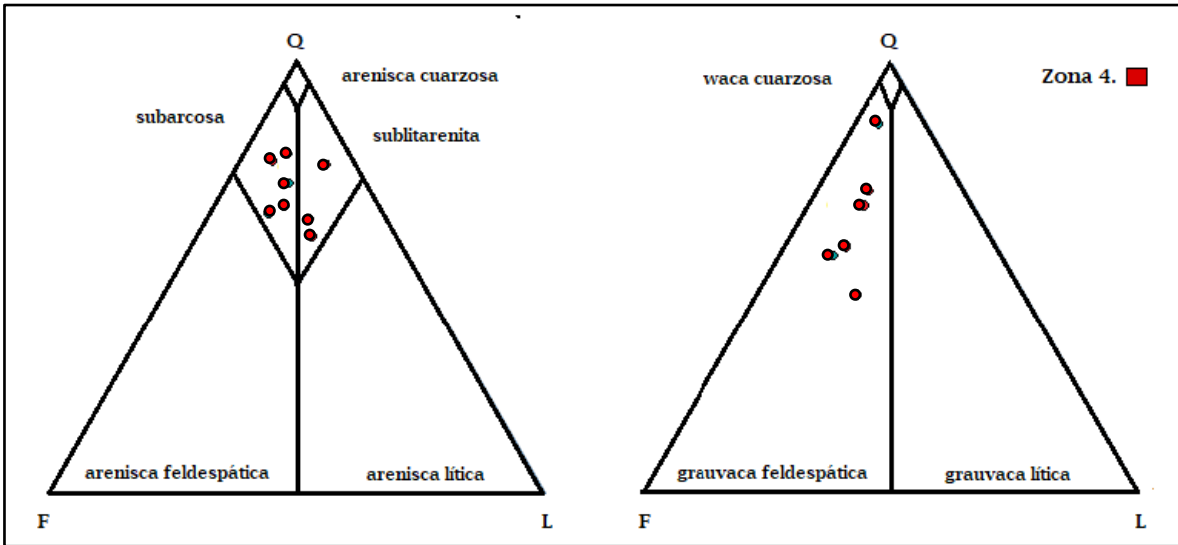


Figura 62. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del segundo grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.

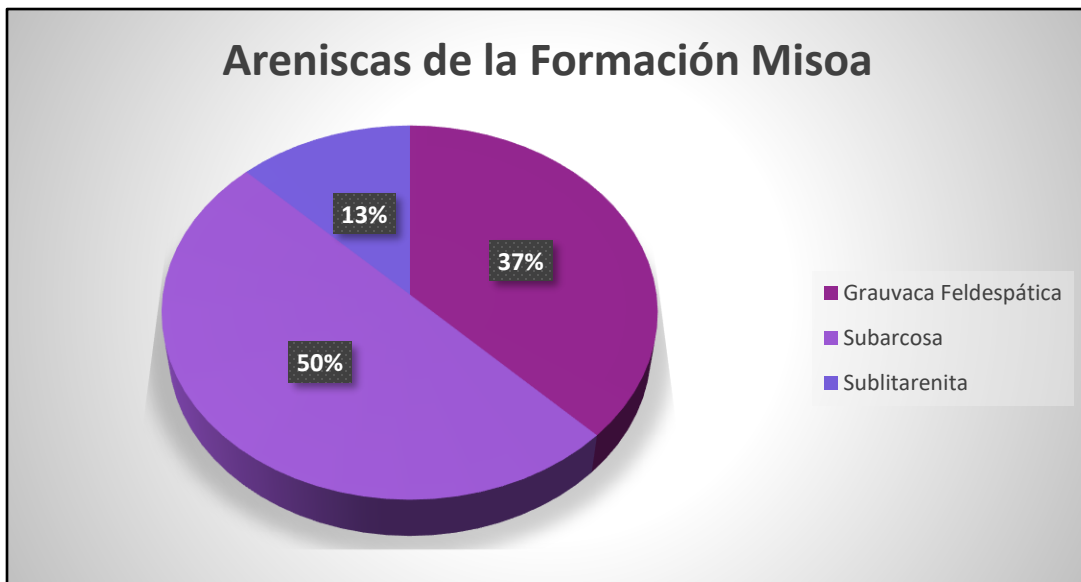


Figura 63. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Misoa, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)

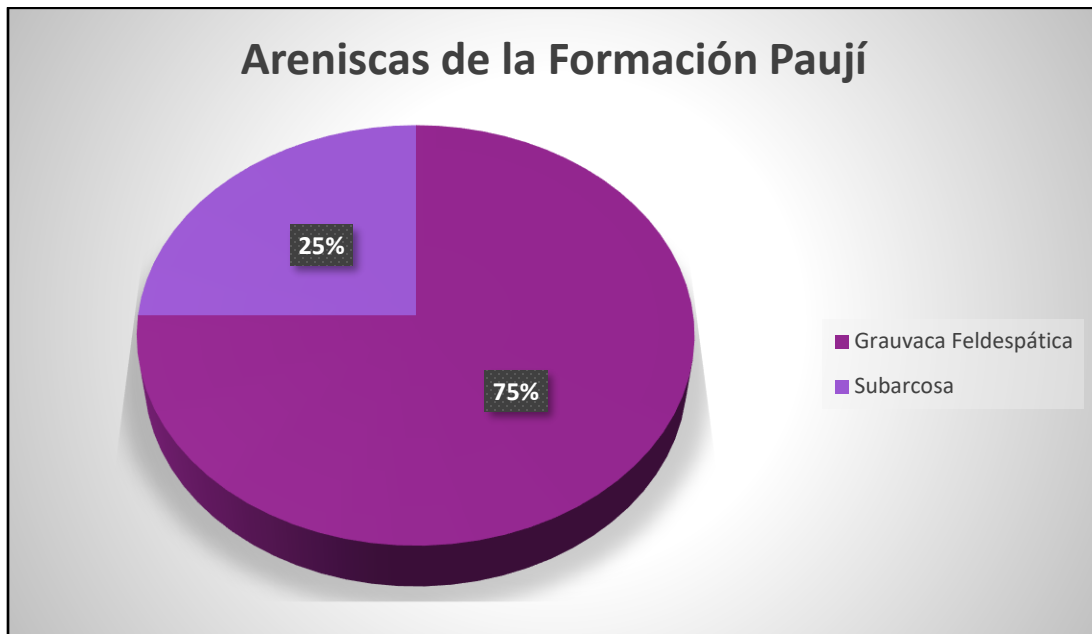


Figura 64. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Paují, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)



Figura 65. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Trujillo, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)

La última formación analizada es la Formación Matatere, localizada en el estado Lara, al este de Carora; se le designa como **zona 5**.

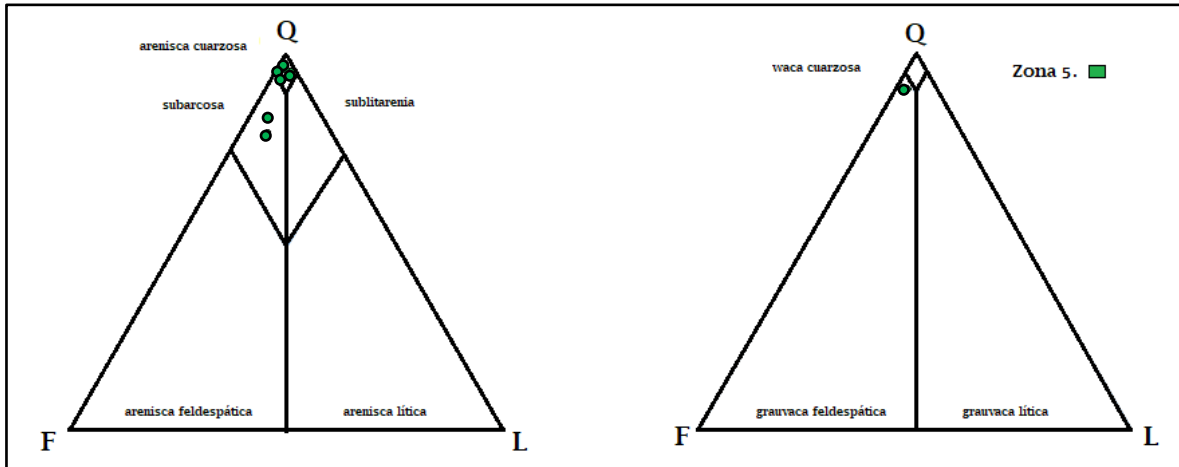


Figura 66. Clasificación de Pettijon, Potter & Siever (1987) del segundo grupo. El triángulo de la izquierda representa a las areniscas con un porcentaje de matriz de 0-15%; mientras que el triángulo de la derecha representa a las areniscas con más del 15% de matriz.

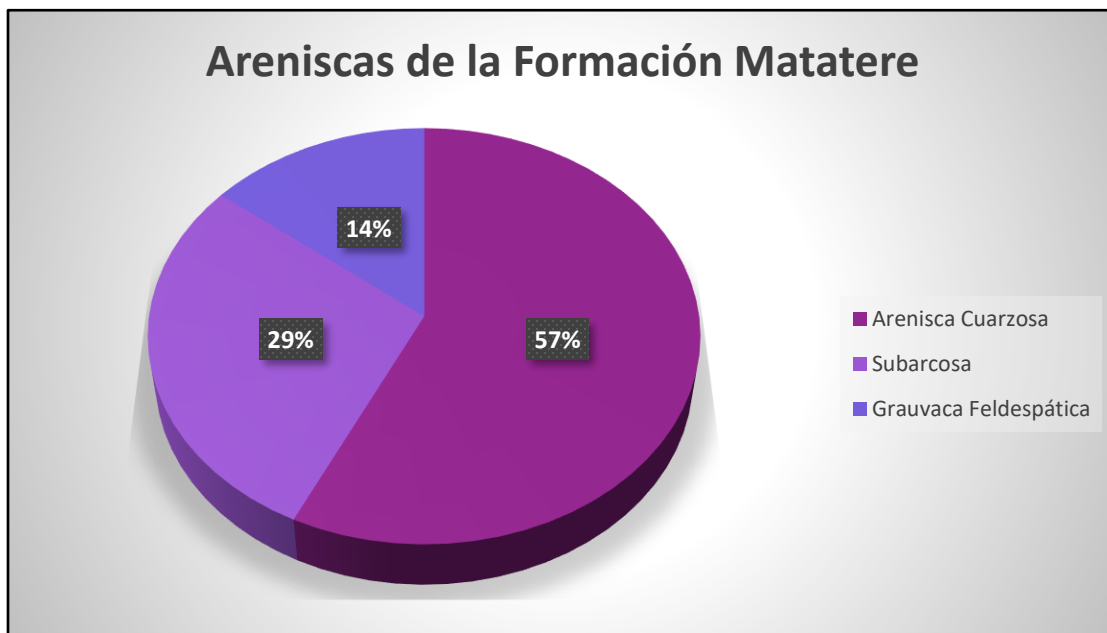


Figura 67. Distribución de los tipos de areniscas de la Formación Matatere, en base a la clasificación de Pettijonh, Potter & Siever (1987)

Las zonas radicadas hacia la parte suroccidental y que comprenden al Grupo Orocué (zona 1,2 y 3) es donde las muestras tienden a ser más ricas en fragmentos líticos hacia el estado Zulia, el cual disminuye a trasladarse hacia el sur (estado Táchira) en el que el porcentaje de feldespatos se incrementa. En cambio, para la Formación Mirador, distribuida en las mismas zonas, predominan los valores de cuarzo y feldespato con un aumento además en el tamaño de grano; siendo areniscas por lo general de grano medio.

En el noreste del estado Zulia, donde yacen las formaciones Misoa y Paují, en la zona 4 es donde se detectó el mayor porcentaje de areniscas con un contenido de matriz igual o mayor al 15%, entrando en la clasificación de grauvacas. Y manteniéndose de igual forma una desventaja en la cantidad de fragmentos líticos en comparación con los feldespatos, como en la Formación Mirador.

Para la zona 5, localizada más al norte y que alberga a la Formación Matatere, es donde hay una tendencia marcada de areniscas limpias, con un tamaño de grano medio a grueso principalmente y con el porcentaje más elevado de cuarzo, ya que, es donde se concentran prácticamente todas las areniscas cuarzosas observadas.

CAPÍTULO VII

7. PROCESOS DIAGENÉTICOS

7.1. Generalidades

A continuación, se describen los principales factores diagenéticos identificados que han modificado las características originales de las areniscas, lo que conllevará a una comparación entre las distintas zonas, formaciones y a una aproximación a la etapa diagenética de las mismas.

7.2. Compactación

La compactación mecánica es uno de los principales efectos observados, el cual es el resultado del aumento de la carga sedimentaria al aumentar la profundidad de soterramiento (Sandoval, 2000), se manifiesta a través de la ausencia de porosidad primaria; empaquetamiento apretado de granos y matriz; deformación de granos dúctiles como las micas; fracturamiento de granos de mayor competencia (cuarzo y feldespatos) y en algunos casos, alineación preferencial de granos.

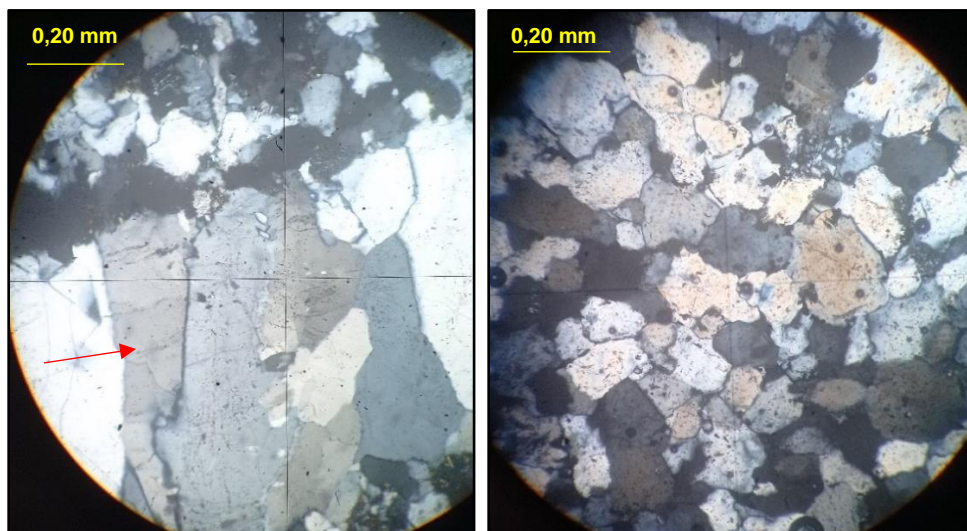


Figura 68. A la izquierda muestra L79-693 A, mostrando contacto y alineación preferencial entre granos. A la derecha muestra L79-666C, que evidencia fuerte empaquetamiento. Ambas fotos con obj. 10x, Formación Matatere.

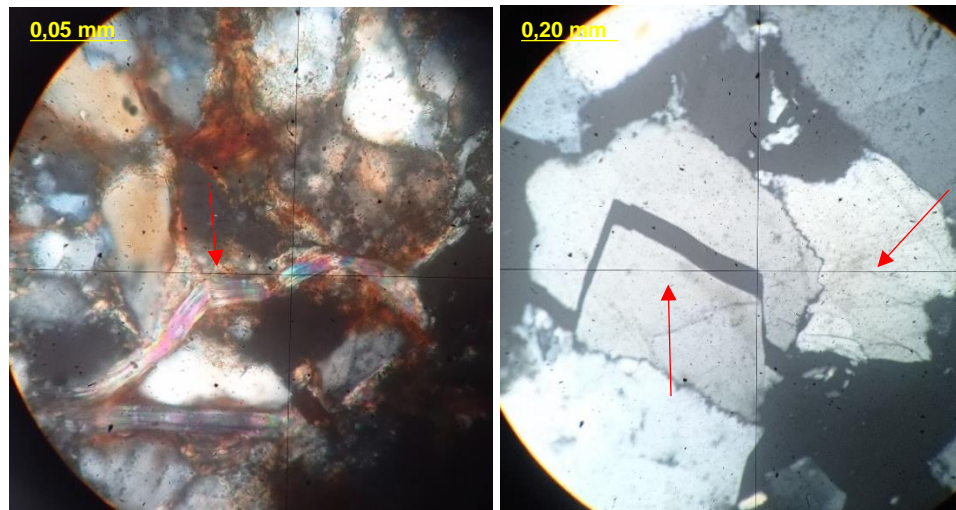


Figura 69. A la izquierda moscovita deformada de la Formación Misoa, muestra Zi-118-79 con obj. 40x. A la derecha muestra L79-630 A, Formación Matatere con obj. 10x, con evidencia de contactos suturados y fracturas en los granos de cuarzo.

7.3. Cementación

El tipo de cementación en las muestras es variado; el predominante estando presente en el 100% de las muestras el de sílice como sobrecrecimiento syntaxial de los granos de cuarzo. El otro tipo de cemento con mayor recurrencia, es el de minerales de arcilla tipo caolinita, esmectita e illita, bordeando granos (caso usual de la illita) o rellenando espacios porosos. También fue común encontrar cemento de minerales de hierro, en muchos casos encubriendo la matriz y rellenando poros. Como último caso, pero no con menos importancia, se observó cemento carbonático rellenando espacios porosos, reemplazando granos y/o micrita (lodo carbonático); este a su vez aparece como microespato o pseudoespato.

La precipitación de estos cementos trae consigo una pérdida del espacio poroso y de la permeabilidad en las areniscas y les proporciona mayor grado de consolidación.

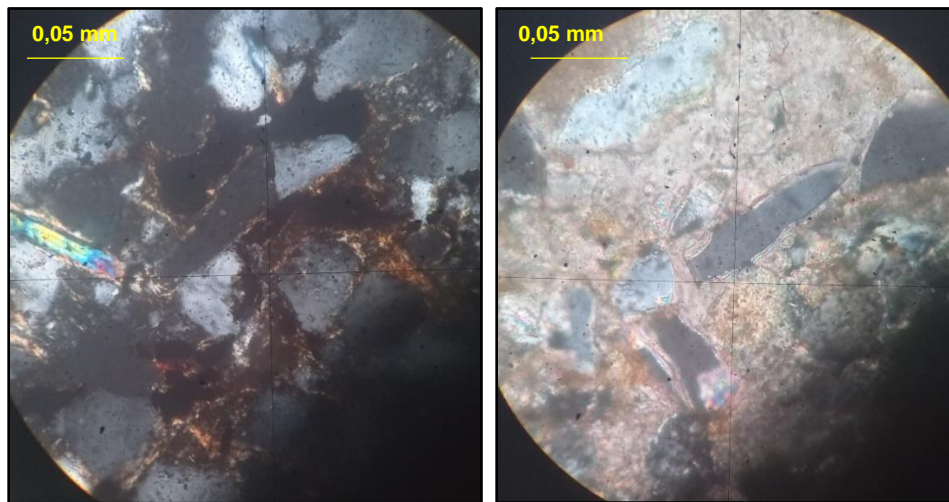


Figura 70. A la izquierda cementación de minerales de arcilla bordeando granos y rellenando espacios porosos en la muestra Zi-111-79, Formación Misoa. A la derecha cementación carbonática de la Formación Paují, muestra Ve-366-79; ambas con obj. 40x.

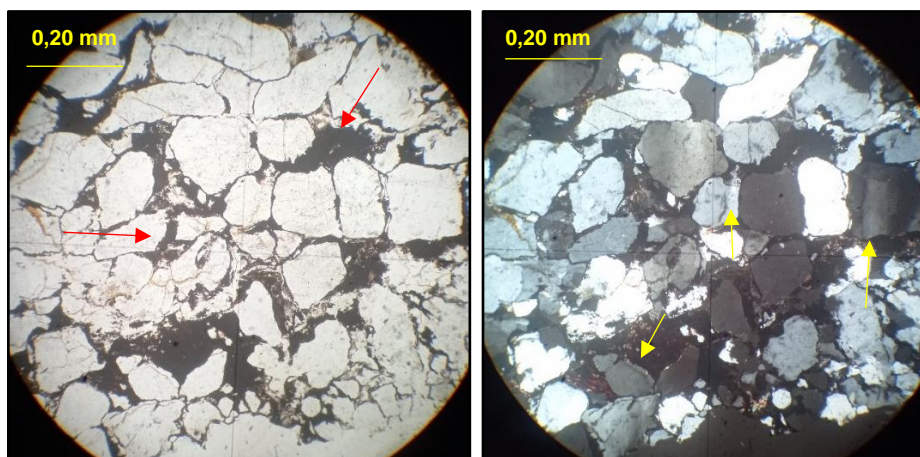


Figura 71. Cemento de minerales de hierro (flecha roja) y cemento de sílice (flecha amarilla) en la muestra L79-632 A, Formación Matatere con obj. 10x.

7.4. Alteración

Los procesos de alteración más comunes son los que ocurren con los minerales metaestables como fragmentos de roca, feldespatos, micas y minerales de arcilla. En todas las muestras se reconocieron procesos de alteración así fuese en pequeños porcentajes:

- Alteración de feldespato a minerales de arcilla del tipo illita- caolinita

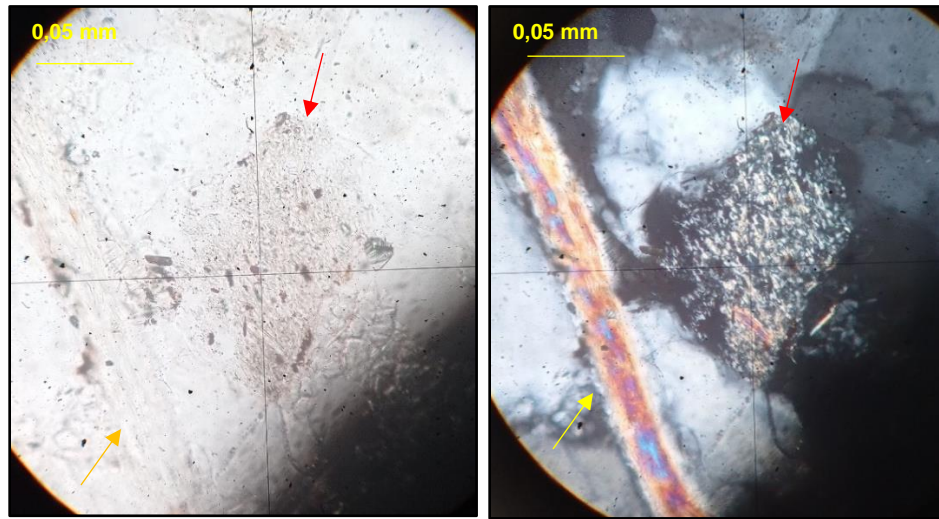


Figura 72. A la izquierda muestra Ve-276-79 con nicoles paralelos, a la derecha misma imagen con nicoles cruzados, obj 40x. Nótese el feldespato alterado señalado con la flecha y la mica ubicada al extremo izquierdo de la imagen señalada con flecha amarilla.

- Alteración de micas a minerales de arcilla

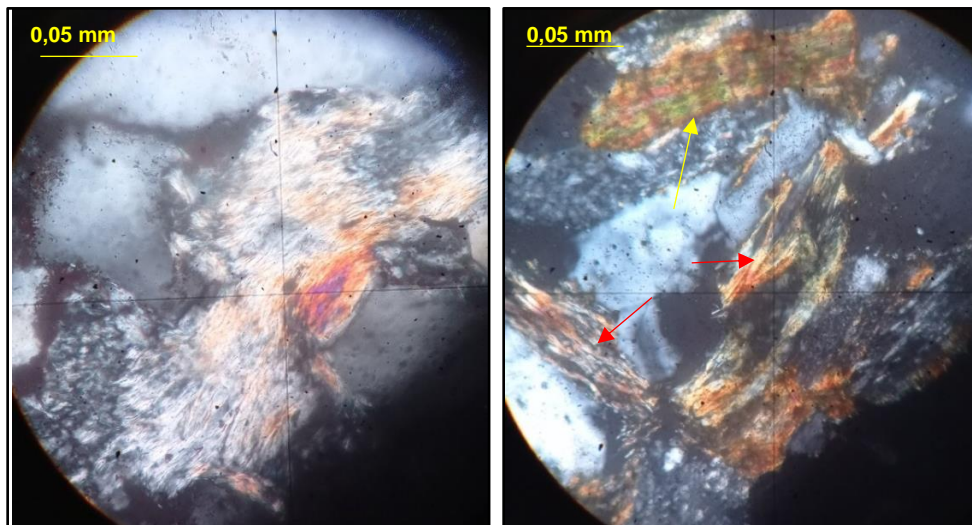


Figura 73. A la izquierda moscovita alterando a illita y caolinita, muestra Cat-112 Formación Mirador. A la derecha biotita alterando a clorita (flecha amarilla) y biotita con alteración tipo illita/ esmectita (flecha roja), muestra Zi-138b-79 Formación Paují. Fotos con obj. 40x.

7.5. Presión-Solución

El efecto de presión-solución se aprecia principalmente entre granos de cuarzo, donde los puntos de contactos son disueltos y no es posible diferenciar los límites entre ellos, como consecuencia de un aumento en el grado de solubilidad en tales puntos; a raíz de un incremento de carga sedimentaria (Sandoval, 2000).

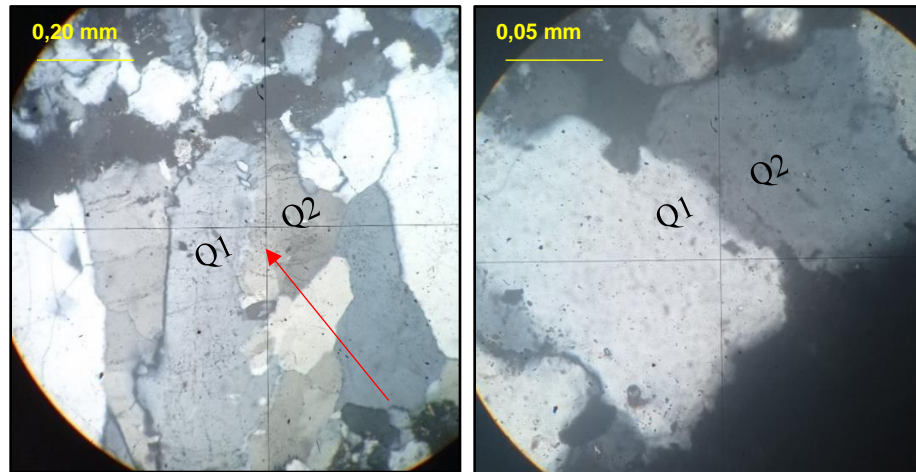


Figura 74. Límites de los granos difícil de diferenciar por efectos de presión- solución. A la izquierda muestra L79-693 A, obj. 10x. A la derecha muestra Zi-152-79 con obj. 40x.

Tabla 6. Muestras de la Formación Matatere con sus factores diagenéticos en orden estratigráfico del Eoceno inferior al Eoceno Medio

FORMACIONES	MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				Compac.			Granos dúctiles		Cementación					Disolución			Alteración				Presión Soluc.		Clasificación				
		Comp. Siliclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Alta	Media	Baja	Deformación	Fracturamiento	silice	Minerales de arcilla	Óxido de hierro	Caolinita	Mineral carbonático	Otro	Granos	Matriz	Cemento	Feldespatos	Moscovita		Biotita	Fragmentos Fósiles	Otros	Contactos Long y Conc.
Matatere	L79-628L	48	5	37	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X		X				X		X	X	X	X						X		Cuarzoarenita
	L79-630A	67	1	4	28		X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X				X		X							X		Cuarzoarenita
	L79-632A	70	2	16	12	X	X	X	X		X		X	X	X			X			X	X		X		X		X							X		Cuarzoarenita
	L79-634G	68	0	10	22		X		X	X	X		X	X	X		X				X		X		X		X		X						X		Cuarzoarenita
	L79-666C	75	0	10	15		X		X		X		X	X	X	X					X		X	X		X		X						X	X	Subarcosa	
	L79-660A	60	16	14	10	X	X		X	X	X		X	X	X		X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X		Grauvaca feldespática	
	L79-693A	55	0	15	30		X			X	X		X	X	X	X					X	X	X					X	X					X	X	Subarcosa	

7.6. Comparación entre Zonas

Para la Formación Barco, el principal tipo de porosidad es la del tipo secundaria móldica y por disolución; tal disolución aparece tanto en granos como en matriz y cemento. Los cementos de óxido de hierro son comunes más hacia el oeste, el cual se aprecia en forma de envoltorios y rellenando poros; al igual que el cemento de minerales de arcilla tipo illita/esmectita. Mientras que, al trasladarse al noreste de la formación, son más numerosos los cementos de minerales de arcilla, donde también comienza a aparecer la caolinita. Los contactos entre granos raramente son bruscos gracias a la precipitación de cemento que evita tales contactos, pero, si hay evidencias de granos fracturados.

La Formación Los Cuervos, aunque parecida a la anterior, exhibe una mayor aparición de matriz arcillosa enmascarada por óxido de hierro en las muestras. En muestras como las que se localizan al sur de Zulia, la matriz comienza a ser remplazada por cemento de mineral de arcilla tipo illita que se dispone como envoltorio de granos y relleno de poros. Sumado a esto, ocurre un proceso de oxidación sobre dicho cemento. Se evidencia más el cemento sintaxial de sílice y son más abundantes los contactos entre grano-cemento o grano-matriz.

Por otro lado, la formación suprayacente a las anteriores, Formación Mirador, está compuesta por areniscas limpias de grano medio a grueso, con abundante sobrecrecimiento de sílice y en donde predomina la porosidad primaria interpartícula, indicando de tal manera, un proceso diagenético de menor intensidad. Cementos de óxido de hierro son recurrentes hacia el oeste de la secuencia.

Ahora en el caso de las formaciones ubicadas al noreste del edo. Zulia, iniciando con la Formación Trujillo, se tiene que a medida que las muestras se acercan más al tope de la misma, disminuye el efecto de compactación, aunque los contactos grano-grano sigan siendo numerosos. La muestra más hacia la base de la secuencia presenta cemento carbónico al estilo de parches, lo que se traduce a que proviene del fluido de agua de poro (es poco porcentaje). Son areniscas bien escogidas y con evidencia de disolución en sus granos.

Pasando ahora a las areniscas de la Formación Misoa, por lo general son de buen escogimiento; para las pertenecientes al área del Venado, tienen como característica buen porcentaje de matriz que enmascara a los granos, otorgándole un falso aspecto flotante. Hacia el tope de la secuencia los granos adquieren un aspecto más compacto y una matriz micrítica que comienza recristalizar y los cementos notorios son el silíceo y de óxido de hierro. En cambio, para el área de Sipayare, el grado de compactación es medio, el cemento carbonático es predominante y las muestras exponen una porosidad primaria muy particular en donde los espacios se hallan interconectados, traduciéndose en una buena permeabilidad.

Haciendo una transición a la Formación Paují, lo más notorio es que es más abundante el cemento carbonático, el cual evita una mayor compactación entre granos y modificación de la fábrica inicial; además de presentar principalmente porosidades secundarias del tipo móldica y por disolución.

Finalmente, para la formación más al este (Matatere), las areniscas demuestran un estado diagenético avanzado, debido a los numerosos contactos suturados, efectos de presión-solución, porosidades por fractura fuertemente marcadas y por sus alineaciones de granos de cuarzo en una dirección preferencial (característica única de las muestras de esta formación). Además de que los diversos tipos de cementos apreciables se hallan rellenando los espacios porosos o en estado de disolución.

CAPÍTULO VIII

8. PROCEDENCIA Y AMBIENTE TECTÓNICO

8.1. Generalidades

En este capítulo se exponen los resultados de análisis modal realizado a un total de 11 muestras que fueron escogidas por poseer tamaños de granos de medio a grueso. El análisis de procedencia es llevado a cabo según los diagramas de clasificación de Dickinson & Suczek (1979) y Dickinson *et al.* (1983). En el primero de estos diagramas (ver fig. 75), se agrupan las variables **Q-F-L**; en donde Q (cuarzo) agrupa cuarzos policristalinos, monocristalinos y la ftanita o chert, L (fragmentos líticos) y F (plagioclasas + feldespato potásico), mientras que en el segundo diagrama las variables se representan de la forma **Qm-F-Lt** en dónde; Qm (cuarzo monocristalino), F (feldespatos potásicos+ plagioclasas), Lt (fragmentos líticos + chert + cuarzo policristalino).

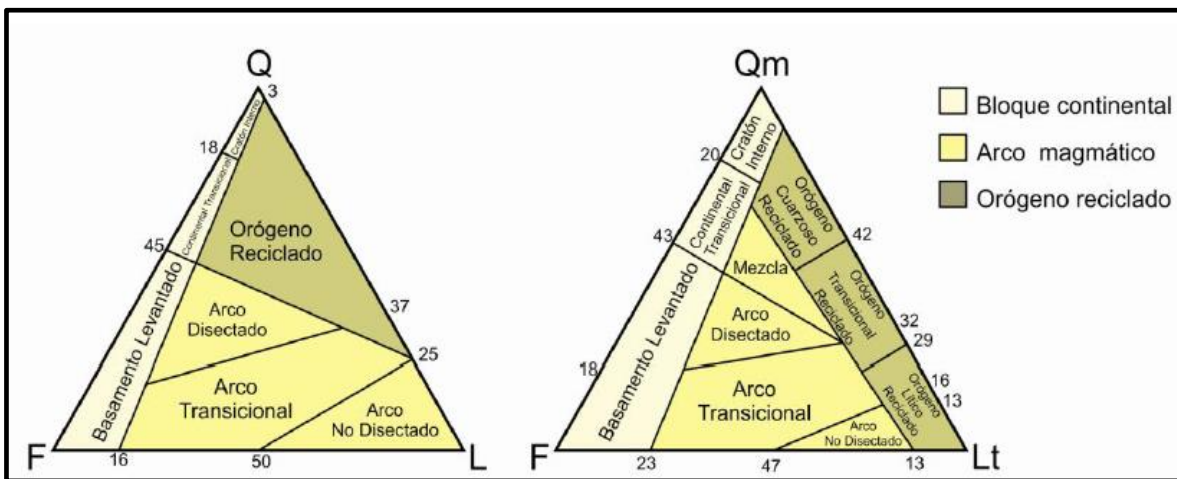


Figura 75. Diagramas de procedencia de areniscas con sus respectivas divisiones y subdivisiones. Tomado de Dickinson & Suczek (1979) y Dickinson *et al.* (1983)

Las categorías de procedencia o tipos de fuente en base a la cual se constituyen los diagramas según Dickinson & Suczek (1979) son:

- a) **Bloques continentales:** los sedimentos provienen de zonas positivas asociadas a cratones y plataformas estables o en levantamiento; marcan límites de placas y deformación intraplaca que atraviesan los bloques continentales.
- b) **Orógeno reciclado:** la fuente de sedimentos tiene varios escenarios tectónicos como lo son los complejos de subducción de arcos orogénicos, cinturones plegados en la cobertera de *forelands* adyacente a los flancos de orógenos colisionales y terrenos altos expuestos alrededor de suturas de orógenos de colisión.
- c) **Arcos Magmáticos:** sedimentos derivan de rocas volcánicas de cuerpos ígneos y plutones graníticos de raíces de arcos. Derivan de arcos magmáticos disectados, no disectados y zonas transicionales entre los dos anteriores.

Cada una de estas categorías a su vez, se subdivide para la obtención de un resultado más específico, en el que se relaciona con una litología característica y ambiente tectónico que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7. Zonas y Subzonas de procedencia. Tomado de Millán (1998) en Alarcón (2008)

Bloque Continental	Arco Magmático	Orógeno Reciclado
<p>Cratón Interior: la composición de las areniscas es generalmente cuarzosa (Qt) y mientras aumenta su madurez mineralógica, disminuye el porcentaje de feldespatos. Los sedimentos derivan de un escudo expuesto y son transportados por los ríos a distancias muy largas debido al bajo relieve. Hace referencia a zonas muy planas con un margen pasivo en la zona costera.</p>	<p>No Disectado: las areniscas muestran alto contenido de plagioclasas y fragmentos líticos volcánicos. El porcentaje de cuarzo no es tan elevado y es principalmente de origen volcánico.</p>	<p>Complejo de Subducción: Se forma un prisma de acreación de materiales plegados y metamorizados. Su erosión produce sedimentos que se depositan en la fosa y en la cuenca <i>Backarc</i>. Las areniscas son cuarzolíticas ricas en Qt y Lt con bajas concentraciones de F y Lv. Se tienen rocas de tipo ofiolítico, materiales detríticos plegados y algunas calizas.</p>

<p>Transicional: los sedimentos provienen de zonas positivas a lo largo de segmentos transformantes o de otra estructura discontinua.</p>	<p>Transicional: presenta un mayor contenido de cuarzo a partir de subvolcánicas de los arcos.</p>	<p>Orógeno Colisional: Se compone por napas y corrimientos de rocas sedimentarias y metasedimentarias. Son sedimentos reciclados con un contenido intermedio de cuarzo, abundantes fragmentos metasedimentarios, sedimentarios y una fuerte relación Q/F.</p>
<p>Basamento Expuesto: se trata de zonas de <i>Rift</i> continentales. Los sedimentos derivan de basamentos expuestos limitados por fallas. Su alto relieve y la rápida erosión del basamento proporciona a las areniscas un alto contenido de feldespatos, Qm y poco Lt (areniscas cuarzofeldespáticas). Los sist. Depositacionales consisten de abanicos aluviales y ríos de tramos cortos</p>	<p>Disectado: los sedimentos derivan de arcos magmáticos maduros y erosionados que alimentan cuencas <i>Forearc</i> y <i>Backarc</i>. La composición de las areniscas es más compleja, donde es común el feldespato cálcico, potásico y son abundantes los fragmentos líticos no volcánicos.</p>	<p>Foreland Expuesto: los sedimentos están formados por fragmentos líticos sedimentarios y metasedimentarios reciclados con un contenido menor de cuarzo y feldespato.</p>

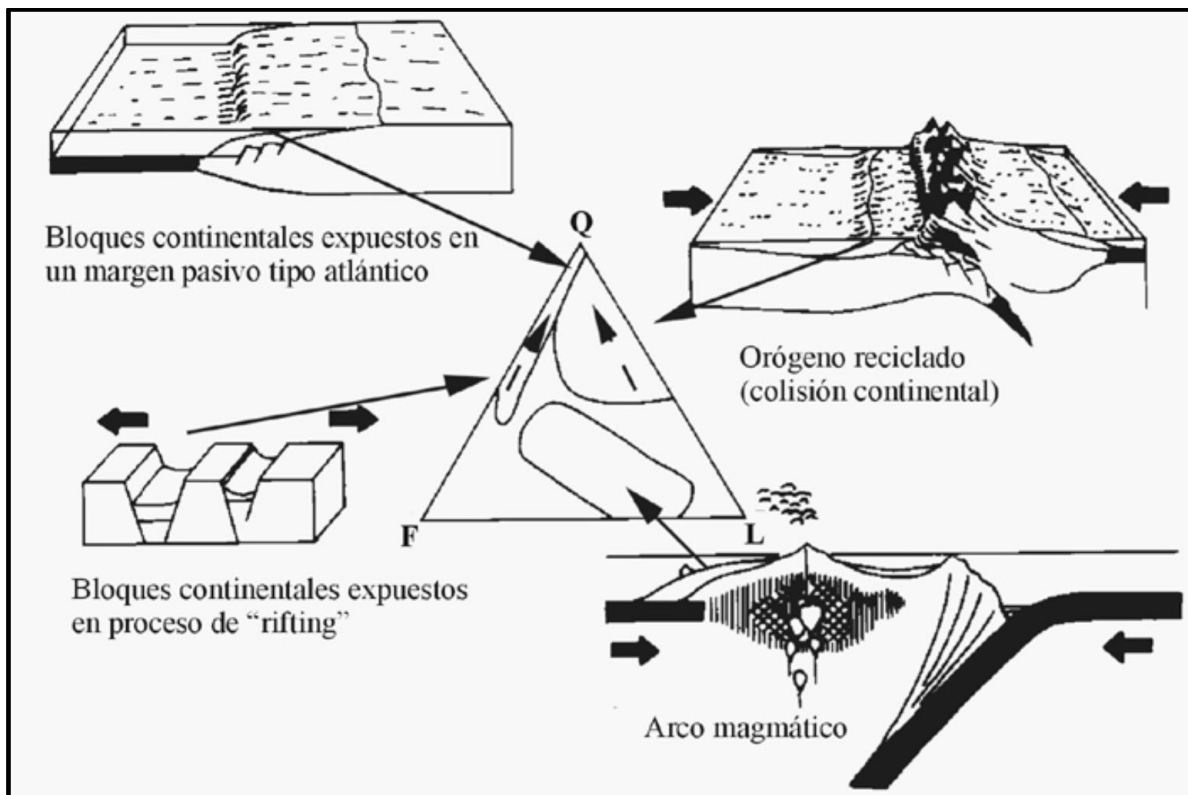


Figura 76. Ubicación de los diferentes ambientes tectónicos a partir del diagrama QFL de Dickinson (1986). Tomado y modificado de Fichter y Poché (1993) en Alarcón (2008). Las flechas discontinuas indican incremento de madurez.

8.2. Resultados de Procedencia

A continuación, se esboza gráficamente los resultados de procedencia de las areniscas para todas las zonas en los diagramas ternarios. Se muestra en primera instancia el diagrama general con todas las muestras y luego los diagramas separados según las zonas anteriormente mencionadas; acompañados, además, por una tabla resumen.

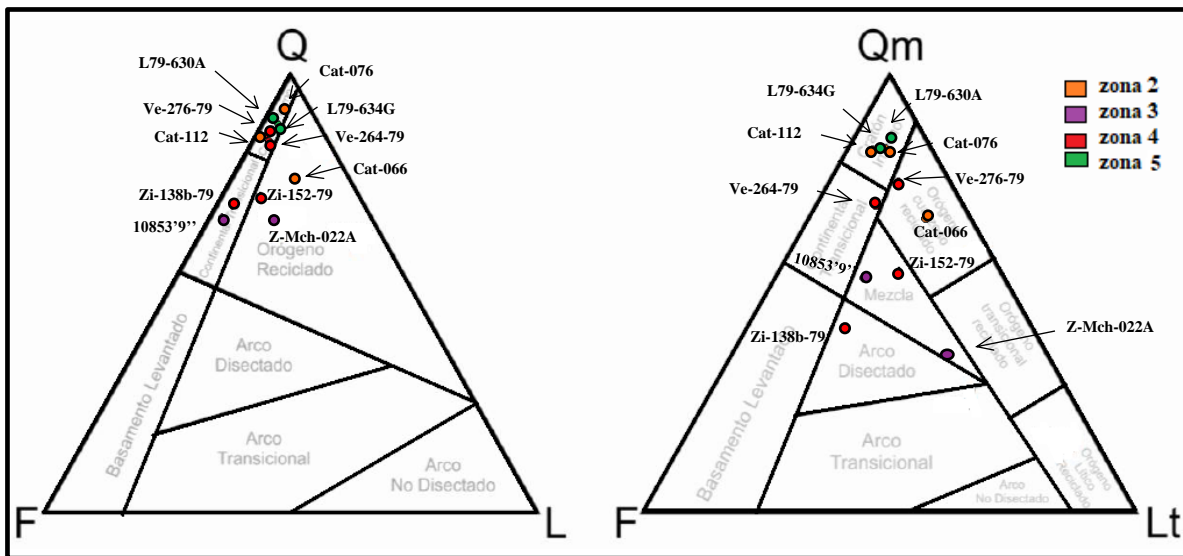


Figura 77. Diagramas ternarios de procedencia Q-F-L y Qm-F-Lt para todas las muestras.

Procedencia de la Zona 2- 3

Tabla 8. Resultado de proveniencia de las zonas 2 y 3

Muestra	Zona	Formación/ Grupo	Triángulo Q-F-L Ambiente	Triángulo Qm-F-Lt Ambiente
Cat-076	2	Orocué	Cratón interno	Cratón interno
Cat-066	2	Orocué	Orógeno Reciclado	Orógeno cuarzosos reciclado
Z-Mch-022A	3	Orocué	Orógeno Reciclado	Mezcla
Cat-112	2	Mirador	Cratón interno	Cratón interno
10853'99"	3	Mirador	Continental transicional	Mezcla

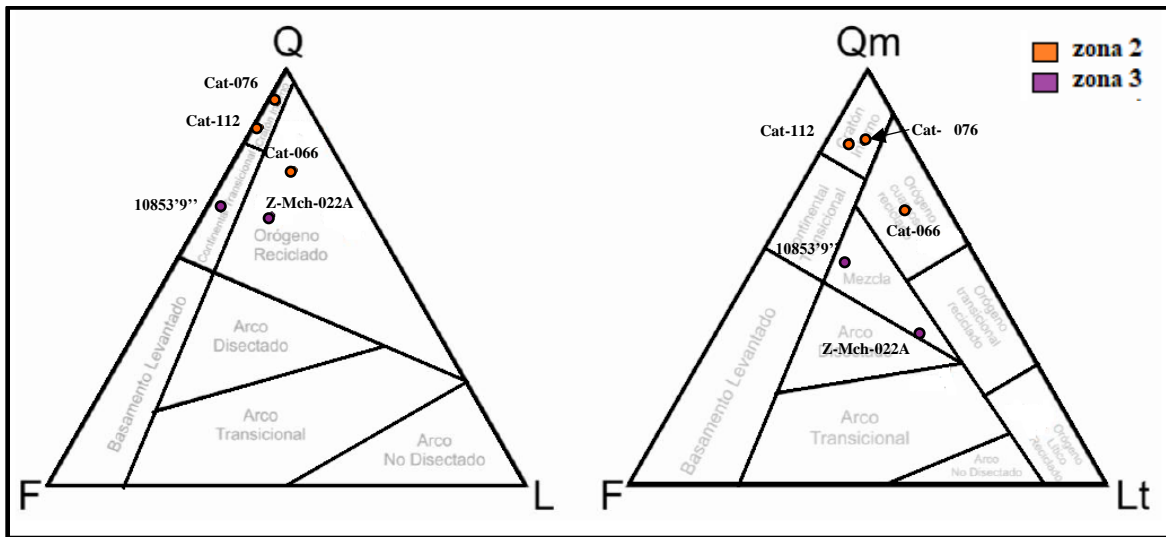


Figura 78. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 2 y 3.

Según el diagrama Q-F-L, muestras del Grupo Orocué poseen una tendencia de orógeno reciclado mientras que para el diagrama Qm-F-Lt los resultados son diversos entre: cratón interno, orógeno cuarzoso reciclado y zona de mezcla limitando con arco disectado (ver fig. 78 y tabla 8). Para la Formación Mirador, lo notorio en base al primer diagrama es que, ambas muestras provienen de un bloque continental; diferenciándose ahora en el segundo diagrama entre bloque continental (cratón interno) y arco magmático (mezcla).

Procedencia de la Zona 4

Tabla 9. Resultado de procedencia de la zonas 4

Muestra	Zona	Formación/ Grupo	Triángulo Q-F-L Ambiente	Triángulo Qm-F-Lt Ambiente
Ve-276-79	4	Misoa	Cratón interno	Orógeno cuarzoso reciclado
Ve-264-79	4	Trujillo	Cratón interno	Continental transicional
Zi-152-79	4	Misoa	Orógeno reciclado	Mezcla
Zi-138b-79	4	Paují	Continental transicional	Arco disectado

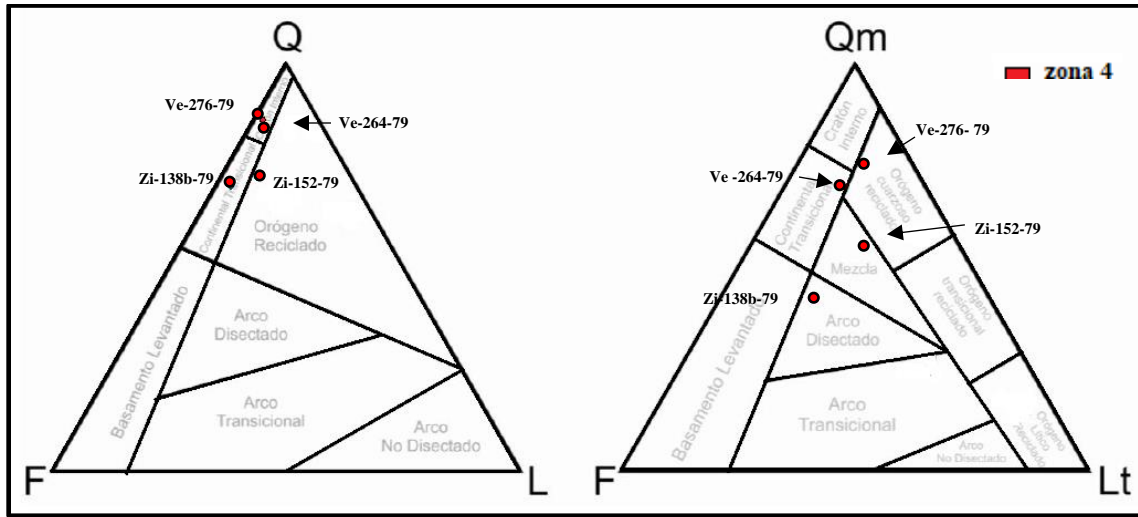


Figura 79. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 4 y 4.1.

Por lo general, las areniscas de estas zonas muestran una tendencia de bloque continental, subdividiéndose en la categoría de cratón interno y continental transicional; mientras que aquellas muestras con menor enriquecimiento en cuarzo, quedan designadas a la categoría de orógeno reciclado dentro del diagrama Q-F-L (como es el caso de la muestra zi-152-79). Tal tendencia cambia al utilizar el diagrama Qm-F-Lt, donde ahora el ambiente predominante es el arco magmático (arco disectado y mezcla); el resto de las muestras entran en la categoría de continental transicional y orógeno cuarzoso reciclado, limitando muy cerca con cratón interno (ver fig. 79 y tabla 9).

Procedencia de la Zona 5

Tabla 10. Resultado de proveniencia de las zonas 5

Muestra	Zona	Formación/ Grupo	Triángulo Q-F-L Ambiente	Triángulo Qm-F-Lt Ambiente
L79-634G	5	Matatere	Cratón interno	Cratón interno
L79-630A	5	Matatere	Cratón interno	Cratón interno

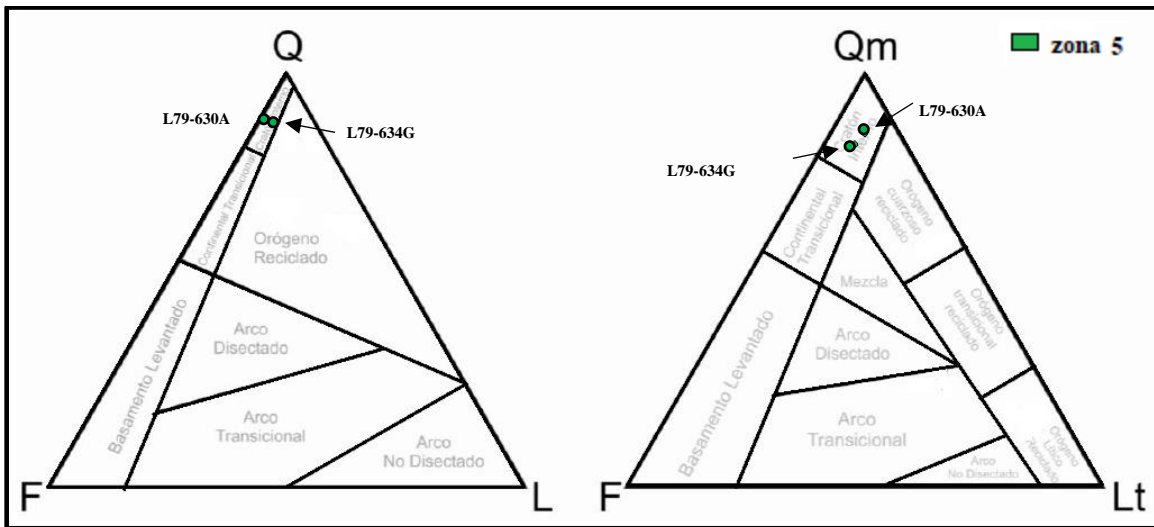


Figura 80. Diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt para las muestras de la zona 5.

La procedencia para las areniscas de dicha zona, correspondiendo únicamente con la Formación Matatere, poseen una tendencia del 100% de provenir del bloque continental, específicamente de la categoría de cratón interno tanto en el diagrama Q-F-L y Qm-F-Lt. Las rocas de esta categoría tienden a ser texturalmente maduras.

Según Dickinson *et al.*, (1983) en Alezones (2009), los sedimentos que provienen de bloques continentales, específicamente de la categoría de cratón interno donde las areniscas son generalmente cuarzosas; provienen de un escudo o plataformas estables o de áreas transicionales entre bloques de basamento expuestos (ver fig. 80 y tabla 10).

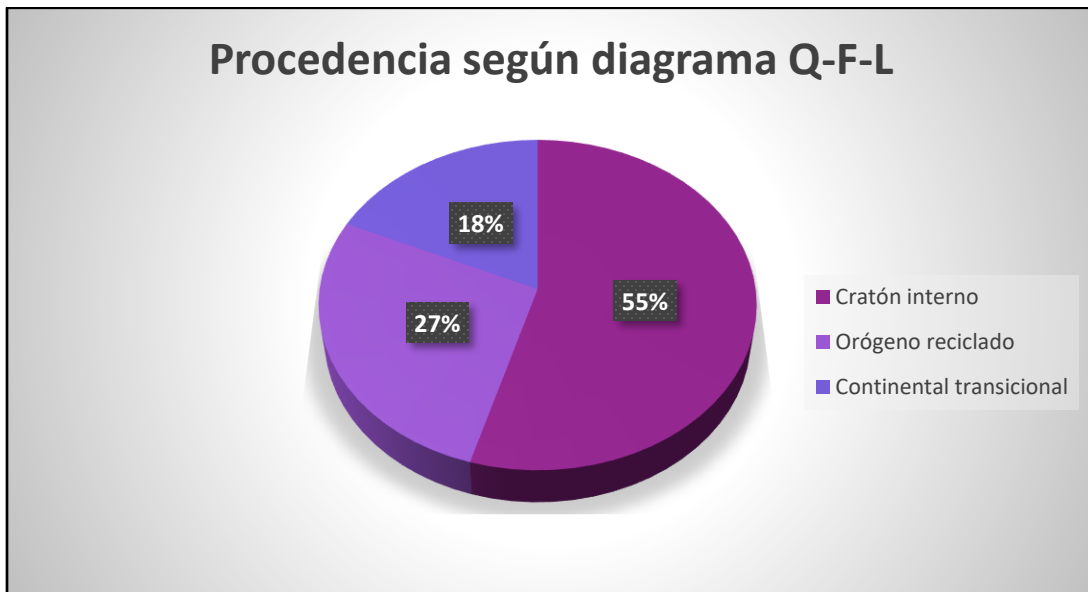


Figura 81. Distribución de la procedencia de todas las muestras según diagrama Q-F-L.

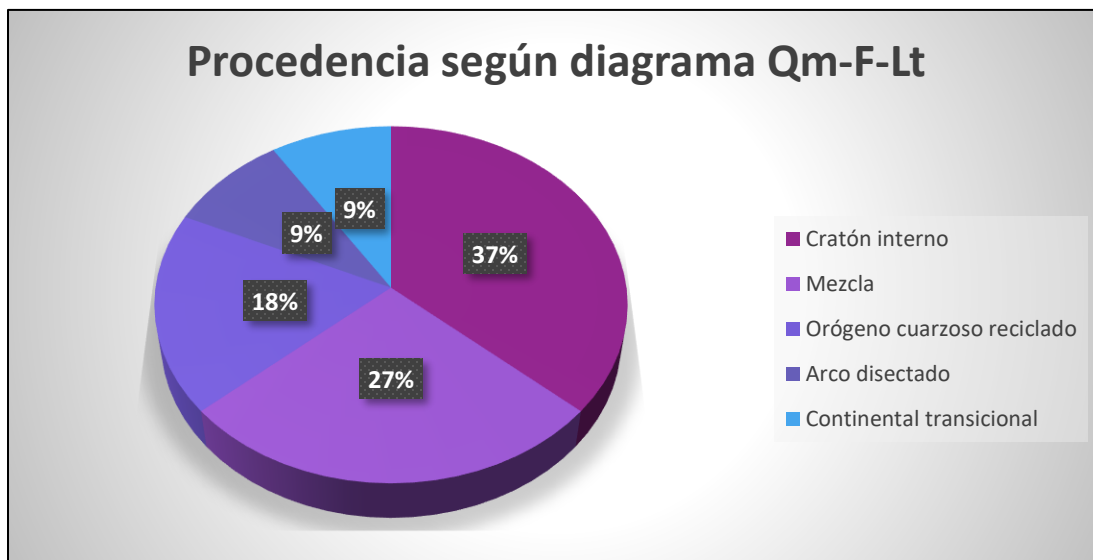


Figura 82. Distribución de la procedencia de todas las muestras según diagrama Qm-F-Lt.

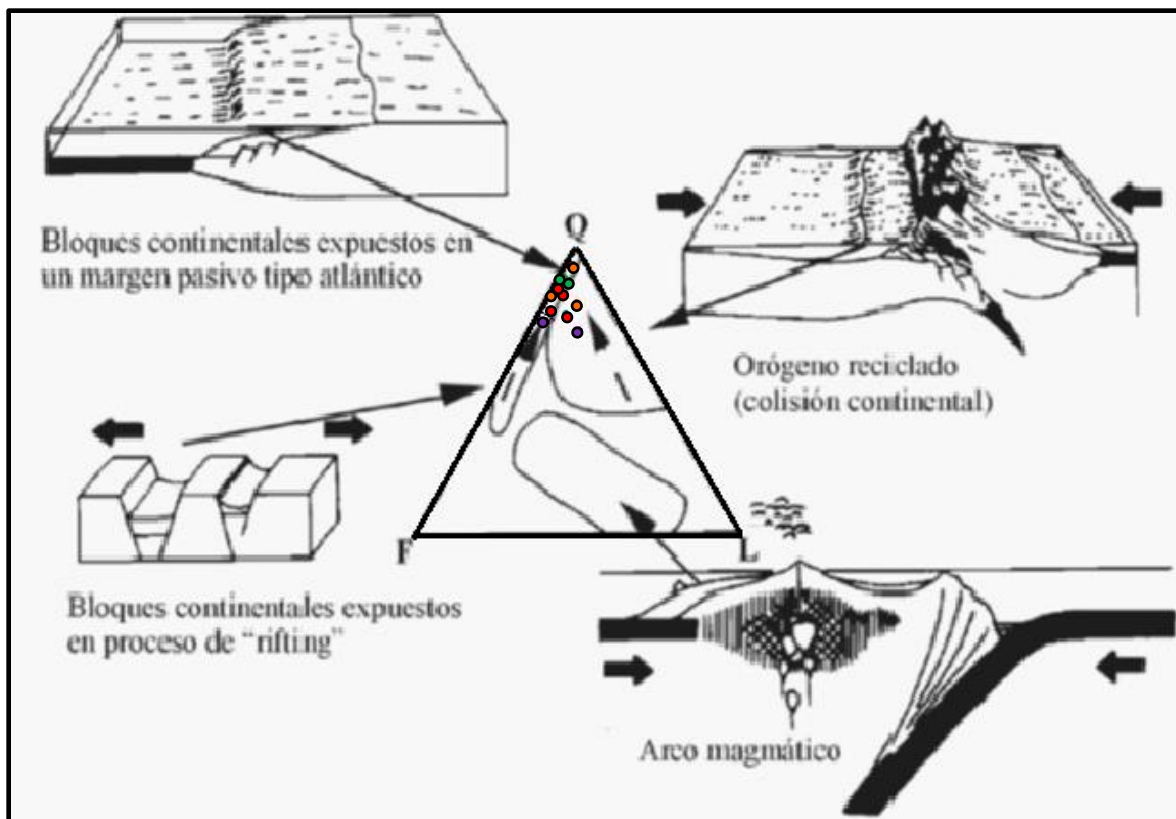


Figura 83. Ubicación de todas las muestras para los diferentes ambientes tectónicos a partir del diagrama QFL.

Tabla 11. Tabla donde se muestran las diferentes fuentes de aporte para el occidente de Venezuela. Tomado y modificado de Cardozo (1996) en Alezones (2009) y Alarcón (2008).

Zonas Positivas	Composición	Minealogía diagnóstica
Escudo de Guayana	Gneis graníticos migmatíticos y no migmatíticos, granulitas félsicas, gneis oligoclástico cuarzo biotítico, metalimolitas, metareniscas feldespáticas, tronjhemita, granodioritas, cuarzodioritas, anfibolitas, esquistos anfibolíticos, cuarzo monzonita, granitos alcalinos, tonalitas, tobas, riolitas y latita cuarzifera.	Circón, turmalina, epidoto, apatito
Macizo de El Baúl	Granitos y rocas metasedimentarias, metalimolitas, cuarzitas y filitas. Esquistos cloríticos cuarzosos, metareniscas arcósicas.	Cuarzo, ortoclasa, plagioclasas, biotitas, moscovita, horblenda, pirofilita, fluoritas, apatito, zircón, esfena y magnetita, hematita y turmalina.
Arco de Mérida y rocas de la Plataforma Cretácica	1-Formación Mucuchachí: varía de pizarras contendencia filítica y brillo sericítico, fosilífera a pizarras de color gris oscuro a verdoso con tendencia filítica, metareniscas	Granate
	2- Formación El Águila: cuarcitas, filitas y metalimolitas micáceas cloríticas y algunas de ellas muestran porfidoblastos de granate (Miembro El Balcón)	Micas, clorita
	3- Formación Río Momboy: filitas con biotita generalmente en porfidoblastos y cuarcitas	Estaurolita
	4- Intrusiones graníticas	
	5-Rocas sedimentarias de las formaciones La Luna, Colón, y parte del Grupo Cogollo (Apón, Lisure y Maraca)	Fragmentos sedimentarios
Cadena Caribe	Gneis graníticos, esquistos cerisítico, esquisto cuarzoso, anfibolita, metacuarzita, gneis horblendico y metadioritas.	Granate, cianita, fragmentos de roca volcánicos, fragmentos de roca sedimentaria, circón, turmalina estaurolita
Cordillera Central Colombiana	Anfibolitas, esquistos verdes y azules, eclogitas, rocas máficas y ultramáficas y sus equivalentes metamórfico, rocas volcánicas máficas y rocas graníticas. Rocas metasedimentarias con grafito, pelitas carbonáceas metamorizadas, wacas y grawacas, mármoles, tobas volcánicas, rocas verdes, esquistos verdes, anfibolitas, migmatitas y metamórficas de alta P/T	Fragmentos de rocas sedimentarias y de rocas metamórficas, granate

La tabla 11 hace referencia a las fuentes que proporcionaron sedimentos a la cuenca de Maracaibo y surco de Barquisimeto para el Terciario Inferior. Probablemente las areniscas ricas en fragmentos líticos sedimentarios y metamórficos, derivan del Arco de Mérida, plataforma Cretácica y de la cordillera central de Colombia, considerándose de esta manera como las fuentes de aporte para las formaciones con predominio de sublitarenitas y areniscas líticas; en este caso el Grupo Orocué; sin dejar de lado la influencia que tiene la Cadena Caribe y que se refleja en la evidencia de fragmentos de rocas volcánicas.

Por otra parte, la presencia de micas, halladas en un 85% de las muestras reflejan influencia de zonas positivas como el Arco de Mérida y el Macizo del Baúl.

Presencia de zircón y turmalina identificados en formaciones como Mirador y Matatere sugieren una procedencia o influencia de la Cadena Caribe, Macizo del Baúl y posiblemente del Escudo de Guayana.

Tabla 12. Cuadro esquemático con los resultados de procedencia y clasificación de areniscas para las 11 muestras seleccionadas.

Formación	Zona	Muestra	Clasificación	Procedencia Q-F-L	Distribución	Procedencia Qm-F-Lt	Distribución
Grupo Orocué	2 (sureste edo Zulia)	Cat-076	Grauvaca lítica	Cratón Interno	<ul style="list-style-type: none"> Cratón Interno Orógeno Reciclado Continental Transicional 	Cratón Interno	<ul style="list-style-type: none"> Cratón Interno Mezcla Orógeno Cuarzoso Reciclado
Grupo Orocué	2 (sureste edo Zulia)	Cat-066	Sublitarenita	Orógeno Reciclado		Orógeno Cuarzoso Reciclado	
Mirador	2 (sureste edo Zulia)	Cat-112	Subarcosa	Cratón Interno		Cratón Interno	
Grupo Orocué	3 (Occidente edo Zulia)	Z-Mch-022A	Arenisca lítica	Orógeno Reciclado		Mezcla	
Mirador	3 (Occidente edo Zulia)	108539"	Subarcosa	Continental Transicional		Mezcla	
Trujillo	4 (NE edo. Zulia, el Venado)	Ve-264-79	Sublitarenita	Cratón Interno	<ul style="list-style-type: none"> Cratón Interno Orógeno Reciclado Continental Transicional 	Continenta transicional	<ul style="list-style-type: none"> Orógeno Cuarzoso Reciclado Continental Transicional Mezcla Arco Disectado
Misoa	4 (NE edo. Zulia, el Venado)	Ve-276-79	Subarcosa	Cratón Interno		Orógeno Cuarzoso Reciclado	
Misoa	4 (NE edo. Zulia, Sipayare)	Zi-152-79	Subarcosa	Orógeno Reciclado		Mezcla	
Paují	4 (NE edo. Zulia, Sipayare)	Zi-138b-79	Subarcosa	Continental Transicional		Arco Disectado	
Matatere	5 (Edo. Lara)	L79-634G	Cuarzoarenita	Cratón Interno	<ul style="list-style-type: none"> Cratón Interno 	Cratón Interno	<ul style="list-style-type: none"> Cratón Interno
Matatere	5 (Edo. Lara)	L79-630A	Cuarzoarenita	Cratón Interno		Cratón Interno	

Los ambientes obtenidos son variados, aunque algunos muestran mayor influencia a lo largo de la zona total trabajada. El mayor porcentaje de procedencia se atribuye a bloques continentales (interno y transicional continental), que aumenta hacia el noreste, en las zonas 4 y 5. Mientras que la procedencia de orógeno reciclado (cuarzoso) indica un porcentaje ligeramente mayor en las zonas 2 y 3 y disminuye hacia el noreste.

Gracias al segundo diagrama de clasificación y en comparación con el primero, es apreciable que ciertas zonas presentan influencia de otros ambientes; como lo manifiestan muestras del Grupo Orocué (orógeno reciclado) y Formación Mirador (continental transicional) de la zona 3, con influencia de ambientes de mezcla. Por otra parte, muestras de las formaciones Trujillo, Misoa y Paují, señalan una influencia de ambientes de orógeno cuarzoso reciclado, mezcla y arco disectado respectivamente; en las zonas al noreste del estado Zulia.

Tomando en cuenta la ubicación de los ambientes tectónicos a partir del diagrama Q-F-L, se hace notar el hecho de que las muestras analizadas gozan de una muy buena madurez y estabilidad mineralógica.

Tabla 13. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para las formaciones Barco y Los Cuervos

Muestras	Clasificación P.P.S	Clasificación D. S	Autigénesis		Reacciones Diagenética	Zonas Diagenética					
			Cemento prin.	Cemento sec.		25°C	80°C	130°C	200°C	250°C	
			Diagénesis Somera	Diagénesis Intermedia		Diagénesis Profunda	Telodiagénesis				
LOS CUERVOS					Compactación	[Barra amarilla]					
					Deformación Plástica	[Barra amarilla]					
					Presión -Solución	[Barra amarilla]					
	Cat-053	Sublitarenita		Min. Ar.	FeO	Cementación- Precipitación de Calcita	[Barra amarilla]				
	Cat-060	Sublitarenita		Min. Ar.	Si	Cementación de Sílice	[Barra amarilla]				
Cat-062	Sublitarenita		Min. Ar.	Si	Precipitación de Caolinita	[Barra amarilla]					
Cat-066	Sublitarenita	Orógeno Reciclado / Orógeno cuarzoso Reciclado	Min. Ar.	Si, CaCO3	Ilitización	[Barra amarilla]					
					Precipitación de illita	[Barra amarilla]					
					Disolución de Feldespatos	[Barra amarilla]					
					Disolución de Aluminosilicatos	[Barra amarilla]					
					Alteración de Feldespatos	[Barra amarilla]					
					Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					
BARCO					Compactación	[Barra amarilla]					
					Deformación Plástica	[Barra amarilla]					
					Presión -Solución	[Barra amarilla]					
	Cat-076	Grauvaca Lítica	Cratón interno	Min. Ar.	FeO, Si	Cementación- Precipitación de Calcita	[Barra amarilla]				
						Cementación de Sílice	[Barra amarilla]				
					Precipitación de Caolinita	[Barra amarilla]					
					Ilitización	[Barra amarilla]					
					Precipitación de illita	[Barra amarilla]					
					Disolución de Feldespatos	[Barra amarilla]					
					Disolución de Aluminosilicatos	[Barra amarilla]					
R-270	Subarcosa		Min. Ar.	FeO, Si	Alteración de Feldespatos	[Barra amarilla]					
					Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					
R-308	Subarcosa		Min. Ar.			[Barra amarilla]					

Las muestras analizadas se distribuyen a lo largo de toda la columna estratigráfica del Paleoceno al Eoceno Inferior hacia la base y tope de la Formación Barco y en la zona media de la Formación Los Cuervos.

Estas dos formaciones representadas en la tabla 13, constan de un proceso diagenético con características similares; lo cual no carece de sentido, puesto que ambas formaciones representan una sedimentación deltaica con ambientes parálidos y sus caracteres distintivos desaparecen lateralmente (González de Juana *et al.*,1980), esto se convierte en la razón por la cual, estas formaciones adyacentes pueden agruparse en el denominado Grupo Orocué. En cambio, la Formación Mirador suprayacente, representada en la tabla 14 se diferencia de las anteriores por el aumento en su tamaño de grano, disminución en la cantidad de cemento de minerales de arcilla y óxido de hierro, pasando a ser el cemento sintaxial de sílice el principal; aumenta el contacto grano-grano lo que genera procesos de presión- solución, ausentes en el

Grupo Orocué al igual que la disolución de granos de feldespatos, atribuido posiblemente a la abundancia de arcilitas y lutitas en este grupo, lo que hace que los efectos diagenéticos no se muestren tan intensos.

Tabla 14. Reacciones y zonas diagenéticas para la Formación Mirador con columna generalizada y sus muestras respectivas.

Muestras	Clasificación P.P.S	Clasificación D. S	Autigénesis		Reacciones Diagenética	Zonas Diagenética	Temperatura				
			Cemento prim.	Cemento sec.			25°C	80°C	130°C	200°C	250°C
							Diagénesis Somera	Diagénesis Intermedia	Diagénesis Profunda	Telodiagénesis	
MIRADOR					Compactación	[Barra amarilla]					
					Deformación Plástica	[Barra amarilla]					
					Presión -Solución	[Barra amarilla]					
	Cat-112	Subarcosa	Cratón Interno	Si	Min. Ar.	Cementación- Precipitación de Calcita	[Barra amarilla]				
						Cementación de Sílice	[Barra amarilla]				
						Precipitación de Caolinita	[Barra amarilla]				
	Cat-018	Subarcosa		Min. Ar.	Si	Ilitización	[Barra amarilla]				
	Cat-022	Subarcosa		Min. Ar.	Si	Precipitación de ilita	[Barra amarilla]				
Cat-035	Subarcosa		Min. Ar.	Si	Disolución de Feldespatos	[Barra amarilla]					
					Disolución de Aluminosilicatos	[Barra amarilla]					
					Alteración de Feldespatos	[Barra amarilla]					
R-230	Cuarzoarenita		Si	Min. Ar.	Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					

Durante el Eoceno Inferior- Medio, las muestras de esta unidad se distribuyen hacia la base, parte media e iniciando la parte superior.

En la tabla 15, se representa la Formación Trujillo, que al igual que el Grupo Orocué, inicia su sedimentación en el Paleoceno y la Formación Misoa; la cual es la unidad equivalente de Mirador hacia el norte y este de la cuenca del Lago de Maracaibo.

Tabla 15. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para las formaciones Trujillo, Misoa y Paují.

	Muestras	Clasificación P.P.S	Clasificación D. S	Autigénesis		Reacciones Diagenéticas	Zonas Diagenética								
				Cemento prin.	Cemento sec.		25°C	80°C	130°C	200°C	250°C				
PAUJÍ	Ve- 366-79	Grauvaca Feldesp.		CaCO3	Si	Compactación Deformación Plástica Presión -Solución Cementación- Precipitación de Calcita Cementación de Sílice Precipitación de Caolinita Ilitización Precipitación de illita Disolución de Feldespatos Disolución de Aluminosilicatos Alteración de Feldespatos Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					PAUJÍ			
	Zi-132-79	Grauvaca Feldesp.		CaCO3	Si, Min. Ar		[Barra amarilla]								
	Zi-138b	Subarcosa	Continental Transicional/ Arco Disactado	Min. Ar.	Si		[Barra amarilla]								
	Zi-141-79	Grauvaca Feldesp.		CaCO3	Si		[Barra amarilla]								
	Ve-277-79	Grauvaca Feldesp.		Min. Ar.			[Barra amarilla]								
MISOA	Ve-276-79	Subarcosa	Cratón interno / Orógeno cuarzozo reciclado	Si	Min. Ar.	Compactación Deformación Plástica Presión -Solución Cementación- Precipitación de Calcita Cementación de Sílice Precipitación de Caolinita Ilitización Precipitación de illita Disolución de Feldespatos Disolución de Aluminosilicatos Alteración de Feldespatos Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					MISOA			
	Ve-211-79	Grauvaca Feldesp.		Min. Ar.	Fe		[Barra amarilla]								
	Ve-195-79	Grauvaca Feldesp.		Min. Ar.	Fe		[Barra amarilla]								
	Zi-111-79	Subarcosa		Min. Ar.	Fe, Si		[Barra amarilla]								
	Zi-152-79	Subarcosa	Orógeno Reciclado / Mezcla	CaCO3	Si, Min. Ar.		[Barra amarilla]								
	Zi-118-79	Subarcosa		Min. Ar.	Fe, Si		[Barra amarilla]								
	Zi-155-79	Sublitarenita		CaCO3	Si, Min. Ar.		[Barra amarilla]								
	TRUJILLO	Ve-264-79	Sublitarenita	Cratón interno / Continental transicional	Min. Ar.		Si	Compactación Deformación Plástica Presión -Solución Cementación- Precipitación de Calcita Cementación de Sílice Precipitación de Caolinita Ilitización Precipitación de illita Disolución de Feldespatos Disolución de Aluminosilicatos Alteración de Feldespatos Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]					TRUJILLO	
		Ve-258-79	Sublitarenita		Min. Ar.		CaCO3, Si		[Barra amarilla]						
									[Barra amarilla]						

Las muestras pertenecientes a la Formación Trujillo, se localizan en la parte media y tope. En Misoa, las muestras corresponden a la base (parte superior) y zona media. En cambio, la Formación Paují presenta distribución en la base, tope y zona media.

Tabla 16. Reacciones y zonas diagenéticas por formación con columna generalizada y sus muestras respectivas. Columna para la Formación Matatere

Muestras	Clasificación P.P.S	Clasificación D. S	Autigénesis		Reacciones Diagenética	Zonas Diagenética				
			Cemento prin.	Cemento sec.		25°C	80°C	130°C	200°C	250°C
					Compactación	[Barra amarilla]				
L79-628L	Cuarzoarenita		CaCO3	Si	Deformación Plástica	[Barra amarilla]				
L79-630A	Cuarzoarenita	Cratón Interno	Si	FeO	Presión -Solución	[Barra amarilla]				
L79-632A	Cuarzoarenita		FeO	Si, CaCO3	Cementación- Precipitación de Calcita	[Barra amarilla]				
L79-634G	Cuarzoarenita	Cratón Interno	CaCO3	FeO, Si	Cementación de Sílice	[Barra amarilla]				
L79-666C	Subarcosa		Si	FeO, Min. Ar	Precipitación de Caolinita	[Barra amarilla]				
					Ilitización	[Barra amarilla]				
L79-660A	Grauvaca Feldespática		CaCO3	Si, Min. Ar	Precipitación de illita	[Barra amarilla]				
					Disolución de Feldespatos	[Barra amarilla]				
					Disolución de Aluminosilicatos	[Barra amarilla]				
					Alteración de Feldespatos	[Barra amarilla]				
					Sobrecrecimiento de Cuarzo	[Barra amarilla]				
L79-693A	Subarcosa		Si	FeO, Min. Ar		[Barra amarilla]				

Columna estratigráfica tomada de González de Juana *et al.* (1980).

La Formación Matatere, de edad Paleoceno-Eoceno ubica sus muestras en la zona media (parte superior) y hacia el tope de la secuencia. Dicha formación se extiende el oeste donde se le designa el nombre de Formación Trujillo, descrita anteriormente (González de Juana *et al.*,1980).

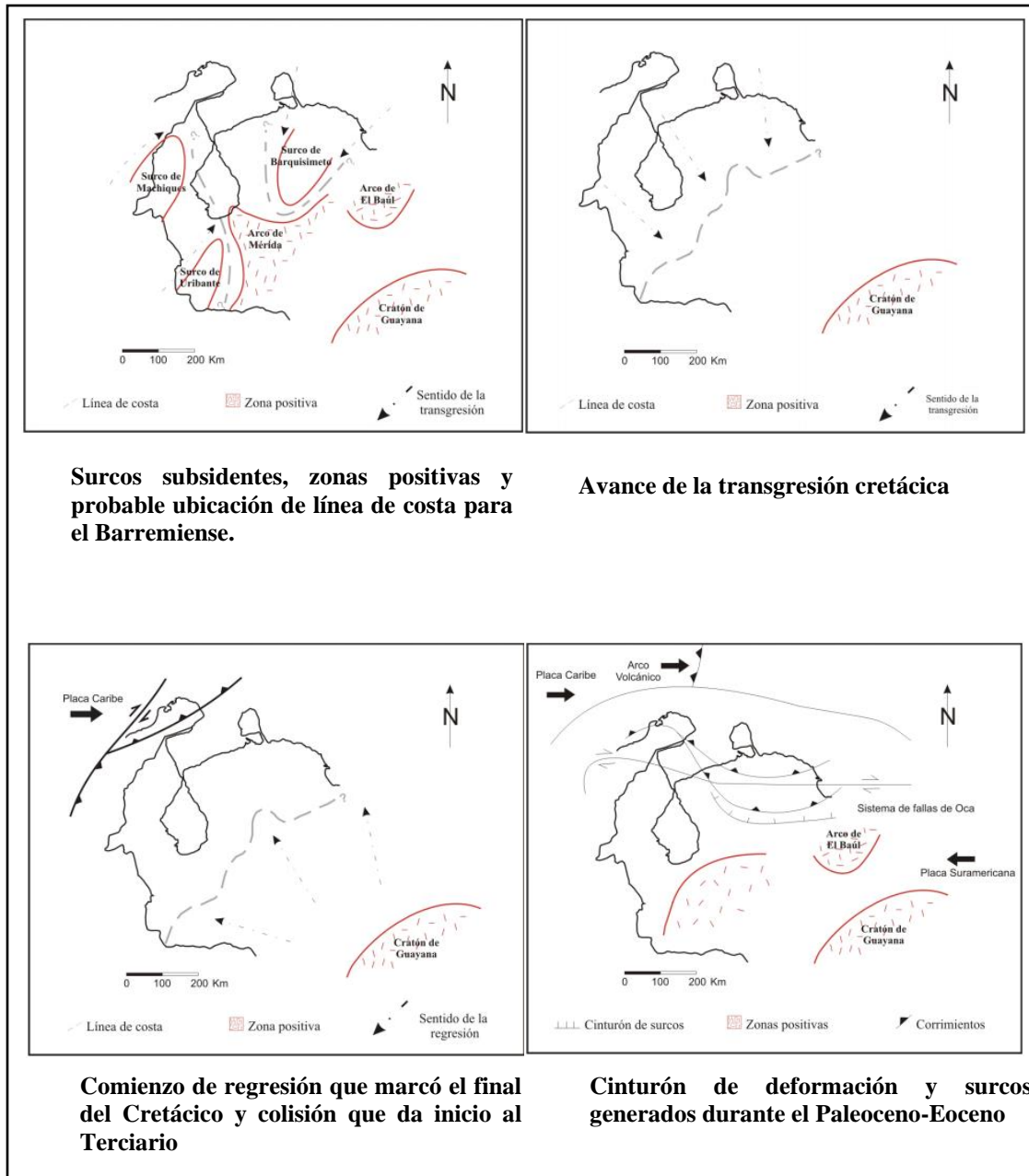


Figura 84. Mapa esquemático donde se muestra la evolución desde el Barremiense hasta el Eoceno de las zonas positivas que sirvieron de aporte de sedimentos. Tomado de González de Juana *et al.* (1980) y Yoris *et al.* (1997) en Martínez & Valletta (2008).

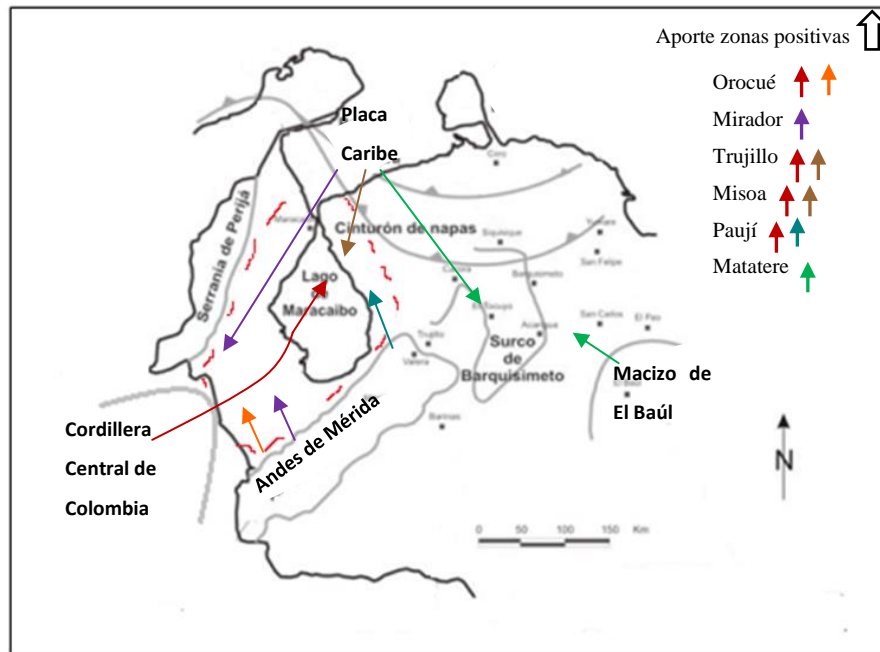


Figura 85. Síntesis esquemática de las zonas positivas que posiblemente actuaron como fuente de sedimentos en el Surco de Barquisimeto y Cuenca de Maracaibo para el Paleoceno-Eoceno Medio (delimitada en líneas rojas). Flechas indican dirección de aporte.

Relacionando las figuras 84 y 85, con los resultados obtenidos según los diagramas de procedencia y lo esbozado en la tabla número 11 se induce que:

El Grupo Orocué probablemente recibió aporte sedimentario del Arco de Mérida, el graben invertido de Machiques y la Cadena Caribe debido al gran contenido de fragmento líticos que presenta. En cambio, las areniscas de la Formación Trujillo con presencia de granos dúctiles y también rica en fragmentos líticos, pero localizada hacia el noreste de la zona de estudio, asociada a un Cratón Interno recibió un posible aporte de sedimentos provenientes de la cordillera central de Colombia, sedimentos cretácicos expuestos, teniendo además influencia de aporte de la Cadena Caribe a razón de fragmentos de rocas volcánicas, granos de zircón y turmalina identificados en esta formación, derivados del arco magmático en movimiento y emplazamiento de material oceánico en continente.

Para las Formaciones Mirador y Misoa, ambas son afectadas por el emplazamiento de las Napas y formación de la Cadena Caribe durante el Eoceno Temprano a Eoceno Medio donde el patrón de sedimentación cambia a uno activo y según evidencia característica (como se señala en la tabla 15) de fragmentos de rocas volcánicas, sedimentarios y granos con inclusiones. El Arco de Mérida es el que tiene mayor influencia de fuente de sedimentos para la Formación Mirador a razón de su mineralogía característica, mientras que la Formación Misoa indica más una fuente de sedimentos procedente de la Cordillera Central Colombiana y la misma cadena Caribe.

La Formación Paují en cambio, según su mineralogía identificada durante la clasificación, como es el caso de las micas y fragmentos de rocas sedimentarias y metamórficas redondeadas se le puede atribuir fuentes de aporte provenientes del Arco de Mérida y Cordillera Central Colombiana.

En último lugar la Formación Matatere, depositada en el surco de Barquisimeto según sus resultados de procedencia de cratón interno y mineralogía diagnóstica obtenida, como el gran contenido de cuarzo, mineral accesorio como el zircón se infiere la precedencia de una zona positiva correspondiente al Macizo del Baúl.

8.3. Relación de los Efectos Diagenéticos y Evolución Tectonoestratigráfica

En base a los resultados obtenidos en el trabajo y en comparación con trabajos realizados con anterioridad en las mismas zonas, se tiene la siguiente evolución para los diferentes tiempos geológicos:

- Paleoceno- Eoceno inferior: para este momento ya comienzan a reflejarse los efectos de la colisión entre la Placa Caribe y la Suramericana. En primer lugar, se deposita el Grupo Orocué; las muestras se asocian a un orógeno reciclado principalmente y a un cratón interno; se interpreta una procedencia del Arco de Mérida y un posible aporte del graben de Machiques procedente del SW; siendo de ayuda la evidencia de mineralogía diagnóstica de dichas zonas en las muestras como los fragmentos de roca (volcánicos y metamórficos). Para este Grupo se

estima una zona de diagénesis intermedia-avanzada, según su clasificación, evidencia de reacciones diagenéticas mostradas en la tabla 13, y la influencia que tiene el cambio de sedimentación que ocurre para dicho periodo, pasando de una sedimentación de margen pasivo a uno de margen activo. El tipo de cemento principal correspondiente a minerales de arcilla, que también indica una diagénesis de media a avanzada, se mantiene constante al igual que el cemento secundario desde la Formación Barco a Los Cuervos; lo que posiblemente indicaría un aporte constante de las fuentes que dieron origen a las rocas analizadas.

La Formación Trujillo por su lado, se relaciona a un ambiente continental transicional; se interpreta una procedencia desde el noreste, controlado por las napas de Lara como consecuencia de la entrada de la Placa Caribe frente a Suramérica. Sus factores diagenéticos, correspondientes a una etapa más avanzada como la Mesogénesis. Podría estar estrechamente ligada a su cercanía de los frentes de deformación. Las areniscas de esta secuencia se clasifican únicamente como sublitarenitas y constan del mismo tipo cemento principal de minerales de arcillas y apenas una pequeña variación en la aparición de mineral carbonático en una de las muestras.

- Paleoceno- Eoceno Medio: Los análisis de procedencia para la Formación Matatere indicaron ser de un cratón interno. Esta formación se depositó en el Surco de Barquisimeto (cuenca antepaís), que obtuvo aporte de sedimentos clásticos y masas alóctonas procedentes de escarpes de fallas generados al sur, y de las napas de Lara. Aunque el emplazamiento de dichas napas, controla gran parte de esta sedimentación; en base a los resultados obtenidos y según estudios realizados por Martínez & Valletta (2008), puede considerarse como fuente de sedimentos el Macizo del Baúl. La etapa diagenética para Matatere es más difícil de interpretar a causa de indicadores de diagénesis temprana como la precipitación de cemento carbonático, aspecto flotante o contactos de puntuales a rectos; y a la vez evidencias de una etapa avanzada como contactos cóncavos y suturados,

disolución y porosidades a causas de fractura. Sus resultados manifestados en la tabla 12, revelan las variaciones presentes a nivel del tipo de cemento principal y secundario, dando lugar a una posible fuente de procedencia secundaria que ayudaría a explicar a su vez, tales variaciones a nivel diagenético.

- Eoceno Inferior-Eoceno Medio: muestras de la Formación Mirador tienen una inclinación de proveniencia continental (cratón interior y transicional) con influencia de ambiente de mezcla. Rocas de estas procedencias continentales se caracterizan por ser cuarzo-feldespáticas, tal como las subarcosas obtenidas que se encuentran bajo un régimen eogenético. En base a modelos existentes y estudios de Alezones (2009), la dirección de aporte sedimentario sería E-NE-SE, influyendo entonces la reactivación del Arco de Mérida, el emplazamiento de las napas de Lara y la formación de la cadena Caribe.

Los resultados para las muestras de la Formación Misoa se muestran más diversos como cratón interno-orógeno reciclado con la influencia orógeno cuarzoso reciclado y ambiente de mezcla. Tomando en cuenta las diferentes fuentes de aporte por mineralogía característica según Cardozo (1996), se asume una procedencia de Cordillera Central Colombiana atribuida a la presencia de fragmentos de roca metamórficas y sedimentarias redondeadas; aunque también se interpreta proveniencia de la Cadena Caribe con menor intensidad por aparición de minerales como el circón, fragmentos sedimentarios y volcánicos (escasos). Tal variedad se puede asemejar a los resultados propuestos por Núñez (1998), donde sostiene que las rocas estudiadas en el borde oriental del Lago de Maracaibo (arenas C inferior, C superior y B) tienen procedencias distintas. Arenas C inferior provienen de una mezcla entre ambiente de orógeno reciclado y bloque continental. En cambio, las arenas entre los niveles C3 y B4 se asocian a una procedencia de orógeno reciclado con influencia de cratón interno, razón por la cual el autor plantea un origen de sedimentos provenientes de los terrenos caribes con alguna influencia granítica. Esta formación asociada a ambientes fluvio-

deltaicos, se le atribuye un régimen diagenético intermedio, entre las temperaturas de los 80° y 130°.

- Finales Eoceno Medio: La Formación Paují, refleja una procedencia de bloque continental (transicional) con influencia de arco disectado. Por consiguiente, y con evidencias de minerales accesorios como micas, clorita y algunos fragmentos de roca metamórficas, se infiere el aporte sedimentario de la Cordillera Central de Colombia con influencia también del Arco de Mérida. Según sus características anteriormente descritas y resultados mostrados en la tabla 11, la zona diagenética que se le puede asignar es a finales de la diagénesis somera e inicios de la intermedia.

CAPÍTULO IX

9. SUMARIO Y CONCLUSIONES

- La clasificación de las areniscas analizadas según Pettijohn, Potter & Siever (1979) es bastante variada a nivel general. El mayor porcentaje de areniscas se atribuye a aquellas con cantidades considerables de feldespatos; subarcosas (40%) seguidas de las grauvacas feldespáticas y sublitarenitas, ambas con un porcentaje total del 17,5%. Las areniscas cuarzosas (cuarzoarenitas) ocupan un porcentaje del 12,5%, mientras que las menos frecuentes son las areniscas y grauvacas líticas (5% c/u) y areniscas feldespáticas con apenas un 2.5%.
- Los resultados de clasificación obtenidos se compararon con los trabajos iniciales del año 1980. Algunas muestras como las pertenecientes a Roberto Lagazzi (1980) del SW de Zulia, fueron corregidas. Principalmente muestras de la Formación Mirador que se cambiaron de sublitarenita a subarcosa y unas muestras de la Formación Los Cuervos que cambian ahora de grauvaca lítica a sublitarenita. Tal corrección se llevó a cabo según los porcentajes obtenidos y tomando en cuenta que las características que modifican la clasificación, se prestaban fácilmente a confusión, como:
 - fragmentos de feldespatos alterados que se confunden con fragmentos de roca tipo chert (elevando el porcentaje de líticos).
 - muestras mal rebajadas que alteran las características originales del mineral, como por ejemplo granos de cuarzo que presentan altos colores de interferencia.
 - Falta de teñido que dificulta la identificación de porosidad, etc.
- Las muestras del Grupo Orocué, distribuidas entre el estado Zulia y Táchira, son las que presentan mayor contenido de fragmentos líticos.

- Las areniscas en la categoría de grauvacas, tienen su mayor aparición en las Formaciones Misoa y Paují, al noreste del edo. Zulia y el Grupo Orocué también en el edo. Zulia, pero hacia su parte sur y al suroeste del edo. Táchira.
- Del total de 40 muestras analizadas, las areniscas limpias y ricas en cuarzo se presentan principalmente en las formaciones Mirador y Matatere.
- La colisión entre la Placa Caribe y el borde norte de la Placa Suramericana que inicia en el Paleoceno, influye en la evolución de las formaciones que se depositaron a partir de este momento, con evidencia en fragmentos líticos volcánicos y minerales accesorios como el zircón y la turmalina.
- Los factores diagenéticos que modifican la composición inicial de las areniscas varía a lo largo de toda la zona, asociado a los eventos tectónicos que ocurren y modifican los patrones de sedimentación pasiva. Por ejemplo, al ir de suroeste a noreste, las unidades que integran el Grupo Orocué presentan una cementación principalmente de minerales de arcilla, el cual disminuye para las zonas más al norte. Al iniciarse la interacción entre la Placa Caribe y Suramérica para inicios del Paleoceno, los sedimentos pasan de un origen lacustrino a uno fluvial; lo que induce un cambio de cementación al pasar a la formación suprayacente (Mirador), donde ahora predominan los cementos silíceos. Mirador y su equivalente al noreste del edo. Zulia, la Formación Misoa, fueron depositadas por un sistema fluvio-deltaico (González de Juana *et al.*, 1980), por lo que se esperaría una gran semejanza entre su litología y cementación, pero, durante el proceso de sedimentación según Van Veen (1972), ocurren avances y retrocesos esencialmente en la parte nororiental; lo que proporciona las condiciones características para la precipitación del cemento carbonático presente en la mayoría de las muestras de la zona 4 y zona 5. Teniendo como resultado una

cementación más variada para las areniscas de las formaciones Trujillo, Misoa, Paují y Matatere.

- La Formación Mirador, representa una etapa diagenética más temprana que el Grupo Orocué a pesar de evidenciarse factores diagenéticos como presión-solución y disolución de granos, prácticamente ausentes en dicho grupo. Esto posiblemente debido a la abundancia de lutitas y arcilitas que constituyen a la Formación Barco y Los Cuervos que influye a que tales factores diagenéticos no sean tan intensos.
- Se logró identificar efectos diagenéticos como alteración y disolución de feldespatos, alteración de minerales de arcilla, deformación de granos dúctiles, remplazo de matriz por cemento, fracturamiento de granos de cuarzo, porosidades móldicas y por disolución. La alteración de feldespatos, bastante común a lo largo de todas las formaciones en muchos casos impedía su correcta identificación y diferenciación con respecto a fragmentos de roca. Por otro lado, la disolución de estos feldespatos y posibles fragmentos de roca pueden ser el motivo del aumento de porcentajes de cuarzo en algunas muestras, influenciando los resultados finales de clasificación.
- Los mayores efectos de compactación se identifican en la parte nororiental del área de estudio, específicamente en las areniscas de la Formación Matatere, cuya compactación disminuye en pequeña escala al pasar del Eoceno Inferior al Eoceno Medio resaltando la presencia del cemento carbonático hacia el tope. No obstante, varias de las muestras pertenecientes a la zona 4 también reflejan una buena compactación. Tal compactación no disminuye de una manera continua al ir de base a tope en las respectivas columnas estratigráficas, caso que se aprecia en las areniscas de la Formación Misoa que refleja un mayor grado de compactación hacia el tope de la secuencia; por lo que el grado de compactación estaría más

relacionado a la cercanía con respecto al emplazamiento de las Napas de Lara y el continuo movimiento de la Placa Caribe.

- Con base en los resultados obtenidos a partir de los diagramas de procedencia y la evolución tectónica de la zona para el terciario inferior, se tiene que la principal fuente de aporte sedimentario se corresponde con el Arco de Mérida y la Cordillera Central Colombiana sin dejar de lado que el emplazamiento de las Napas de Lara y formación de la Cadena Caribe también tienen influencia de procedencia sobre todo en las formaciones Mirador, Trujillo y Misoa.
- La interpretación de procedencia para la Formación Matatere resulta más compleja, ya que con su cercanía al frente de deformación correspondería más a un resultado de procedencia de orógeno colisional asociándose con las Napas de Lara que se apilan al norte. Pero al obtenerse areniscas limpias muy ricas en cuarzo, se corresponden con un cratón interno según diagrama de procedencia Q-F-L; por lo que se asumen una proveniencia desde el sur, posiblemente del Macizo del Baúl.
- Como agilización de trabajo, se podría trabajar con un solo triángulo de clasificación, seleccionando el más discriminatorio para que de esta manera el resultado a obtener sea el más preciso posible. Como por ejemplo el triángulo de procedencia Q_m-F-L_t; ya que abarca los parámetros fundamentales de clasificación y todas las posibles procedencias de la roca, sin importar el contenido de matriz presente y sólo con saber el valor máximo de matriz permitido para diferenciar entre grauvacas y areniscas limpias, se puede obtener un análisis bastante completo.
- La elaboración del atlas representa un gran apoyo visual para para el estudio sedimentológico de las areniscas debido a que facilita el reconocimiento textural

de las mismas y permite comparar las rocas clasificadas bajo el mismo nombre, pero visualmente diferente a causa del: tamaño de grano, tipo de porosidad, precipitación de cemento, etc.

CAPÍTULO X.

10. RECOMENDACIONES

- Integrar estudios de paleocorrientes y direcciones de sedimentación para complementar y delimitar mejor las posibles fuentes de aporte.
- Realizar estudios de minerales pesados o métodos geoquímicos e isotópicos para obtener una mayor precisión en los análisis de procedencia.
- Integrar estudio de líneas sísmicas al trabajo con la finalidad de establecer una buena y completa evolución tectonoestratigráfica para el ciclo terciario inferior en el occidente de Venezuela.
- Realizar estos mismos estudios para la Formación Matatere, con toma de muestras en cada una de sus unidades informales (I, II, III) para establecer el grado de influencia que tiene el aporte de sedimentos procedentes del norte del Surco de Barquisimeto en comparación con los pueden provenir del sur.

11. BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN, A. (2008). Análisis Modal de la procedencia de areniscas del campo hombre pintado para un intervalo de la Formación Agua Clara, estado Falcón. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

ALEZONES, R. (2009). Procedencia de las facies arenosas de la secuencia paleocena-eocena en la parte occidental del Lago de Maracaibo, región de Perijá, estado Zulia. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

AUDEMARD, F. (1991). Tectonics of Western Venezuela. Rice University, Texas. Ph.D.Thesis. Inédito; 245 p.

ARCHE, A. (2010) “Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria” Consejo superior de investigaciones científicas, Textos universitarios, Madrid, España. 1287 p.

AZPIRITXAGA, I. (1985). Recuperación mejorada de crudos pesados del campo Boscán. Reporte interno, Intevep s.a., INT-01208; 76 pp.

BAAMONDE, J. (2007). “Petrología”,Caracas, Venezuela.

BARRIOS & LOZANO. (2004). Estudio de procedencia y grado diagenético de los sedimentos en las formaciones Carbonera, Lagunillas e Isnotú, ubicadas en la cuenca de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

BAQUERO M., J. ACOSTA, E. KASSABJI, J. ZAMORA, J. SOUSA, J. RODRÍGUEZ, J. GROBAS, L. MELO & F. SHNEIDER. (2009). Polyphase development of the Falcón basin in northwestern Venezuela, implications for oil generation. In: The origin and evolution of the Caribbean plate, from JAMES, K.H., LORENTE, M.A., & PINDELL J. L. (eds.) *Geological Society, London, Special Publications* 328: 587-612.

BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ. 1968. Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. *Bol. Geol.*, MMH, Caracas, 9(18):515-563.

CARDOZO, L. (1996) Procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y su relación con la tectónica Caribe. Trabajo Especial de Grado, Inédito, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, U.C.V.; 264 p.

BOESI, T. & D. GODDARD. (1991) A new Geologic Model Related to the Distribution of Hydrocarbon Source Rocks in the Falcon Basin, Northwestern Venezuela. *Active Margin Basins: Case Histories and Examples. Am. Assoc. of Petrol. Mem.* 52: 303-319.

DELGADILLO, J. (2014) “Facies Sedimentarias asociadas a los parámetros de control estratigráfico durante el Eoceno Medio en el Bloque III del Lago de Maracaibo, Cuenca de Maracaibo. Estado Zulia”. Tesis de Maestría UCV. 202 p.

DICKINSON, W. y SUCZEK, C. (1979). Plate tectonics and sandstone composition In: *A.A.P.G. Bull.* 63 (12); pp 2164-2182.

DICKINSON, W.; BEARD, L.; BRAKENRIDGE, J.; ERJAVEC, R.; FERGUNSON, R.; INMAN, K.; KNEPP, R.; LINDBERG, L. and RIBERG, P. (1983). Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. In: *G.S.A. Bull.* 94 (2); pp 222-235.

DISCEPOLA P., (2018). Análisis estratigráfico secuencial de la transición Paleoceno/Eoceno en el bloque III de la cuenca del Lago de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

ESCALONA A. (2003). “Tectónica regional, estratigrafía por secuencia y propiedades de los yacimientos clásicos de el Eoceno, cuenca de Maracaibo”. The University of Texas at Austin.

L. S. Fichter, & D. J. Poché, 1993. *Ancient Environments and the Interpretation of Geologic History*, 2nd ed. xi + 269 pp. Oxford, New York: Maxwell Macmillan International.

GARNER, A. (1926). Suggested Nomenclature and correlation of the geological formations in Venezuela. In: American Institute Mining and Metallurgy Engineers Transactions; pp 677-684.

GÓMEZ R, ALÍ R. (2012). Integración geológica de la región de Carora-Padre Diego, edo. Lara, con énfasis en la Formación Matatere y sus contactos. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. M. ITURRALDE DE AROZENA & X. PICARD CADILLAT. 1980. Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas. Caracas: Ed. Foninves, 1031 p.

GONZÁLEZ, L. (2018). Petrografía Areniscas LAG [Material de aula]. Sedimentología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GONZÁLEZ, L. (2018). Tema II, Origen de los sedimentos [Material de aula]. Sedimentología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

HASS M. W & HUBMAN, R. G. (1937) Notes on the stratigraphy of the Bolivar Coastal fields Maracaibo basin, Venezuela. Bol.Geol. y Min (Venezuela), 1: (2-4): 113-156.

LAGAZZI, R. (1980). Geología de la parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, Distrito Colón Edo. Zulia. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA (1997) Ministerio de Energía y Minas. Dirección General Sectorial de Servigeomin. Dirección de Geología. Publicación Especial Nº 12. Tomos I-II. Caracas.

LUGO, J. and MANN, P. (1995). Jurassic-Eocene Tectonic Evolution of Maracaibo Basin, Venezuela. In : A. J. Tankard, R.; Suárez, S. and Welsink, H., Petroleum basins of South America : A.A.P.G. Memoir 62; pp 699-725.

LUGO, J. (1991). Tectonics and Stratigraphic History of the Maracaibo Basin. Austin University, Texas. PhD thesis. Inédito; 142 p.

MANN, P., GAHAGAN, L. & GORDON M., (2003) "Tectonic setting of the world's giant oil fields" en M. Halbouty, Editors, ed., Giant oil and gas field of the decade 1990 – 1999. AAPG Memoir 78, pp 15 – 105.

MANN, P., ESCALONA A. Y CASTILLO, M. V. (2006) "Regional Geologic and Tectonic Setting of the Maracaibo Supergiant Basin, Western Venezuela" AAPG Bulletin, V. 90, No. 4 (April 2006), pp. 445–477.

MARTÍNEZ J. & G. VALLETA (2008). Petrografía de las facies gruesas de la Formación Matatere y otras unidades del Centro-Occidente del país. UCV-G, 278 p. Reproducido en *Geos* 40 (UCV, Caracas) 40[2009]: 67 + 289p. en DVD, 2010.

MILIÁN, C. (1998). Procedencia de las rocas clásticas del Paleogeno en los bloques V, IX y VI del lago de Maracaibo y su relación con la tectónica Caribe. Trabajo Especial de Grado. U.C.V., Departamento de Geología. Inédito; 152-156 pp.

MONTOYA V., KAREN J. (2015). Geología de la región Barquisimeto- Nirgua, estado Lara y Yaracuy. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

MORA, J. (1980). Geología del área de Rubio: Zona este estado Táchira. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

NOTESTAIN, F.; HUBMAN, C. and BOWLER, J. (1944). Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. *Geol. Soc. Amer. Bull.* v 55(9); pp 1165-1216.

NUÑEZ. M. (1998) Procedencia de las Rocas Clásticas del Eoceno en la Costa Suroriental del Lago de Maracaibo (Bloques II, III, IV y Ceuta) y su relación con la Tectónica del Caribe. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado, inédito.

PARNAUD, F; GOU, Y.; PASCUAL, J.; CAPELLO, M.; TRUSKOWSKI, I. and PASSALACQUA, H. (1995). Stratigraphic Synthesis of Western Venezuela. In : A. J.

PETTIJOHN, E.; P. POTTER y R. SIEVER (1972). "Sand and Sandstone". Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlín. 618 p. PINTO *et. al.*; (2009) "Geología Sedimentaria de la sucesión Barremiense – Cenomaniense, Grupo Cogollo – Basal La Luna, en la región central de la cuenca de Maracaibo"; Informe interno PDVSA, numero INT – 13031,2009. 172 p. Tankard, R.; Suárez, S. and Welsink, H., Petroleum basins of South America: A.A.P.G. Memoir 62; pp 681-698.

PITELLI, V. (1980). Estudio geológico realizado en el área de Sipayare y El Venado, Distrito Bolívar y Baralt edo. Zulia. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

RENZ O., R. LAKEMAN & E. VAN DER MEULEN. 1955. Submarine sliding in Western Venezuela. *Bull. AAPG* 39(10): 2053-2067.

ROJAS U. MARÍA A. (2002). Evolución diagenética del grupo informal "B-6-X" de la Formación Misoa en el área de Cabimas- Punta Benitez, cuenca de Maracaibo, estado Zulia. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

SÁNCHEZ & CENTENO. (2000). Técnica y aplicaciones del estudio de los sedimentos terrígenos de grano fino: procedencia y tectónica. Publicaciones en línea. Disponible en: <http://geologia.igeolcu.unam.mx/academia/Temas/Procedencia/Procedencia.html>.

(Consulta: 2021, marzo 10).

SANDOVAL M. E. (2000) "Diagénesis de Areniscas". Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela.

SUTTON, F. (1946). Geology of Maracaibo basin, Venezuela. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 30(10); pp 1621-1741.

VALDÉS C. (1980). Geología de superficie, sedimentología, estratigrafía y tectónica de un área entre Carora-Barquisimeto, edo. Lara (Las Peñitas- Pozo Guapo). Universidad Central de Venezuela, Caracas.

VAN ANDEL, T. (1958). Origin and classification of Cretaceous, Paleocene and Eocene sandstones of western Venezuela. In: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 42(4); p. 734-763

VAN VEEN, F. (1972). Ambientes sedimentarios de las formaciones Mirador y Misoa del Eoceno Inferior y Medio en la cuenca del lago de Maracaibo. En: Mem. IV Cong. Geol. Venez. Caracas, Publ. Esp. #5, Tomo II; p. 1074-1104.

YORIS F. G. 1989. Proposición y desarrollo de un método para el análisis modal petrográfico. UCV, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo de Ascenso a profesor asociado. 197 p.

YORIS F. & M. OSTOS. 1997. Geology of Venezuela. En: Well Evaluation Conference WEC 1997 Schlumberger. Houston: Jolley Printing Inc., 377 p.

YOUNG, G. A. (1960). Stratigraphy of the Miocene La Puerta Formation in the Ceuta área, Lake Maracaibo. Asoc. Venez. Geol., Min y Petról., Bol. Inform., 3(11): 304-315.

APÉNDICE A

HERRAMIENTAS DE CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS

A continuación, se presentan cartas visuales, planillas y diagramas de clasificación utilizados en el estudio de las muestras trabajadas:

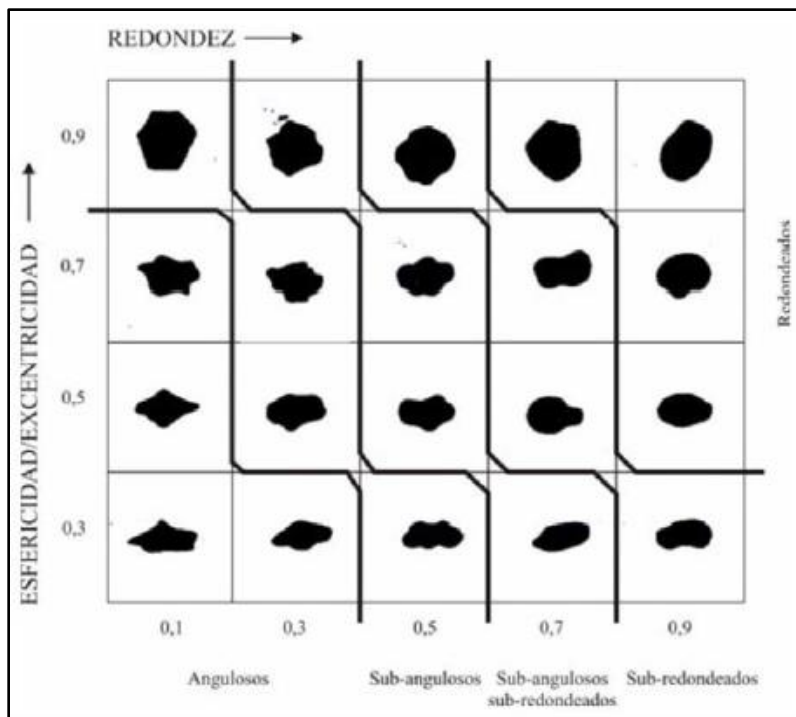


Figura A1. Tabla de esfericidad y redondez de granos. Según KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938).

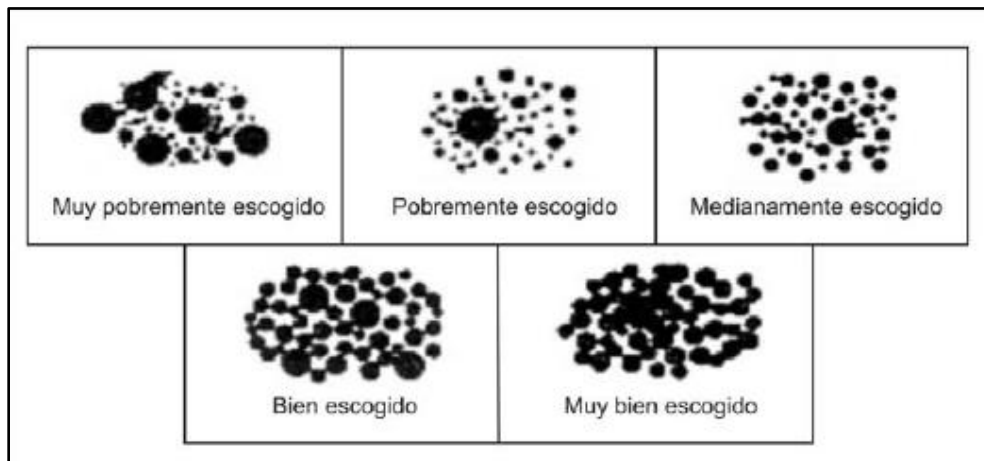


Figura A2. Tabla visual de escogimiento propuesta por FOLK (1962).

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE ARENISCA			EFECTOS DIAGENÉTICOS	
REALIZADA POR: _____		EMPRESA: _____		CEMENTACIÓN
FECHA: / /		#SECCIÓN: _____		
1. Tamaño de grano (mm)	2. Escogimiento	3. Redondez	ALTA <input type="checkbox"/> MEDIA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/>	Tipos de contactos predominantes:
T.mh. _____ T.med. _____ T.máx. _____	MmE _____ BE _____ MeE _____ ME _____ MmE _____	MA _____ A _____ SA _____ SR _____ R _____ MR _____		Deformación de granos dúctiles (FR, micas, etc.) <input type="checkbox"/> Fracturamiento de granos dúctiles <input type="checkbox"/> Trituramiento de granos dúctiles <input type="checkbox"/> Deformación de granos <input type="checkbox"/> Otros: _____
4. Componentes principales (100%)	5. Contactos	6. Porosidad	CEMENTACIÓN Tipos de cementos en predominantes: ¿Cómo se presenta?	
Granos _____ Matriz _____ Cemento _____ Porosidad _____	Grano-Matriz _____ Grano-Cemento _____ Longitudinal _____ Cóncavo-Convexo _____ Surtado _____	<input type="checkbox"/> Interpartícula _____ Intrapartícula _____ Disolución _____ Fractura _____ Mólida _____		Rellenando poros <input type="checkbox"/> Sobrecrecimiento de granos <input type="checkbox"/> Aros/Envoltorios de granos <input type="checkbox"/>
7. Orientación:	Isotrópica <input type="checkbox"/>	Anisotrópica <input type="checkbox"/>	DISOLUCIÓN Granos <input type="checkbox"/> Matriz <input type="checkbox"/> Cemento <input type="checkbox"/>	ALTERACIÓN Feld <input type="checkbox"/> Muscovita <input type="checkbox"/> Biotita <input type="checkbox"/> Frag. Rocas <input type="checkbox"/> Otros: _____
Composición Componentes (%)	GRANOS	FRAGMENTOS DE ROCA		PRESIÓN-SOLUCIÓN Contacto long y conc-conv. <input type="checkbox"/> Contactos suturados <input type="checkbox"/> Estilolitas <input type="checkbox"/> Otros: _____
CUARZO	FELD	FRAGMENTOS DE ROCA	OBSERVACIONES: _____ _____ _____	
Cx mc ígneo plutónico _____ Cx pc ígneo plutónico _____ Cx ígneo volcánico _____ Cx mc metamórfico _____ Cx pc metamórfico _____ Cx hidrotermal _____	Plagioclasa _____ Ortosa _____ Microclino _____	Chert _____ FR metamórfico _____ FR sedimentaria _____ FR volcánica _____		
MATRIZ	CEMENTO	ACCESORIOS	RECÁLCULOS (100%) CUARZO _____ FELD _____ FR ROCAS _____ MATRIZ _____	
Minerales de arcilla _____ Silicatos (cuarzo) _____ Óxidos de hierro _____ Calcinita _____ Material carbonático _____ Otros: _____	Cuarzo (sílice) _____ Minerales de arcilla _____ Óxidos de hierro _____ Calcinita _____ Mineral carbonático _____ Otros: _____	Biotita _____ Muscovita _____ Ciroón _____ Apatito _____ Turmalina _____ Epidoto _____ Otros: _____		
Clasificación (Según PETTUONH, POTTER AND SIEVER, 1972):	_____	_____	_____	

Figura A3. Planilla petrográfica de referencia utilizada.

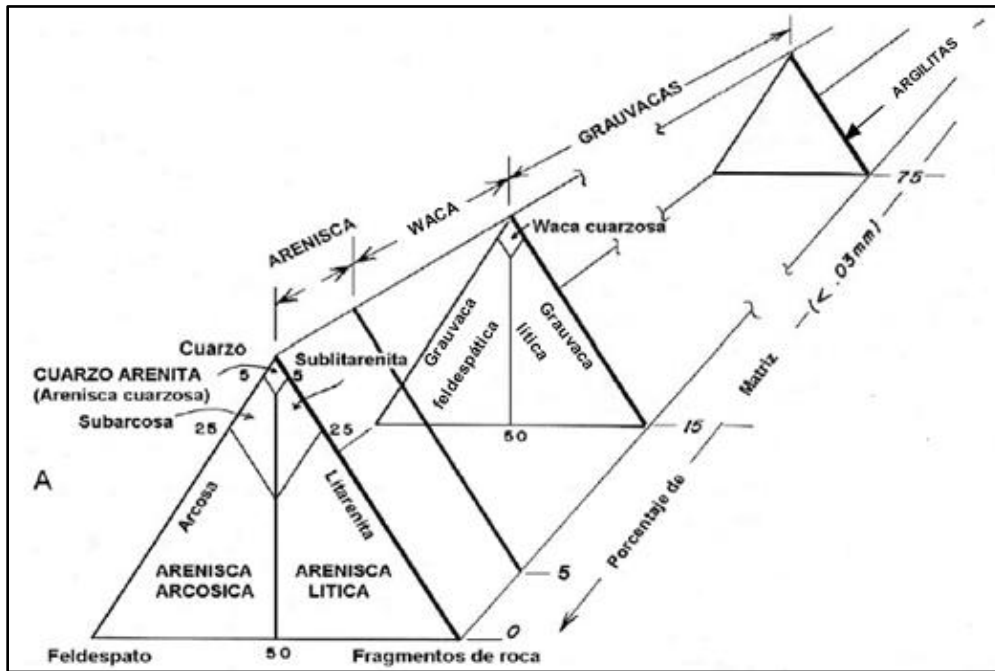


Figura A4. Diagrama de clasificación de areniscas (tomado y modificado de Baamonde 2007). Cuarzo = Q, feldespato = F, fragmentos de roca = FR.

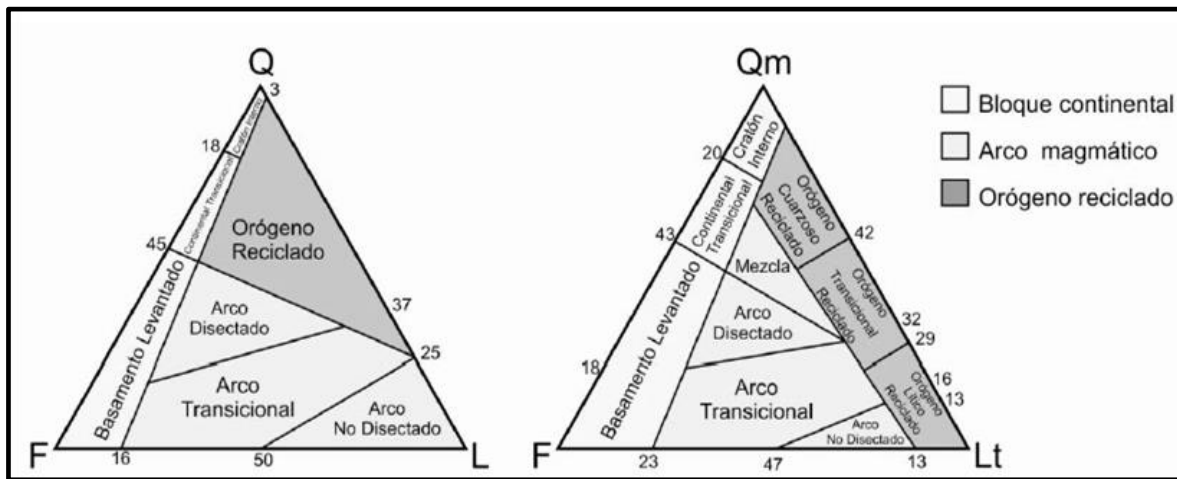


Figura A5. Diagrama de procedencia de areniscas. Tomado y modificado de DICKINSON & SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983)

APÉNDICE B

ATLAS PETROGRÁFICO DE LAS ARENISCAS DEL Terciario Inferior (Formaciones Trujillo, Mirador, Misoa, Paují, Matatere, Grupo Orocué)

SINTESIS DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Reconocimiento de muestras Grupo Orocué

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación								
	Comp. Siliciásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Saturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos																		
																Cuarzo (%)			Feld (%)			Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)									
																mc. Plut.	pc. Plut. volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros	
Z-Mch-Tk-025	56	5	31	8	X	X	X	X	X				X	X	21			10	2	3	4	1	9	3	1	2		1					tz	Arenisca lítica

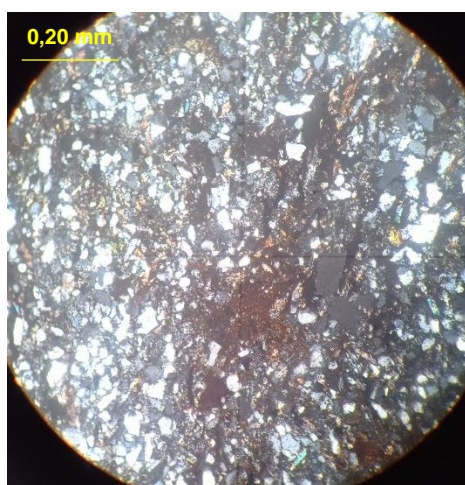


Figura B1. Muestra Z-Mch-025

Descripción: arenisca de grano fino, compactación baja, moderado escogimiento y gran porcentaje de granos angulosos. Tiende a reflejar un aspecto flotante a causa del cemento de óxido de hierro y minerales de arcilla. Se muestra disolución de matriz principalmente y posiblemente en algunas

zonas con cemento. Los contactos del tipo cóncavo-convexo son menores al 4%. Obj. 10x.

Muestra: Z-Mch-025

Nícoles: Cruzados

Objetivo: 10x

Unidad: Grupo Orocué

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad		COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación					
	Comp. Siliclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Saturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos													
																Cuarzo (%)			Feld (%)			Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)				
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino		Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica	Glauconita
	Z-Mch-Tk-023	60	4	32	3	X	X	X	X	X				X			20	2	17	2	6	7	5					0,6	0,4

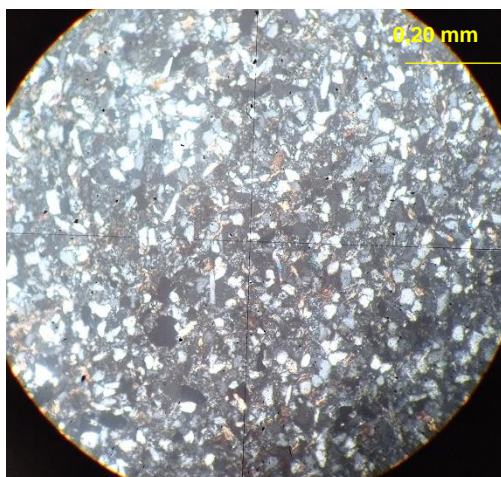


Figura B2. Foto general de Z-Mch-Tk-023

Descripción: grano fino, presenta abundante cemento de minerales de arcilla, óxido y se evidencia sobrecrecimiento de sílice. La compactación es media y la porosidad apreciable es por disolución.

Muestra: Z-Mch-Tk-023. Sublitarénita

Nícoles: Cruzados

Objetivo: 10x.

Unidad: Grupo Orocué

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)											Clasificación									
	Comp. Siliclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve. Sutorado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Móldica	Componentes Siliciclásticos																			
														Cuarzo (%)			Feld (%)			Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)										
														mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica		Sediment.	Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros	
	Z-Mch-Tk-032	71	3	16	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	21			21	3	5	8	1	8		1	0,5	0,5		1	0,8			tz

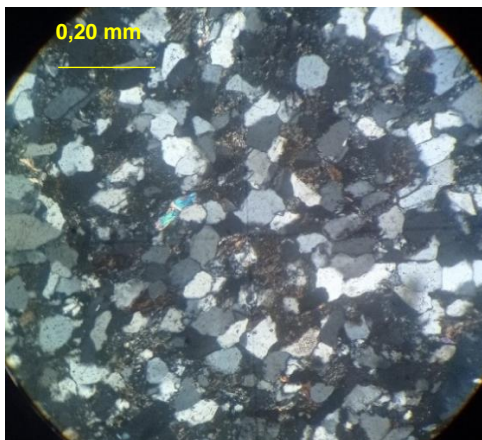


Figura B3. muestra de Z-Mch-Tk-032.

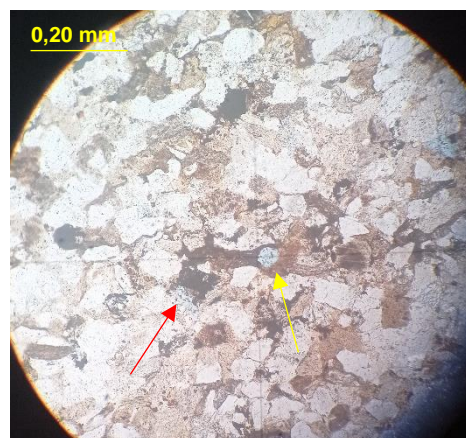


Figura B4. muestra Z- Mch- 032.

Muestra: Z-Mch-Tk-032. Subarcosa

Nícoles: Cruzados fig. B3, paralelos figura B4.

Objetivo: 10x.

Unidad: Grupo Orocué

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.

Descripción: escogimiento de moderado a bueno, los granos son principalmente subredondeados y en menor porcentaje angulosos. Los contactos entre granos son variados, grano-cemento, grano-grano, que van de longitudinales a suturados (siendo este último el más frecuente). Nótese porosidad móldica (flecha amarilla) y porosidad por disolución (flecha roja).

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)														Clasificación						
	Comp. Siliciolásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciolásticos																	
																Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)								
																mc. Plut.	pc. Plut. volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica		Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros
Z-Mch-Tk-022A	73	5	22	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25			16	1		8	2	12	2	3	3		1			tz	tz	Arenisca lítica

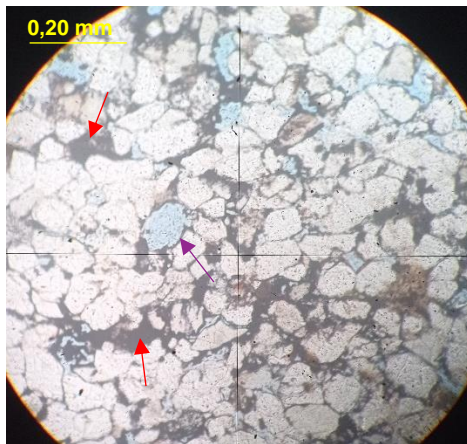


Figura B5. Foto de Z-Mch-022 A. Obj. 10x

Descripción: muestra con granos redondeados a subredondeados, la porosidad más común es la móldica y varios de los espacios poroso se visualizan interconectados entre sí. El cemento predominante es de óxido de hierro (posible goethita, indicado con flecha roja), bordeando granos y rellenando poros; seguido de cemento de minerales de arcilla tipo illita cloritizándose y cemento sintaxial de sílice fácil de reconocer. Porosidad del tipo móldica se señala con flecha morada

Muestra: Z-Mch-Tk-022 A. Arenisca lítica

Nícoles: Cruzados fig. B6, paralelos figura B5.

Objetivo: 10x.

Unidad: Grupo Orocué

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.

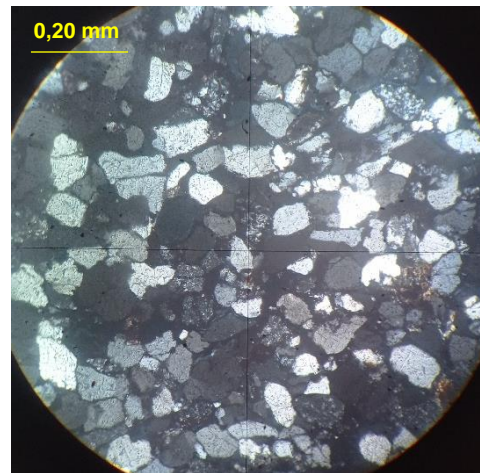


Figura B6. Muestra Z-Mch-022 A.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación						
	Comp. Siliciolásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciolásticos																
																Cuarzo (%)				Feld (%)			Frag. de Rocas (%)				Accesorios (%)					
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc. metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica		Sediment.	Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos
	Cat-062	55	5	25	15	X		X	X	X					X	24	1	6	4	5	5	7						1	2		tz	tz

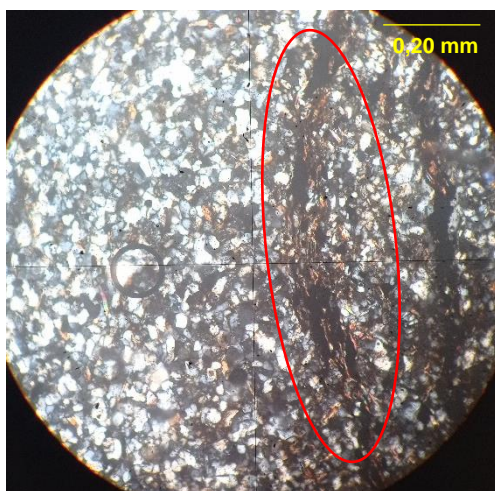


Figura B9. Muestra Cat-062, obj.10x

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

Descripción: buen escogimiento, los contactos longitudinales son los que se presentan en menor proporción. Matriz se dispone a manera de largas franjas, como se encierra en la fig. B9 varias de estas zonas se encuentran siendo remplazadas por cemento de minerales de arcilla. Muchos de los feldespatos se encuentran alterados a sericita y caolinita.

Muestra: Cat-062. Sublitarenita

Nícoles: Cruzados.

Unidad: Grupo Orocué, Fm Los Cuervos.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación					
	Comp. Siliciásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos																
															Cuarzo (%)				Feld (%)			Frag. de Rocas (%)		Accesorios (%)							
															mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos
Cat-066	60	4	18	18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22			12	1	1	7	2	2	5	5			1.8	tz	tz	tz	Sublitarénita

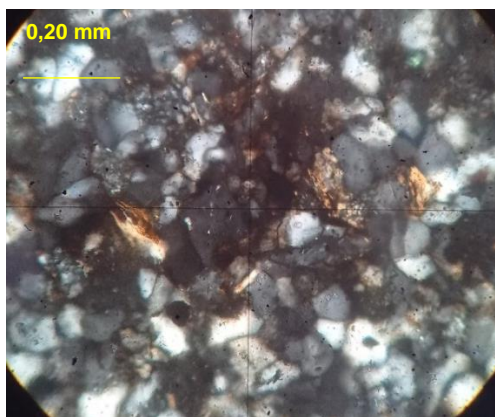


Figura B10. Vista general de Cat-066, obj. 10x, nicoles cruzados.

Descripción: arenisca de grano medio, la mayor parte de la porosidad se muestra como primaria y posible disolución. Entre los minerales accesorios se encuentra turmalina (como se aprecia en la figura B11), muscovita, biotita alterada a clorita, zircón y óxidos.

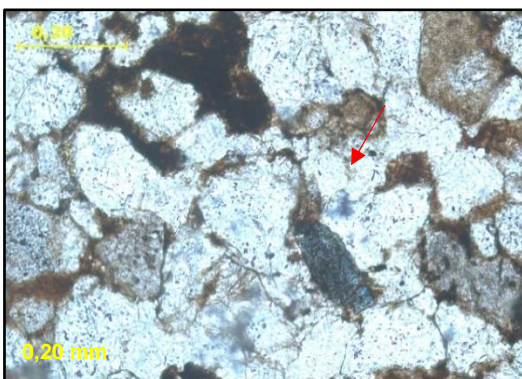


Figura B11. Muestra anterior Cat- 066 con nicoles paralelos.

Muestra: Cat-066. Sublitarénita

Nicoles: Cruzados Fig. B10, paralelos Fig. B11.

Unidad: Grupo Orocué, Fm Los Cuervos.

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)											Clasificación										
	Comp. Siliciolásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciolásticos																		
																Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)									
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino		Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros
	Cat-076	57	18	10	15	X	X	X	X				X	X			24	tz		14			7			7	2	1	tz		2		tz	tz



Figura B12. Vista de grano de zircón en nícoles paralelos, obj. 40x. Muestra Cat-076.

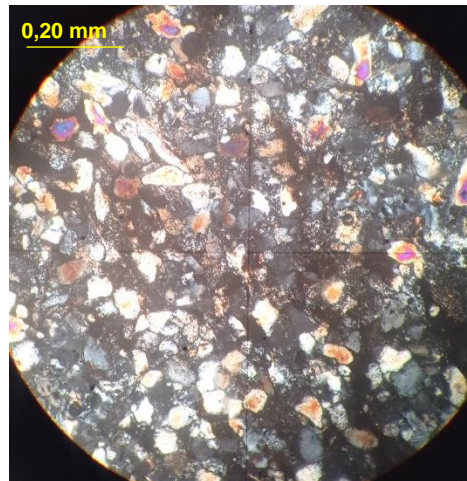


Figura B13. Vista general de la muestra Cat-076.

Muestra: Cat-076. Grauvaca lítica

Nícoles: Paralelos Fig. B12, cruzados Fig. B13.

Unidad: Grupo Orocué, Fm Barco.

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

Descripción: los altos colores de interferencia que se aprecian son debidos a que la sección está mal rebajada. El fragmento de roca predominante es el chert, mientras que la sumatoria entre fragmentos volcánicos, sedimentario y metamórfico apenas llega al 3%. Grano de zircón redondeado se señala en la fig. B12.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación									
	Comp. Siliciclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos																					
														Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)		Accesorios (%)													
														mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica		Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros			
	R-270	53	0	32	14	X	X	X	X	X		X	X	17			20		12	3					1		0.5	0.5							
R-308	50	2	20	28	X		X	X		X	X	X	33		4	1	6	3	0,5	0,5						1	1		tz	tz				Subarcosa	



Figura B14. Vista general de la muestra R-270, obj. 10x.

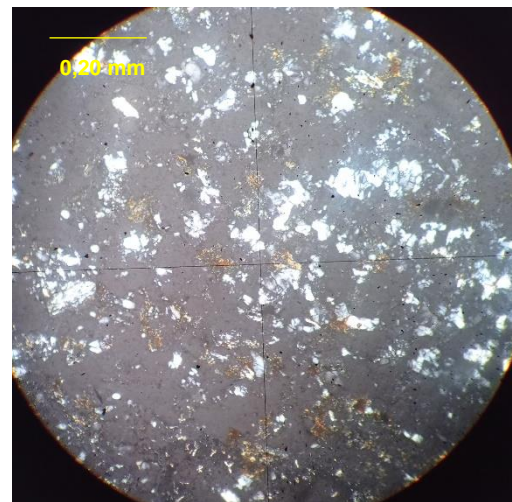


Figura B15. Vista general de la muestra R-308, obj. 10x.

Muestra: R-270. Subarcosa

Nícoles: Cruzados.

Unidad: Grupo Orocué, Fm Barco.

Ubicación: Zona 1. En el suroeste del estado Táchira, en el municipio Rubio, distrito Juanín

Descripción: presenta un escogimiento de moderado a malo, granos de subredondeados a subangulosos. La mayor parte del contacto es del tipo grano-cemento, el cual resalta en la fig. B14; pero en donde se localizan los contactos grano-grano, estos son del tipo cóncavo-convexo y suturado.

Muestra: R-270. Subarcosa

Nícoles: Cruzados.

Unidad: Grupo Orocué, Fm Barco.

Ubicación: Zona 1. En el suroeste del estado Táchira, en el municipio Rubio, distrito Juanín

Descripción: granos principalmente angulosos a subangulosos. Los contactos entre granos son longitudinales y cóncavo-convexos. Matriz en ciertas zonas se encuentra siendo reemplazada por cemento.

Reconocimiento de la Formación Mirador

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación						
	Comp. Siliciolásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Saturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Móldica	Componentes Siliciolásticos																
																Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)							
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica		Sediment.	Volcánica	Glaucanita	Moscovita	Biotita	Opacos
10127'00"	79	0	8	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	34	24	1	2	14	tz	3					1	tz		tz			Subarcosa
10853'9"	70	2	18	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	38	16	tz	2	2	6	1	2	1.0	tz	tz	1	0.5	0.5		tz	Subarcosa	
10064'11"	53	0	15	32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	20		10	3	16		1	0,5	0,5		1		1				Arenisca feldespática	

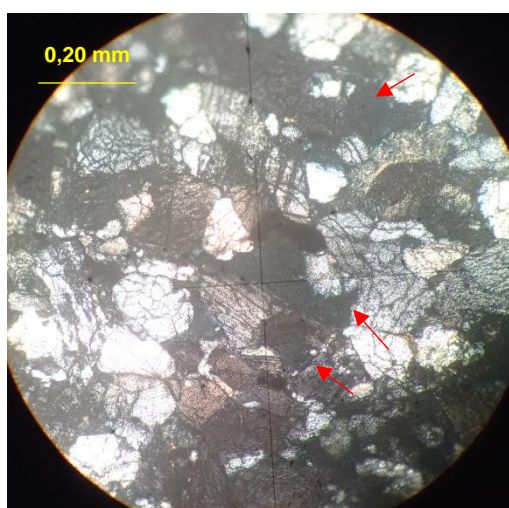


Figura B16. Muestra 10127'00", obj. 10x en nicoles cruzados.

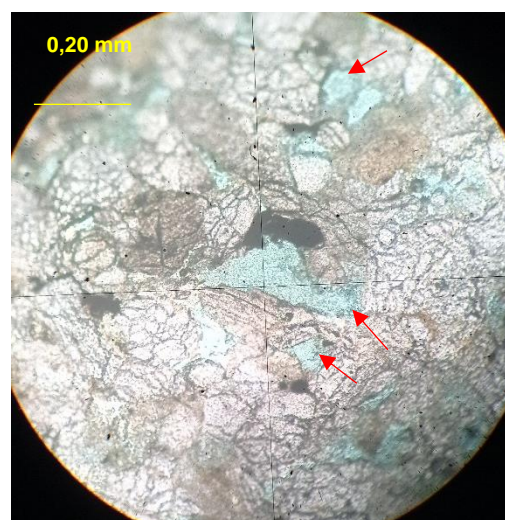


Figura B17. Muestra anterior con nicoles paralelos.

Muestra: 10127'00", Subarcosa

Nicoles: Cruzados. Fig B16, paralelos Fig. B17

Unidad: Fm. Mirador.

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.

Descripción: Muestra de pozo. Su porosidad es esencialmente secundaria; móldica y por disolución de granos y cemento que se identifica por su teñido característico en color azul en nicoles paralelos como se indica en la imagen B17.

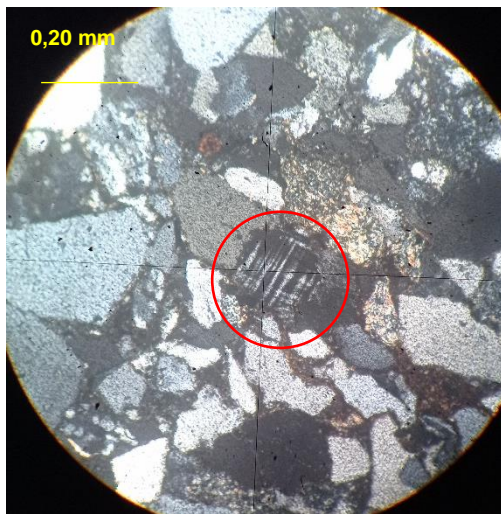


Figura B18. Vista de la muestra 10852'9''. Obj. 10x y nícoles cruzados.

Descripción: Muestra de pozo de grano medio. La compactación es media, los contactos cóncavo-convexos que se distinguen son muy escasos. Buen contenido de feldspatos; plagioclasas y microclino notorio, como se muestra en la figura B18.

Muestra: 10852'9'', Subarcosa

Nícoles: Cruzados.

Unidad: Fm. Mirador.

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.



Figura B19. Vista general de la muestra 1004'11'', obj. 10x.

Muestra: 1004'11'', Arenisca Feldespática

Nícoles: Paralelos

Unidad: Fm. Mirador.

Ubicación: Zona 3. Parte occidental de la cuenca de Maracaibo y en las últimas estribaciones al norte de la cordillera de Perijá, en los límites con la República de Colombia, estado Zulia.

Descripción: muestra de pozo, nótese la textura que presentan estas muestras, su moderada compactación y el cemento de óxido de hierro.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación									
	Comp. Siliciclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos																			
																Cuarzo (%)				Feld (%)			Frag. de Rocas (%)				Accesorios (%)								
																mc. Plut.	pc. Plut.	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros		
	Cat-112	70	1	9	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	44			5	1	10	5	0,8	1,2	tz					1,5	1,5	tz			
Cat-018	63	5	4	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30	1		8	3	12	6	3	tz				1						tz	Subarcosa	
Cat-022	75	0	5	20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	34			15	4	15	5	tz						2					tz	Subarcosa	

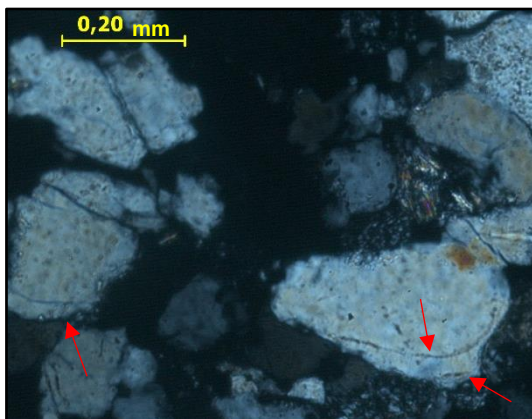


Figura B20. Vista de la muestra Cat-112.

Descripción: foto con objetivo 10 x y nícoles cruzados, donde se aprecia el cemento de sílice como sobrecrecimiento de los granos de cuarzo.

Muestra: Cat-112. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Mirador

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

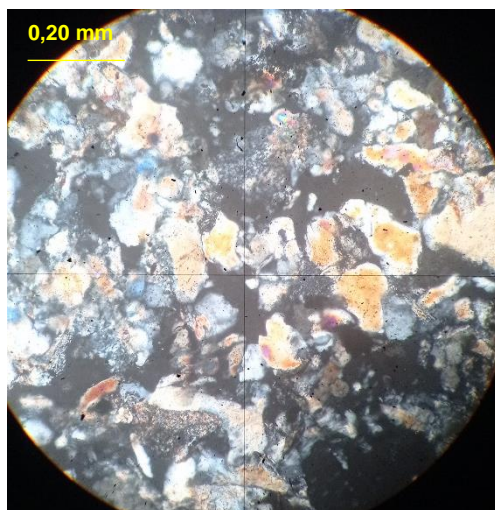


Figura B21. Vista general muestra Cat-018.

Muestra: Cat-018. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Mirador

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

Descripción: imagen con obj. 10x y nícoles cruzados. Arenisca mal escogida, granos principalmente subangulosos. Predominan los contactos longitudinales y cóncavo-convexo.

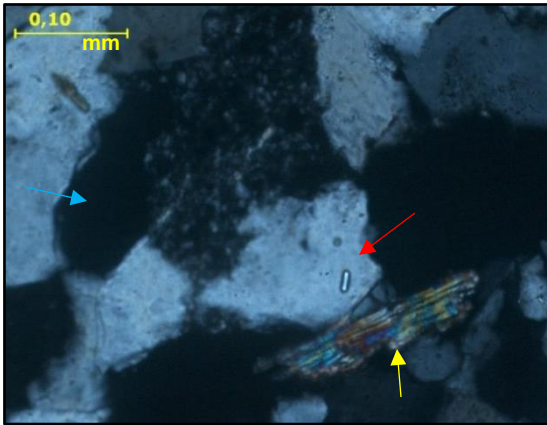


Figura B22. Vista de la muestra Cat-022. Obj. 20x.

Muestra: Cat-022. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Mirador

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

Descripción: arenisca limpia, con cemento de minerales de arcilla, siliceo y caolinita. Se señala cuarzo con inclusión de zircón (en rojo), muscovita (en amarillo), porosidad móldica (azul). Foto con nícoles cruzado

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)														Clasificación					
	Comp. Siliciolásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Móldica	Componentes Siliciolásticos																	
															Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)		Accesorios (%)									
															mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam. pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica	Glauconita		Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros
Cat-035	72	0	16	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35	1	tz	12	2	1	14	6	tz	1			1	1	0,5	tz	tz	Subarcosa
R-230	63	1	7	29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	40			15	2		3	2					1			tz	Cuarzoarenita	

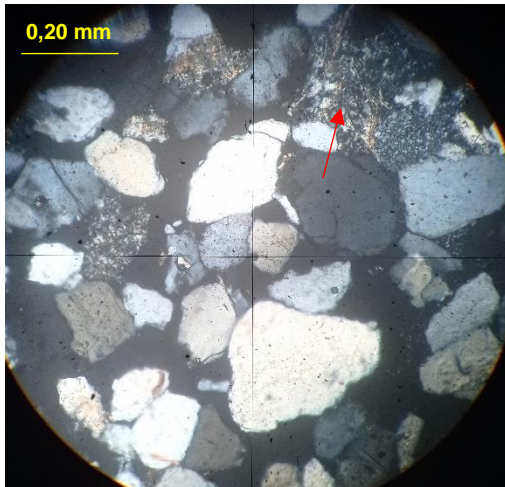


Figura B23. Vista de la muestra Cat-035. Obj. 10x.

Descripción: muestra de grano medio a grueso, con porosidad principal interpartícula y posiblemente por disolución. Baja compactación y cementos notorios de minerales de arcilla (indicado con flecha) y siliceo.

Muestra: Cat-035. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Mirador

Ubicación: Zona 2. Parte sur del anticlinal de Tarra- Los Manueles, distrito Colón, suroeste del estado Zulia.

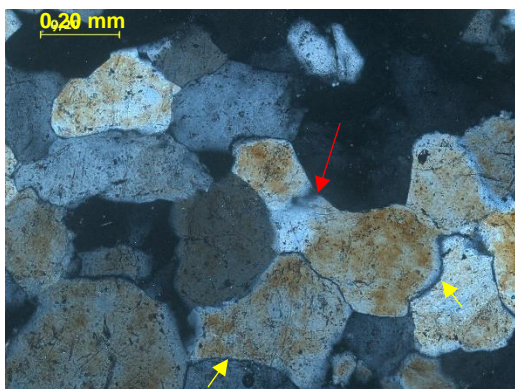


Figura B24. Muestra R-230

Muestra: Cat-230. Cuarzoarenita

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Mirador

Descripción: Arenisca con abundante sobrecrecimiento sintaxial de cuarzo y compactación media; nótese en la imagen los contactos cóncavo-convexos (en amarillo) y los efectos de presión solución donde no se distingue el límite del grano

Objetivo: 10x

Ubicación: Zona 1.

En el suroeste del estado Táchira, en el municipio Rubio, distrito Juanín.

Reconocimiento de la Formación Trujillo

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos								Porosidad		COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)														Clasificación			
	Comp. Siliciásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Modifica	Componentes Siliciásticos																
																Cuarzo (%)				Feld (%)			Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)						
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.	Volcánica	Glauconita		Moscovita	Biotita	Opacos
Ve-264-79	64	3	20	13		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	39	tz	10	1	tz	3	9	1	tz	tz		0,5		0,5		tz	Sublitarenita
Ve-258-79	67	2	13	18		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25		12	1		11	11	3	1			1,5	1			0,5	Sublitarenita



Figura B25. Vista general de Ve-258-79. Obj. 10x

Muestra: Ve-258-79. Sublitarenita

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Trujillo

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia

Descripción: muestra que presenta de bueno a moderado escogimiento, predominan los granos de tamaño medio, alrededor de un 7% se encuentran bien redondeados. Se señalan micas en la fig. B25.



Figura B26. Vista general de Ve-264-79. Obj 10x

Muestra: Ve-264-79. Sublitarenita

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Trujillo

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia

Descripción: muestra con buen escogimiento, limpia. La porosidad presente es del tipo primaria interpartícula y secundaria tipo móldica. El Chert es el principal fragmento de roca.

Reconocimiento de la Formación Misoa

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)												Clasificación							
	Comp. Siliclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Saturado	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Móldica	Componentes Siliciclásticos																		
														Cuarzo (%)			Feld (%)			Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)									
														mc. Plut.	pc. Plut. volcánico	mc. Metam. pc metam.	Plegociasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment. Volcánica	Glauconita	Moscovita		Biotita	Opacos	Zircón	Otros			
Zi-111-79	54	3	30	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	20			12	1	8	6	5					1	1					Subarcosa
Zi-152-79	66	1	11	22	X		X	X	X	X			X	51	3					6	4	0,5	0,5			1						Subarcosa

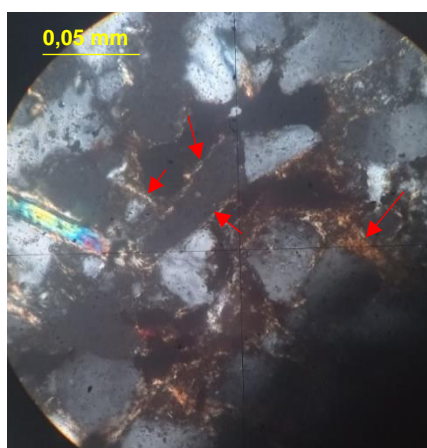


Figura B27. Muestra Zi-111-79. Obj. 40x.

Muestra: Zi-111-79. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Misoa

Ubicación: Zona 4.1. Al noreste del estado Zulia; Sipayare.

Descripción: arenisca bien escogida donde predominan los granos subangulosos. El cemento de minerales de arcilla se encuentra bordeando granos y relleno de poros como se indica en la fig. B27.

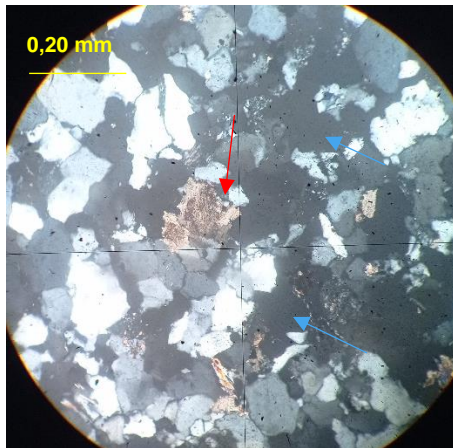


Figura B28. Muestra Zi-152-79. Con nícoles cruzados y obj. 10x.

Descripción: compactación que presenta es moderada. Su porosidad es principalmente interpartícula (indicada en azul) y los espacios porosos se encuentran bien interconectados entre

sí. Se indica en la fig. B28 el cemento carbonático en rojo

Muestra: Zi-152-79. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Objetivo: 10x

Unidad: Fm. Misoa

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; Sipayare.

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación							
	Comp. Siliciásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Moldica	Componentes Siliciclásticos																		
															Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)									
															mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos	Zircón	Otros
Zi-118-79	61	4	15	20	X	X	X	X		X			X		28	1		10	2	3	8		7					1		0,5		0,5	Subarcosa
Zi-155-79	56	4	22	18	X	X	X	X		X	X		X		26			10		tz	8		5	2	3			1		1			Sublitarenita

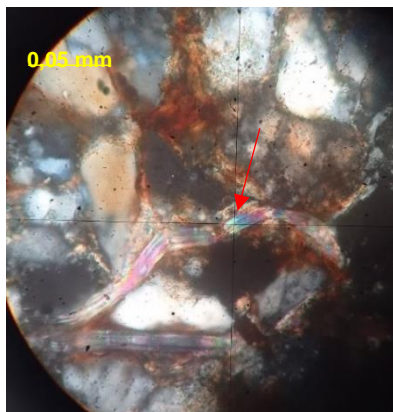


Figura B29. Vista de la muestra Zi-118-79.

Muestra: Zi-118-79. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Objetivo: 40x

Unidad: Fm. Misoa

Ubicación: Zona 4.1. Al noreste del estado Zulia; Sipayare

Descripción: foto en nícoles cruzados y objetivo de 40x. Nótese los granos de moscovita deformada.

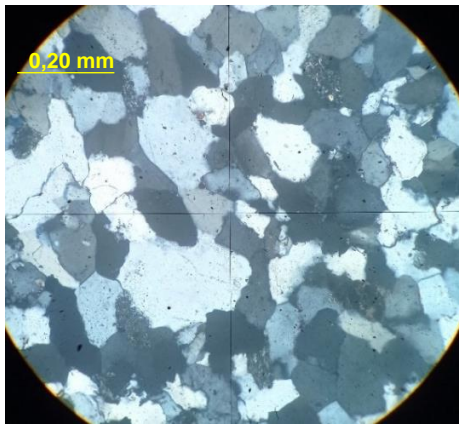


Figura B32. Muestra Ve-276-79. Obj. 10x.

Muestra: Ve-276-79. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Misoa

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia

Descripción: arenisca de grano medio muy compacta, donde predominan los contactos suturados. La porosidad primaria interpartícula predomina seguida de la secundaria estilo móldica.; dichos espacios porosos se encuentran interconectados, ocasionando una leve separación entre granos, en su mayoría difícil de observar. Foto en nícoles cruzados

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)													Clasificación					
	Comp. Siliclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement. Tangencial	Longitudinal	Conca.-Conve.	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Móldica	Componentes Siliciclásticos																
															Cuarzo (%)			Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)								
															mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita	Biotita	Opacos
Ve-211-79	51	30	4	15	X	X	X		X				X	15	1		10	4		13	5	0,7	0,3			1		1	tz	tz	Grauvaca feldespática

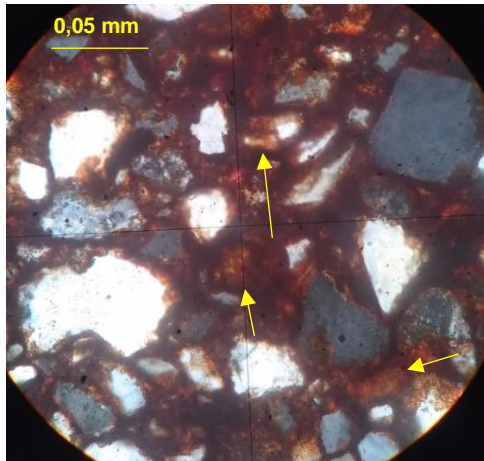


Figura B33. Muestra Ve-211-79. Obj. 40x.

Descripción: muestra con mal escogimiento, grano fino y subangulosos principalmente. El cuarzo monocristalino ígneo es el más abundante los feldespatos en su mayoría se encuentran alterados. Imagen en nícoles cruzados. Nótese como la matriz tiende a enmascarar los granos (flechas amarillas).

Muestra: Ve-211-79. Grauvaca feldespática

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Misoa

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia

Reconocimiento de la Formación Paují

MUESTRAS	Comp. Principales (%)				Contactos				Porosidad				COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA (%)														Clasificación			
	Comp. Siliciclásticos	Matriz	Cemento	Porosidad	Gran.-Matriz	Gran.-Cement.	Tangencial	Longitudinal	Cóncavo-Convexo	Suturado	Interpartícula	Intrapartícula	Disolución	Fractura	Modifica	Componentes Siliciclásticos														
																Cuarzo (%)				Feld (%)		Frag. de Rocas (%)			Accesorios (%)					
																mc. Plut.	pc. Plut.	volcánico	mc. Metam.	pc metam.	Plagioclasa	Ortosa	Microclino	Chert	Metamórfica	Sediment.		Volcánica	Glauconita	Moscovita
Zi-132-79	49	8	13	30	X	X		X	X	X	X			X	26	tz	10	4	3	5		1			0.3	0.5	0.2	Grauvaca feldespática		
Zi-138b-79	73	0	15	12		X		X	X	X		X		X	32	1	tz	12	8	6	1	7	2	1		1,2	0,2	1,6	Subarcosa	
Zi-141-79	39	15	35	11	X	X	X			X		X		X	17	1	13	2	3	1					0,5	1	0,5	Grauvaca feldespática		
Ve-366-79	40	18	32	10			X	X		X				X	13			5	3	7	1	6	tz	2	tz	1	1	1	Grauvaca feldespática	

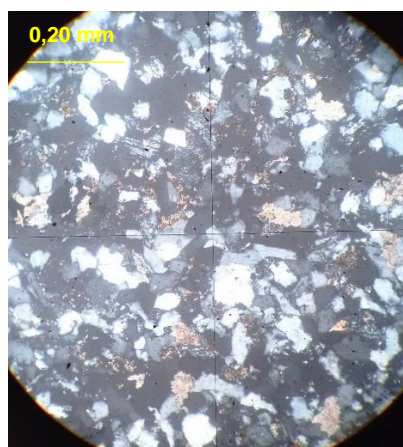


Figura B36. Muestra Zi-132-79. Obj. 10x

Muestra: Zi-132-79. Grauvaca feldespática

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Paují

Ubicación: Zona 4.1. Al noreste del estado Zulia; Sipayare

Descripción: arenisca de grano fino. Los contactos son principalmente longitudinales, varios flotantes, hay varios cóncavos y suturados, pero en menor proporción. Los granos son angulosos y subangulosos; en porcentaje más escasos se encuentran los subredondeados.



Figura B37. Muestra Zi-138b-79, obj. 10x.

Muestra: Zi-138b-79. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Paují

Ubicación: Zona 4.1. Al noreste del estado Zulia; Sipayare

Descripción: arenisca moderadamente escogida, contactos en mayor proporción los suturados y cóncavo-convexo. Cemento de minerales de arcilla y silicio predominan en toda la muestra. Grano de biotita se señala en la imagen con comportamiento dúctil.

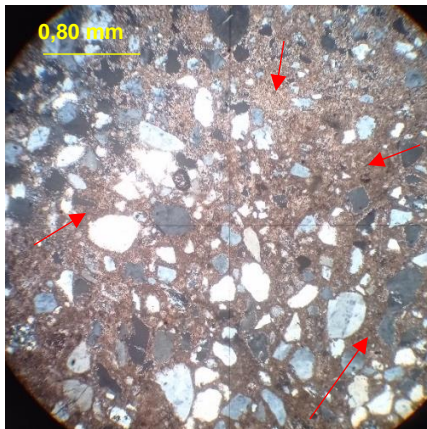


Figura B38. Muestra Zi-141-79. Obj. 4x.

Muestra: Zi-118-79. Grauvaca feldespática

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Paují

Ubicación: Zona 4.1. Al noreste del estado Zulia; Sipayare

Descripción: arenisca moderadamente escogida, granos entre redondeados y angulosos. Los contactos abundantes son entre grano-cemento y grano matriz, de resto muestra aspecto flotante por el lodo carbonático (indicado en la fig. B38) que comienza a ser reemplazado por cemento o contactos entre granos longitudinales.

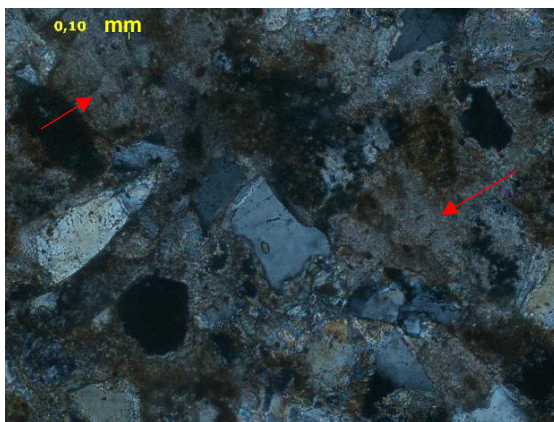


Figura B39. Muestra Ve-366-79. Obj. 20x con nícoles cruzados.

Unidad: Fm. Paují

Ubicación: Zona 4. Al noreste del estado Zulia; distribuyéndose en el área del Venado entre la carretera Lara- Zulia

Descripción: arenisca moderadamente escogida; los granos son de subangulosos a angulosos y alrededor de un 7% se presenta redondeados a subredondeados. El contacto entre los granos es prácticamente nulo debido a la precipitación de cemento carbonático (señalado con flecha). Nótese en la imagen grano de cuarzo con inclusión de posible zircón.

Muestra: Ve-366-79. Grauvaca feldespática

Nícoles: cruzados a la derecha.

Objetivo: 20x

Descripción: arenisca de grano grueso, porosidad primaria interpartícula, intrapartícula. y por fractura (esta indicada en flecha roja). Bordes de algunos granos oxidados y evidencia de presión-solución.



Figura B42. Muestra L79-632 A. Obj. 4x.

Muestra: L79-632 A. Cuarzoarenita

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Matatere

Ubicación: Zona 5. Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda.

Descripción: arenisca de grano grueso subredondeados donde predomina el cemento de óxido de hierro, seguido del cemento carbonático y siliceo. Se aprecian fragmentos fósiles en la muestra.

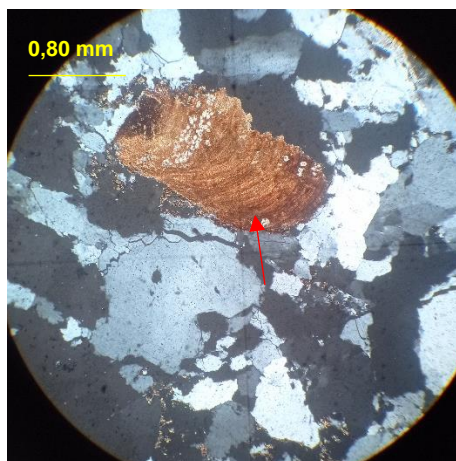


Figura B43. Muestra L79-634G con obj. 4x.

Muestra: L79-634G. Cuarzoarenita

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Matatere

Ubicación: Zona 5. Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda

Descripción: Arenisca con granos de subangulosos a subredondeados; mal escogida. Varios de los granos se ven golpeados y fracturados, hay mayor contacto longitudinal y cóncavo-convexo; los suturados son menos numerosos y se aprecian en los granos de menor tamaño. Evidencia de algas rojas en la muestra.

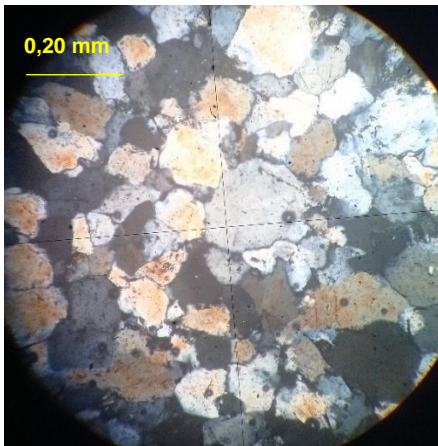


Figura B44. Muestra L79-666C. Obj. 10x

Muestra: L79-632 A. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Matatere

Ubicación: Zona 5. Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda

Descripción: Arenisca limpia, moderadamente bien escogida de grano medio. El espacio entre granos es muy poco debido a la alta compactación. Porosidad secundaria tipo móldica y por disolución es lo que se aprecia.



Figura B45. Muestra L79-660 A. con obj. 10x

Muestra: L79-632 A. Grauvaca feldespática

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Matatere

Ubicación: Zona 5. Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda

Descripción: Arenisca por lo general bien escogida. Los contactos son diversos; grano-matriz, grano- cemento y grano- grano (muchos longitudinales, cóncavos y suturados que son los menos abundantes). En varios espacios, la matriz carbonática comienza a ser reemplazada por cemento.

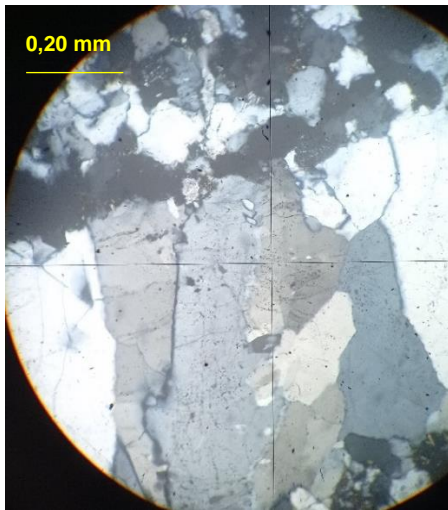


Figura B46. Muestra L79-693 A. obj. 10x.

Muestra: L79-693 A. Subarcosa

Nícoles: cruzados

Unidad: Fm. Matatere

Ubicación: Zona 5. Oeste del estado Lara; en parte del distrito Torres entre los municipios Espinosa de los Monteros y Castañeda

Observaciones: muestra mal escogida, presenta dos hileras de cuarzos alineados en una dirección preferencial (estos granos son los de mayor tamaño en la muestra). Cemento de illita se ve a menudo delineando granos. Porosidad por fractura y móldica presente.