

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**EVOLUCIÓN TECTONO-ESTRATIGRÁFICA Y PROCEDENCIA DE LOS
SEDIMENTOS CLÁSTICOS DEL SURCO DE GUÁRICO, EN LAS
SECCIONES EL PAO-VALLE MORÍN, ESTADOS COJEDES Y ARAGUA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Benedetti M. Milton A.,
Hernández A. Carlos E.
Para optar al Título de
Ingeniero Geólogo

Caracas, Marzo de 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVOLUCIÓN TECTONO-ESTRATIGRÁFICA Y PROCEDENCIA DE LOS
SEDIMENTOS CLÁSTICOS DEL SURCO DE GUÁRICO, EN LAS
SECCIONES EL PAO-VALLE MORÍN, ESTADOS COJEDES Y ARAGUA

TUTOR ACADÉMICO: PROF. RICARDO ALEZONES

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Benedetti M. Milton A.,
Hernández A. Carlos E.
Para optar al Título de
Ingeniero Geólogo

Caracas, Marzo de 2007

AGRADECIMIENTOS

Milton A. Benedetti M.

A la máxima casa de estudios de este país, la ilustre Universidad Central de Venezuela, por un día abrirme sus puertas y enseñarme a ser gente, eres y serás por siempre “*La Casa que Vence las Sombras*”...mi casa.

A mi tutor académico Prof. Ricardo Alezones por darme la mano incondicionalmente cuando la necesité, creer en mí y ser mi amigo.

A los profesores, Paúl Romero, Lenín Gonzalez, Alfredo Mederos y Rafael Falcón, por brindarme sus conocimientos, su apoyo, su experiencia y su amistad.

Papá, Mamá... gracias por estar siempre a mi lado, apoyarme incondicionalmente, ser mi ejemplo de vida y familia y presionarme a ser siempre mejor, nunca lo hubiese logrado sin ustedes...los quiero mucho. A mis hermanos Ricardo y Natalia, por brindarme la dicha de acompañarlos, respetarlos y compartir nuestros éxitos y alegrías. A mi Nonno Lino y mi Nonna Carla, por su apoyo y cariño desinteresado...esto también es para ustedes. A mi Nonno Mario y mi Nonna Adriana, sé que desde allá arriba siguen mis pasos y allanan el camino que debo recorrer...siempre los tengo presentes.

A mis tíos, Fosco, Chicha, Dani, Juan y Rossana por brindarme su apoyo, interés, consejo y cariño. A mis primos, Mauricio, Verónica, Juan Daniel, Adriana, Ely y Alberto por compartir conmigo tantos momentos bonitos y representar para mí el verdadero significado de la palabra “*Familia*”.

A mi gorda bella Carolina, por acompañarme siempre desde el principio, quererme, respetarme, apoyarme y ser mi punto de apoyo e inspiración en los momentos difíciles...TA.

A Carlos Hernández, por ser mi pana, mi compañero de tesis y permitirme compartir con él todos estos años de trabajo, alegrías y decepciones. Te lo dije bicho...

A Piolo, Orángel, Igor, José Leonardo, Nelsito, Andrés, Edgar, Alexis, el brujo, Rodrigo y Marcos, por todos estos años inolvidables y otorgarme el privilegio de tenerlos como amigos.

A Karen, por ser tan especial conmigo, darme todo ese cariño, confianza y amistad...gracias mi niña.

A mis angelitos de la guarda, Johana, Graziana, Mafe y Lourdes, gracias por entregarme su confianza, apoyo y cariño...las quiero mucho.

A todos los muchachos del laboratorio, Enzo, Iliana, Woodware, Javier, Adriana, Ricardo y Hector, por hacer que esos días de trabajo fuesen más llevaderos.

A todos los panas de la cancha, Fernando, Jita, Tracy, Rafucho, El Chino, Hernán, El Enano, Cleiber, Fermín, Nicolás, Tomás, Cachaco y Riegel, por su amistad, enseñarme a jugar truco y por enseñarme que la universidad no solo son las clases y las obligaciones.

A todos los que de una u otra forma colaboraron desinteresadamente con que este trabajo culminara exitosamente y apostaron por mí.....GRACIAS!!!

Agradecimientos Carlos E. Hernández A.

Gracias...

A Dios luz y guía de nuestras vidas.

A la máxima casa de estudios de Venezuela U.C.V.

A mi abuela, por tener siempre confianza en mí, por brindarme su consejo oportuno, el apoyo incondicional, por ser mi segunda madre y estar en todas las etapas de mi vida... La amo y la amare siempre.

A mis padres: mamá gracias en primer lugar por darme la vida, por estar siempre a mi lado, por la paciencia que se que hay que tenerme, por dar esos regañíos oportunos y siempre apoyarme; espero que te sientas orgullosa, este título también es tuyo Te Amo. Luís “mi viejo”, gracias por existir en mi vida, por ser esa imagen positiva, por enseñarme tantas cosas de la vida y como sobrellevarlas, por confiar en mí siempre y por tu amor incondicional... Te dedico este título. Gracias por lograr que yo sea quien soy.

A mi novia Verónica, bebe Te Amo gracias por apoyarme incondicionalmente además de estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas, juntos logramos esto.

A mi familia: Tía Luz “*negra*” gracias por apoyarme y colaborar a que lograré esta meta. Tus consejos siempre los escuche.

A mis primos: Maria Alejandra por apoyarme en todo lo que siempre estuviese a su alcance Te Quiero hermana, Gabriel gracias por tu tiempo y apoyo técnico oportuno además de los sacrificios que has hecho por mí, al negro Javier, por estar pendiente de mí y sobretodo este ultimo año que la constante ha sido vivir solo... y a todos mis primos que de igual manera los quiero.

A la familia Rosado Rugel, por hacerme sentir parte de la familia por dar esos sabios consejos, esas comidas que me pusieron más gordito jejeje... por los sábados de fútbol no los olvidare tampoco Sr. Ángel.

A la familia Benedetti Marchetti, por acogerme en su hogar hasta altas horas de la noche y apoyarnos a Milton y a mí para culminar este trabajo.

A el Profesor Ricardo Alezones, más que a un profesor lo considero un amigo que tuvo la paciencia y dedicación de trabajar con nosotros a lo largo de un año, siempre aportando lo mejor de el.

Estas líneas se las dedico aquellas personas que compartieron de alguna u otra forma mi vida dentro de la universidad:

A mis amigos: Piolo, gracias por tu amistad eres como un hermano siempre cuento y contare contigo; Orangel, gracias por hacerme ver que las son mas sencillas de cómo las pintan; Milton, gracias por levantarme e insistir que se pueden lograr los objetivos que uno se propone; a El Molina por acompañarme y compartir los mismos esfuerzos a lo largo de la carrera; Nelsito por todo el apoyo técnico prestado en muchas materias que tuve dificultad; El negro Andrés, por compartir y escucharme en los momentos buenos y malos; Marcos por estar presente en los momentos de distracción en la parroquia; a la Yoyis por estar detrás de mi recordándome las cosas que me faltaban y emplear tu tiempo en ayudarme en los tramites administrativos jejeje... a todos ustedes y muchos que no incluyo en esta lista, los voy a recordar por siempre.

Culmino agradeciéndoles a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron en la elaboración de este trabajo.

RESUMEN

El presente estudio pretende mostrar los resultados de la caracterización petrográfica de las secciones El Pao y Valle Morín, estados Cojedes y Aragua respectivamente, y conocer si para el Maastrichtiense-Eoceno Temprano el aporte de sedimentos en el surco de Guárico, provenía de una sola fuente como el cratón de Guayana, o la posible existencia de una fuente asociada al choque en el borde septentrional de Suramérica e interpretar las características de la depositación, tomando en cuenta las relaciones laterales para determinar si esta fue sincrónica o diacrónica, y a su vez relacionarla con el marco tectónico para ese periodo.

Para poder determinar lo anteriormente expuesto, se realizó un estudio de procedencia de los sedimentos que componen la Formación Guarico en dichas secciones, analizando un total de 70 muestras de areniscas de grano medio a grueso entre ambas secciones que fueron sometidas a un análisis petrográfico modal, realizándose no menos de 250 conteos por sección fina. Los resultados fueron analizados tanto estadísticamente como gráficamente utilizando el programa desarrollado por YORIS (1992).

Para determinar el ambiente tectónico de sedimentación, posteriormente estos resultados fueron graficados en los triángulos de clasificación de procedencia propuestos por DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

La Formación Guárico en la sección de Valle Morín, muestra una doble tendencia, pudiéndose ubicar en los campos pertenecientes a un orógeno reciclado (reciclado cuarzoso y reciclado transicional) y en los campos pertenecientes a un bloque continental (basamento levantado, continental transicional y cratón interior) tanto en el diagrama Q-F-L como en el diagrama Qm-F-Lt.

A diferencia de la sección anterior, la sección El Pao las muestras tienden a ubicarse en los campos correspondientes al arco magmático (arco disectado, arco transicional y arco no disectado). Estas tendencias mixtas entre los campos continentales, los campos de orógeno reciclado y arco magmático en las secciones El Pao y Valle Morín, podría interpretarse como una acción combinada de procesos en los cuales actuaría primero el

retrabajo y otros factores mecánicos asociados al transporte de los sedimentos y posteriormente la diagénesis.

De acuerdo con los resultados de este estudio se concluye que la procedencia de las rocas correspondientes a la Formación Guárico en las secciones El Pao y Valle Morín, exhiben una clara diferencia textural y mineralógica por lo que se asume una depositación diacrónica de los sedimentos, siendo la sección El Pao más antigua que la sección Valle Morín por encontrarse geográficamente más al oeste. La fuente principal de aporte de sedimentos para ambas secciones, se ubica hacia el nor-noroeste, específicamente en el arco de islas extinto de Villa de Cura y el cinturón de Paracotos, con un segundo aporte proveniente igualmente del nor-noroeste, presumiblemente de la erosión del bloque de Sebastopol y el augengneis de Peña de Mora.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
1.3 OBJETIVOS	1
1.3.1 <i>Objetivos Generales</i>	1
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.4 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.4.1 <i>Sección El Pao</i>	4
1.4.2 <i>Sección Valle Morín</i>	5
1.5 METODOLOGÍA.....	6
1.6 TRABAJOS PREVIOS	15
1.6.1 <i>Trabajos realizados en la zona de estudio</i>	15
1.6.2 <i>Trabajos que siguen la misma metodología</i>	17
2 GEOLOGÍA REGIONAL	19
2.1 GENERALIDADES	19
2.2 TECTONO-ESTRATIGRAFÍA	20
3 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES	26
3.1 GENERALIDADES	26
3.2 SECCIÓN EL PAO.....	26
3.3 SECCIÓN VALLE MORÍN	33
4 ANÁLISIS PETROGRÁFICO	36
4.1 GENERALIDADES	36
4.2 COMPONENTES DETRÍTICOS PRINCIPALES.....	37
4.2.1 <i>cuarzo monocristalino</i>	37
4.2.2 <i>cuarzo policristalino</i>	42
4.2.3 <i>feldespatos</i>	43
4.2.4 <i>fragmentos de roca</i>	47
4.2.5 <i>matriz arcillosa</i>	51
4.2.6 <i>carbonatos</i>	55
4.2.7 <i>óxidos de hierro</i>	59
4.2.8 <i>minerales opacos y accesorios</i>	63
4.2.9 <i>micas</i>	67
4.2.10 <i>porosidad</i>	71
4.3 PROCESOS DIAGENÉTICOS.....	73
4.4 RELACIONES ENTRE VARIABLES	75
4.4.1 <i>cuarzo</i>	75
4.4.2 <i>feldespatos</i>	77
4.4.3 <i>fragmentos de roca</i>	77
4.4.4 <i>carbonatos</i>	77
4.4.5 <i>matriz limo-arcillosa</i>	81
4.4.6 <i>porosidad</i>	81

4.5 CLASIFICACIÓN DE LAS ARENISCAS.....	84
5 PROCEDENCIA Y SIGNIFICADO TECTÓNICO.....	88
5.1 GENERALIDADES.....	88
5.2 DIAGRAMAS TERNARIOS DE PROCEDENCIA.....	91
5.2.1 procedencia de la sección <i>El Pao</i>	92
5.2.2 procedencia de la sección <i>Valle Morín</i>	97
5.3 PROCEDENCIA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO.....	102
5.4 TERRENOS EXPUESTOS Y PROCEDENCIA TECTÓNICA.....	113
6 SUMARIO Y CONCLUSIONES.....	119
7 RECOMENDACIONES.....	122
8 BIBLIOGRAFÍA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA GENERAL DE LA UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS. TOMADO DE GOOGLE EARTH®.....	3
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LA SECCIÓN EL PAO. TOMADO DE GOOGLE EARTH®.	4
FIGURA 3. UBICACIÓN DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN. TOMADO DE GOOGLE EARTH®.	5
FIGURA 4. HOJA “DATOS” DEL PROGRAMA “ANÁLISIS MODAL”, ACTUALIZADO Y REPROGRAMADO EN BASE AL PROGRAMA DE YORIS, F. G. (1992)	12
FIGURA 5. ESQUEMA DE LA UBICACIÓN DE LAS HOJAS TOPOGRÁFICAS DONDE SE ENCUENTRAN LAS SECCIONES ESTUDIADAS. HOJAS 6545-II-SE, 6845-IV-NO, 6845-IV-SO, 6945-IV-NO Y 6945-IV-SO.....	13
FIGURA 6. CUENCAS PETROLÍFERAS DE VENEZUELA, BASADAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE SUS PROVINCIAS SEDIMENTARIAS. (TOMADO DE OSTOS Y YORIS, 1997)	19
FIGURA 7. MIGRACIÓN DEL FRENTE DE DEFORMACIÓN DEL CARIBE HACIA EL ESTE EN VENEZUELA OCCIDENTAL Y SEDIMENTACIÓN EPI/PERISUTURAL ASOCIADA DURANTE EL PALEOCENO-EOCENO. LOS LÍMITES ENTRE EL BLOQUE ANDINO Y EL SURAMERICANO SE ENCONTRABAN APROXIMADAMENTE DONDE ACTUALMENTE SE ENCUENTRAN LOS SISTEMAS DE FALLAS DE SANTA MARTA-BUCARAMANGA (SM-B) Y BOCONO (B). TOMADO DE OSTOS Y YORIS (1997).	24
FIGURA 8. SECCIÓN PO EL PAO, SE OBSERVA UNA ALTERNANCIA DE CONGLOMERADOS Y ARENISCAS, PRESENTANDO UN ESPESOR APROXIMADO ENTRE 1-5 M.....	27
FIGURA 9. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-1-B OBJETIVO 4X. EL CEMENTO Y LA MATRIZ ESTÁN CONSTITUIDOS POR MINERALES DE ARCILLA.....	28
FIGURA 10. FOTOMICROGRAFÍA (NP) DE LA SECCIÓN FINA PO-1-B OBJETIVO 4X. EL CEMENTO Y LA MATRIZ ESTÁN CONSTITUIDOS POR MINERALES DE ARCILLA.....	28
FIGURA 11. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-7-C OBJETIVO 4X. ARENISCAS DE GRANO GRUESO HACIA EL TOPE PRESENTAN MAL ESCOGIMIENTO Y TEXTURA SUBANGULAR.....	28
FIGURA 12. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-9-D OBJETIVO 4X. ARENISCAS DE GRANO GRUESO HACIA EL TOPE PRESENTAN MAL ESCOGIMIENTO Y TEXTURA SUBANGULAR.....	28
FIGURA 13. SECCIÓN P1 EL PAO, SE OBSERVA UNA ALTERNANCIA RÍTMICA DE ARENISCAS DE GRANO FINO A MEDIO Y LUTITAS, CON ESPESORES MÁXIMOS DE 50 CM.	29
FIGURA 14. FOTO PANORÁMICA DEL AFLORAMIENTO P1 SECCIÓN EL PAO.	30
FIGURA 15. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P1-A OBJETIVO 4X. GRANOS DE CUARZO, FELDESPATOS Y FRAGMENTOS DE ROCAS SE PRESENTAN REDONDEADOS A SUBREDONDEADOS.....	30
FIGURA 16. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P1-F OBJETIVO 4X. EL TAMAÑO DE GRANO ES MAYOR A LOS DE LA FIGURA ANTERIOR, LA TEXTURA ES A SU VEZ SUBANGULAR A SUBREDONDEADA. ..	30
FIGURA 17. LA SECCIÓN P2 EL PAO, SE CARACTERIZA POR PRESENTAR ARENAS Y LENTES CONGLOMERÁTICOS CON CANTOS DE ARENISCAS EXTREMADAMENTE MASIVOS.....	31
FIGURA 18. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO2-A OBJETIVO 4X. SE OBSERVA MAL ESCOGIMIENTO Y REDONDEZ ANGULAR.	32
FIGURA 19. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO2-A OBJETIVO 10X. SE OBSERVAN FRAGMENTOS DE ROCA Y FELDESPATOS	32
FIGURA 20. TRIÁNGULO DE CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS DE PETTJON, POTTER Y SIEVER (1972). SECCIÓN EL PAO.	32
FIGURA 21. FACIES <i>FLYSCH</i> TÍPICA DE LA FORMACIÓN GUÁRICO, UBICADA EN LA PARTE MEDIA DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	33
FIGURA 22. SE OBSERVAN ARENISCAS CON VETAS Y VETILLAS DE CUARZO QUE RELLENAN LAS FRACTURAS QUE CORTAN A LAS CAPAS EN UN ÁNGULO PERPENDICULAR A LA ESTRATIFICACIÓN, UBICADA EN LA PARTE BASAL DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.....	34
FIGURA 23. TRIÁNGULO DE CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS DE PETTJOHN, POTTER Y SIEVER (1972). SECCIÓN VALLE MORÍN.	35
FIGURA 24. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-22 OBJETIVO 4X. CUARZO MONOCRISTALINO Y POLICRISTALINO RELLENADO NUMEROSAS VETAS Y VETILLAS.	35
FIGURA 25. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-29 OBJETIVO 4X. PLAGIOCLASA ZONADA PRESENTANDO UNA ALTERACIÓN A MINERALES DE ARCILLA.	35
FIGURA 26. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-33 OBJETIVO 10X. CUARZO MONOCRISTALINO DE EXTINCIÓN ONDULATORIA.	37

FIGURA 27. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-2-B OBJETIVO 40X. INCLUSIONES DE MICA EN CUARZO.	37
FIGURA 28. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	38
FIGURA 29. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO EN LA SECCIÓN EL PAO.	39
FIGURA 30. VARIACIÓN DEL DIÁMETRO PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO EN LA SECCIÓN EL PAO.	39
FIGURA 31. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	40
FIGURA 32. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	41
FIGURA 33. VARIACIÓN DEL DIÁMETRO PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CUARZO EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	41
FIGURA 34. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-B OBJETIVO 10X. CUARZO MONOCRISTALINO DE EXTINCIÓN ONDULATORIA.	41
FIGURA 35. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-15 OBJETIVO 10X. CUARZO POLICRISTALINO DE EXTINCIÓN ONDULATORIA.	41
FIGURA 36. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FELDESPATOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	43
FIGURA 37. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FELDESPATOS EN LA SECCIÓN EL PAO.	44
FIGURA 38. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-2-B OBJETIVO 40X. PLAGIOCLASA.	44
FIGURA 39. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P1-B OBJETIVO 40X. ORTOSA.	44
FIGURA 40. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FELDESPATOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	45
FIGURA 41. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FELDESPATOS EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	45
FIGURA 42. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-28 OBJETIVO 40X. FELDESPATO INDETERMINADO (ALTERADO).	46
FIGURA 43. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-14 OBJETIVO 40X. PLAGIOCLASA.	46
FIGURA 44. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FRAGMENTOS DE ROCA PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	48
FIGURA 45. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FRAGMENTOS DE ROCA EN LA SECCIÓN EL PAO.	48
FIGURA 46. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FRAGMENTOS DE ROCA EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	49
FIGURA 47. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FRAGMENTOS DE ROCA PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	50
FIGURA 48. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-D OBJETIVO 40X. FRAGMENTO DE ROCA VOLCÁNICA.	50
FIGURA 49. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-09 OBJETIVO 40X. FRAGMENTO DE METAFANITA O <i>CHERT</i>	50
FIGURA 50. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATRIZ ARCILLOSA PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	52
FIGURA 51. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATRIZ ARCILLOSA EN LA SECCIÓN EL PAO.	52
FIGURA 52. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATRIZ ARCILLOSA PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	53
FIGURA 53. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATRIZ ARCILLOSA EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	54
FIGURA 54. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P1-M OBJETIVO 40X. MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA.	54
FIGURA 55. FOTOMICROGRAFÍA (NP) DE LA SECCIÓN FINA C-09 OBJETIVO 40X. CAOLINITA EN FORMA DE MATRIZ ARCILLOSA.	54

FIGURA 56. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-D OBJETIVO 40X. CALCITA EN FORMA DE MATRIZ.	55
FIGURA 57. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-D OBJETIVO 40X. CALCITA EN FORMA DE CEMENTO.	55
FIGURA 58. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARBONATO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	56
FIGURA 59. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARBONATO EN LA SECCIÓN EL PAO.	56
FIGURA 60. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-01 OBJETIVO 10X. CALCITA EN FORMA DE CEMENTO.	57
FIGURA 61. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-01 OBJETIVO 4X. CALCITA EN FORMA DE VETAS.	57
FIGURA 62. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARBONATO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	58
FIGURA 63. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARBONATO EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	58
FIGURA 64. FOTOMICROGRAFÍA (LUZ REFLEJADA) DE LA SECCIÓN FINA P1-F OBJETIVO 10X. LIMONITA DETRÍTICA.	59
FIGURA 65. FOTOMICROGRAFÍA (LUZ REFLEJADA) DE LA SECCIÓN FINA P2-A OBJETIVO 10X. HEMATITA DETRÍTICA.	59
FIGURA 66. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÓXIDOS DE HIERRO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	60
FIGURA 67. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÓXIDOS DE HIERRO EN LA SECCIÓN EL PAO.	60
FIGURA 68. FOTOMICROGRAFÍA (LUZ REFLEJADA) DE LA SECCIÓN FINA C-26 OBJETIVO 10X. LIMONITA DETRÍTICA.	61
FIGURA 69. FOTOMICROGRAFÍA (LUZ REFLEJADA) DE LA SECCIÓN FINA C-16 OBJETIVO 10X. HEMATITA DETRÍTICA.	61
FIGURA 70. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÓXIDOS DE HIERRO PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	62
FIGURA 71. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÓXIDOS DE HIERRO EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	62
FIGURA 72. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MINERALES OPACOS Y ACCESORIOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	64
FIGURA 73. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MINERALES OPACOS Y ACCESORIOS EN LA SECCIÓN EL PAO.	64
FIGURA 74. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-C OBJETIVO 40X. ZIRCÓN.	65
FIGURA 75. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-24 OBJETIVO 40X. EPIDOTO.	65
FIGURA 76. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MINERALES OPACOS Y ACCESORIOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO. .	66
FIGURA 77. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MINERALES OPACOS Y ACCESORIOS EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	66
FIGURA 78. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA P2-C OBJETIVO 40X. MUSCOVITA DETRÍTICA.	67
FIGURA 79. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA PO-7-B OBJETIVO 10X. BIOTITA DETRÍTICA.	67
FIGURA 80. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MICAS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	68
FIGURA 81. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MICAS EN LA SECCIÓN EL PAO.	68
FIGURA 82. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-02 OBJETIVO 40X. MUSCOVITA DETRÍTICA.	69
FIGURA 83. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-07 OBJETIVO 40X. BIOTITA DETRÍTICA.	69
FIGURA 84. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MICAS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	70
FIGURA 85. VARIACIÓN EN PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MICAS EN LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	70
FIGURA 86. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LA POROSIDAD PRESENTE EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	71

FIGURA 87. VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LA POROSIDAD PRESENTE EN LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN, UBICADAS EN ORDEN ESTRATIGRÁFICO.	72
FIGURA 88. FOTOMICROGRAFÍA (NP) DE LA SECCIÓN FINA C-18 OBJETIVO 40X. SOBRECRECIMIENTO DE CUARZO.	74
FIGURA 89. FOTOMICROGRAFÍA (NC) DE LA SECCIÓN FINA C-02 OBJETIVO 10X. RECRISTALIZACIÓN DE MOLDES FÓSILES.	74
FIGURA 90. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL DIÁMETRO PROMEDIO DE QM DE EXTINCIÓN RECTA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	76
FIGURA 91. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL DIÁMETRO PROMEDIO DE QM DE EXTINCIÓN ONDULATORIA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	76
FIGURA 92. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE FELDESPATO PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	78
FIGURA 93. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE FELDESPATO PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	78
FIGURA 94. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE LA POROSIDAD Y EL PORCENTAJE DE FRAGMENTOS DE ROCA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	79
FIGURA 95. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE LA POROSIDAD Y EL PORCENTAJE DE FRAGMENTOS DE ROCA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	79
FIGURA 96. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE CARBONATO PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	80
FIGURA 97. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE CARBONATO PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	80
FIGURA 98. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE MATRIZ LIMO-ARCILLOSA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	82
FIGURA 99. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE MATRIZ LIMO-ARCILLOSA PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	82
FIGURA 100. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE POROSIDAD PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	83
FIGURA 101. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO PROMEDIO Y EL PORCENTAJE DE POROSIDAD PARA LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	83
FIGURA 102. PROPORCIÓN DE TIPOS DE ARENISCAS, CLASIFICADAS SEGÚN PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) PARA LA SECCIÓN EL PAO.	85
FIGURA 103. PROPORCIÓN DE TIPOS DE ARENISCAS, CLASIFICADAS SEGÚN PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) PARA LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	86
FIGURA 104. MUESTRA EL DIAGRAMA Q-F-L TOMANDO EN CUENTA TODOS LOS TIPOS DE CUARZO INCLUYENDO FTANITA, REPRESENTANDO AREAL Y PORCENTUALMENTE LOS DIFERENTES TIPOS Y SUBTIPOS DE ZONAS DE PROCEDENCIAS MINERALÓGICAS (TOMADO Y MODIFICADO DE DICKINSON Y SUCZEK 1979).	89
FIGURA 105. MUESTRA EL DIAGRAMA QM-F-Lt TOMANDO EN CUENTA SOLO EL CUARZO MONOCRISTALINO, SIN INCLUIR LA FTANITA, REPRESENTANDO AREAL Y PORCENTUALMENTE LOS DIFERENTES TIPOS Y SUBTIPOS DE ZONAS DE PROCEDENCIAS MINERALÓGICAS (TOMADO Y MODIFICADO DE DICKINSON Y SUCZEK 1979).	89
FIGURA 106. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE A LA BASE DE LA SECCIÓN EL PAO.	92
FIGURA 107. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-Lt DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE A LA BASE DE LA SECCIÓN EL PAO.	92
FIGURA 108. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL NIVEL MEDIO DE LA SECCIÓN EL PAO.	93
FIGURA 109. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-Lt DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL NIVEL MEDIO DE LA SECCIÓN EL PAO.	93
FIGURA 110. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOPE DE LA SECCIÓN EL PAO.	94
FIGURA 111. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-Lt DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOPE DE LA SECCIÓN EL PAO.	94
FIGURA 112. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOTAL DE MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	95

FIGURA 113. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-LT DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOTAL DE MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO.	95
FIGURA 114. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE A LA BASE DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	97
FIGURA 115. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-LT DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE A LA BASE DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	97
FIGURA 116. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL NIVEL MEDIO DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	98
FIGURA 117. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-LT DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL NIVEL MEDIO DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	98
FIGURA 118. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOPE DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	99
FIGURA 119. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-LT DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOPE DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	99
FIGURA 120. DIAGRAMA TERNARIO Q-F-L DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOTAL DE MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	100
FIGURA 121. DIAGRAMA TERNARIO QM-F-LT DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) CORRESPONDIENTE AL TOTAL DE MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN.	100
FIGURA 122. MAPA ESQUEMÁTICO DONDE SE APRECIA LA LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN EL PAO CON SU RESPECTIVO RESULTADO DE PROCEDENCIA.	104
FIGURA 123. MAPA ESQUEMÁTICO DONDE SE APRECIA LA LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN CON SU RESPECTIVO RESULTADO DE PROCEDENCIA.	105
FIGURA 124. EVOLUCIÓN TECTÓNICA DIACRÓNICA DEL FRENTE DE DEFORMACIÓN PALEOCENO-EOCENO EN EL NOROESTE DE SUR AMÉRICA, EL CUAL ESTA RELACIONADO A LA INTERACCIÓN ENTRE LA PLACA CARIBE Y EL NORTE DE LA PLACA SURAMERICANA. TOMADO DE YORIS <i>ET AL.</i> (2004).	116
FIGURA 125. DURANTE LA TRANSICIÓN MAASTRICHTIENSE-PALEOCENO, LA COLISIÓN TRANSPRESIVA DE LA PLACA CARIBE TRANSPORTÓ NUMEROSOS CINTURONES DEFORMADOS, LUEGO DE LA FORMACIÓN DE LA CUENCA MARGINAL DEL PROTOCARIBE, EL MICROCONTINENTE DE SEBASTOPOL PRODUJO LOS CINTURONES DE CUCAGUA-EL TINACO Y DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y LA RELIQUIA DEL PRISMA DE ACREACIÓN LO COMPONEN LOS CINTURONES DE PARACOTOS Y EL ARCO DE ISLAS EXTINTO DE VILLA DE CURA, SEGÚN LA NOMENCLATURA DE MENÉNDEZ (1966). HACIA EL SUR, EL EMPLAZAMIENTO DE LAS NAPAS DE VILLA DE CURA DESARROLLARON UNA CUENCA “FORELAND” CON SU PRIMERA DEPOSITACIÓN EN EL MAASTRICHTIENSE. TOMADO DE YORIS <i>ET AL.</i> (2004).	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN PETTIIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) QUE ARROJÓ EL ANÁLISIS PETROGRÁFICO MODAL.	87
TABLA 2. MUESTRA LOS DIFERENTES AMBIENTES TECTÓNICOS DE PROCEDENCIA PARA LA CLASIFICACIÓN DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON <i>ET AL.</i> (1983).	90
TABLA 3. RESULTADOS PARA LA CLASIFICACIÓN EN LOS DIAGRAMAS TERNARIOS DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON <i>ET AL.</i> (1983).	96
TABLA 4. RESULTADOS PARA LA CLASIFICACIÓN EN LOS DIAGRAMAS TERNARIOS DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON <i>ET AL.</i> (1983).	101
TABLA 5. UBICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS POSIBLES TERRENOS EXPUESTOS PARA EL MAASTRICHTIENSE-EOCENO Y SU MINERALOGÍA DIAGNÓSTICA. TOMADO Y MODIFICADO DE QUINTERO (1998).	114

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Plantear y establecer relaciones taxativas en cuanto al origen de los sedimentos del surco de Guárico, a través del tiempo geológico para comprender la evolución geodinámica de la zona, y así inferir acerca del marco tectónico regente para el momento de depositación de los mismos.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para el Maastrichtiense a Eoceno Temprano, cuando ocurrió la depositación de los sedimentos correspondientes al surco de Guárico, la placa del Caribe se encontraba colisionando de manera transpresiva con el norte de Suramérica, siendo este, el fenómeno principal que dominaba la zona antes mencionada; la realización de este estudio permitirá conocer cuando y como ocurrió el aporte de estos sedimentos. Además, proveerá la información necesaria para determinar si el cratón de Guayana es la principal fuente de aporte de los mismos, o si existe una fuente asociada al choque en el borde septentrional de Suramérica, así como también conocer las características de la depositación, tomando en cuenta las relaciones laterales para determinar si esta fue sincrónica o diacrónica, y relacionarla con el marco tectónico para ese periodo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar la evolución tectono-estratigráfica a través del tiempo geológico y la procedencia de los sedimentos que componen la Formación Guarico, a través del estudio sedimentológico y el análisis modal de petrografías, tomando en cuenta las relaciones espaciales en superficie de dichos sedimentos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Digitalizar y vectorizar las secciones contenidas en las cartas topográficas a escala 1:25.000 de la zona de estudio, con el fin, de tener georeferenciadas cada una de las muestras a tomar en la etapa de campo.
- Realizar el levantamiento de las secciones, tomando medidas de paleocorrientes en el caso de que estas existieran.
- Recolección de muestras de las diferentes secciones estudiadas donde aflora la Formación Guárico, y ubicarlas en las cartas topográficas.
- Elaborar una columna estratigráfica en cada una de las secciones levantadas.
- Aplicar un estudio estadístico de análisis modal a cada una de las muestras de roca tomadas, para determinar el ambiente tectónico de sedimentación, a través de los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON *et al.* (1983).

1.4 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Formación Guárico se encuentra ubicada en la parte nor-central de Venezuela, aflorando en el piedemonte de la Serranía del Interior, en una faja angosta desde la población de San Carlos, estado Cojedes hasta la Laguna de Unare, estado Anzoátegui, unos 350 km al este, pasando por los estados Guárico, Aragua y Miranda. Durante el trabajo se seleccionaron dos secciones tipo de esta unidad para realizar el muestreo y su posterior análisis. Las secciones seleccionadas fueron la sección El Pao y la sección Valle Morín ubicadas en los estados Cojedes y Aragua respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Mapa general de la ubicación y distribución de las secciones estudiadas. Tomado de GoogleEarth®.

1.4.1 SECCIÓN EL PAO

Se estudiaron tres afloramientos que se encuentran en el extremo suroeste de la Cordillera de la Costa, al noreste de del estado Cojedes, municipio Pao de San Juan Bautista, aproximadamente a 10 km al noreste de la población de El Pao, entre las coordenadas geográficas $9^{\circ} 40' 52''$ y $9^{\circ} 41' 00''$ de latitud norte, y $68^{\circ} 2' 15''$ y $68^{\circ} 2' 20''$ de longitud oeste (Figura 2).

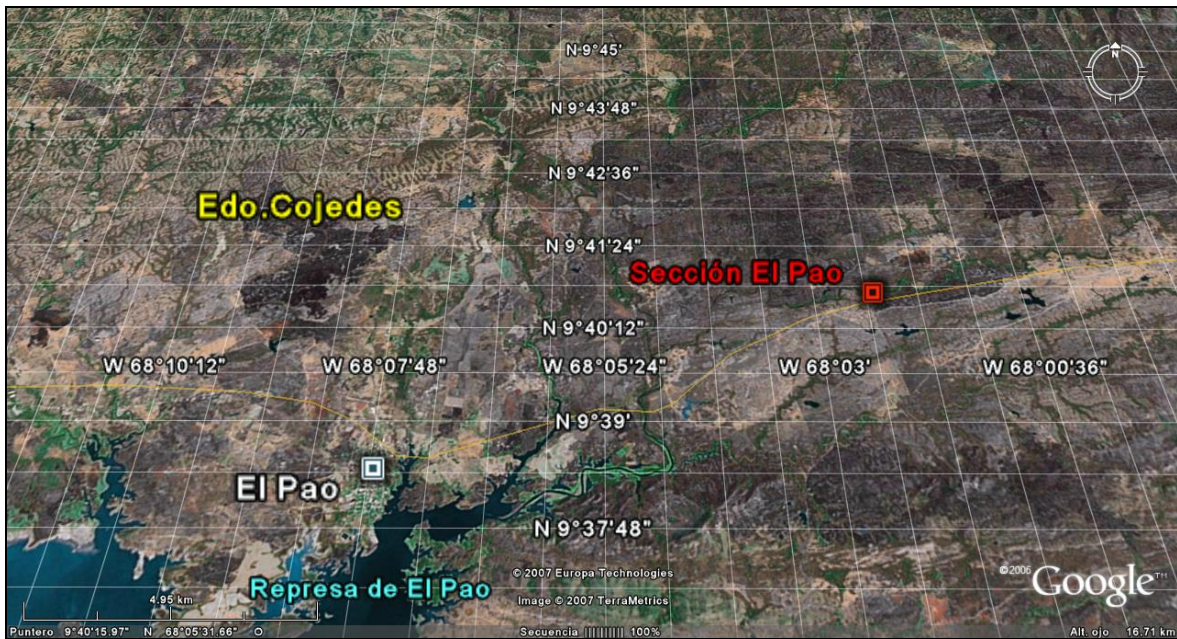


Figura 2. Ubicación de la sección El Pao. Tomado de GoogleEarth®.

Vías de acceso

El acceso hasta la población de El Pao se realiza a través de la Carretera Nacional El Tinaco-Dos Caminos y posteriormente tomando la vía hacia El Pao a unos 20 km de El Tinaco, una vez en El Pao se debe tomar la vía rural a Espinito hasta la intersección con el acueducto de la represa El Pao donde se toma la vía hacia el sur hasta llegar al puente sobre el río Pacaragua donde afloran las secciones al norte y al sur del río.

1.4.2 SECCIÓN VALLE MORÍN

Esta sección se encuentra al sur de la Cordillera de la Costa, aproximadamente a 2 km al sur de la población de Valle Morín, municipio San Casimiro, estado Aragua entre las coordenadas geográficas $9^{\circ} 54' 20''$ y $9^{\circ} 53' 50''$ de latitud norte, y $66^{\circ} 54' 12''$ y $66^{\circ} 54' 52''$ de longitud Oeste (Figura 3).



Figura 3. Ubicación de la sección Valle Morín. Tomado de GoogleEarth®.

Vías de acceso

El acceso hasta la población de Valle Morín se realiza a través de la Carretera Nacional San Casimiro – San Juan de los Morros, tomando mas adelante la vía hacia Camatagua a unos 20 km de San Casimiro, posteriormente a unos 10 km más adelante se toma el desvío al este hacia la población de Valle Morín. Al llegar a dicho pueblo se debe tomar la vía rural hacia el sur que se dirige hacia Los Portales donde aproximadamente a 2 km, dicha vía cruza la Quebrada Camatagüita donde aflora la sección a estudiar a lo largo del cauce de la quebrada.

1.5 METODOLOGÍA

El trabajo especial de grado se elaborará a través de siguientes pasos:

Etapas compilatorias: Esta etapa consiste en la recopilación e integración de la información petrográfica geológica y estadística de secciones estratigráficas ya estudiadas en la Formación Guárico (publicada o inédita) existente en: Trabajos Especiales de Grado, publicaciones diversas y Congresos Geológicos nacionales e internacionales.

Etapas de planificación del Trabajo en campo: En este punto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Localización de la sección estratigráfica de interés.

Ubicación de los mapas base a escala 1:25.000, para la delimitación de la zona de estudio.

Ubicación del campamento base más adecuado.

Accesos a las secciones.

Fotointerpretación.

Revisión preliminar de la sección para evaluar la calidad y acceso de los afloramientos y verificación de los datos observados en los mapas geológicos base Creole Petroleum Corporation. (Hojas D8, E8, E7 y D7)

Planificación de la estrategia de trabajo en base a lo observado en el punto anterior.

Etapas de campo: Esta etapa consistió en la realización de salidas de campo durante los períodos: Febrero-Marzo de 2006 y Abril-Mayo de 2006, donde se realizaron los levantamientos de las secciones de El Pao, estado Cojedes y Valle Morín, estado Aragua respectivamente; con el fin de estudiarlas y llevar a cabo la recolección de muestras.

Para la recolección de las muestras se tomaron en cuenta:

Espesores y orientación de los estratos.

Tipos de contactos; transicionales, abruptos o de falla.

Reconocimiento de las estructuras sedimentarias.

Medición de paleocorrientes. En el caso que el afloramiento lo permitiera.

Mineralogía de la roca, tipo de matriz y cemento.

Granulometría.

En total se tomaron 70 muestras de areniscas de grano medio a grueso entre las secciones de Valle Morín y El Pao

Etapas de laboratorio: En esta etapa se efectuaron los análisis petrográficos y estadísticos de las muestras tomadas, empleando el programa desarrollado por YORIS, F. G. (1992), para determinar el ambiente tectónico de sedimentación, a través de los triángulos de clasificación propuestos por DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

Análisis a través de Conteo Modal:

Según SCASSO Y LIMARINO (1997) la composición se encuentra fuertemente influenciada por la naturaleza del área de aporte, aunque esto no quiera decir que sea el único factor a tomar en cuenta. Existen otros factores como el clima, el mecanismo agente, la distancia del transporte, la subsidencia de la cuenca y los procesos diagenéticos, que también influyen en la composición modal de las areniscas (DICKINSON Y SUCZEK, 1979; MACK, 1984; BASU, 1986; JHONSSON Y STALLARD, 1989; BLASI Y MANASSERO, 1989; MARSAGLIA E INGERSOLL, 1992; ESPEJO Y LOPEZ GAMUNDI, 1994). Como consecuencia, las modas detríticas son la relación e interacción entre diversos factores, donde la procedencia se muestra como el más importante entre ellos.

Desde la década de los ochenta se han realizado gran cantidad de estudios relacionados a la definición de las rocas fuentes de los detritos con el objetivo de determinar el área de proveniencia de los detritos, el establecer los límites de las cuencas y estudiar la evolución de ambos parámetros durante el tiempo geológico. DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON Y VALLONI (1980) fueron los primeros autores en definir relaciones entre la composición modal de las areniscas y el emplazamiento tectónico de las áreas de aporte.

Estos estudios cambiaron el patrón de estudio de las arenas y los estudios composicionales pasaron a ser una herramienta principal para la caracterización de las áreas de aporte y la evolución tectónica de diferentes tipos de cuencas y sus rellenos (ZUFFA *et al.* 1995).

Las arenas son los sedimentos detríticos más utilizados en estudios de procedencia, ya que se originan como partículas sólidas que se desprenden de la roca pero a la vez son lo suficientemente pequeñas como para observar una muestra considerable de granos en una sola lámina delgada. En cambio, para estudiar la composición de los fragmentos del tamaño de gravas, se requiere de un mayor volumen de sedimento colectado y un número mucho mayor de observaciones. La ventaja de las areniscas es que conservan la composición y textura original cuando están formadas por fragmentos líticos, a pesar del transporte y de los procesos diagenéticos estos están casi inalterados, además de que guardan información sobre la roca de la cual se derivaron.

Las características texturales (tamaño y forma de grano, entre otras) permiten determinar la madurez del sedimento original. Se entiende como madurez textural el grado de abrasión y/o de transporte, que se refleja en una mayor esfericidad en los sedimentos conforme son acarreados mayores distancias.

Es importante tomar en consideración que el grado de madurez puede alterar la interpretación de la composición total de la roca, ya que los fragmentos menos resistentes se desintegran antes del depósito o se transforman, originando un incremento aparente en el porcentaje de los granos más resistentes (por ejemplo: cuarzo).

El porcentaje relativo de granos minerales y líticos (que son aquellas partículas mayores a 0.0625 mm de diámetro), con respecto al porcentaje de matriz y/o cementante, también aporta información sobre la composición y origen de las areniscas.

Los sedimentos con alto porcentaje de matriz (wacas) no permiten una buena determinación de la naturaleza de la roca fuente, ya que contienen pocos granos lo suficientemente grandes para identificar su composición por medio de la petrografía. Por estas razones, las areniscas inmaduras a medianamente maduras, con poco porcentaje de matriz, poco reemplazamiento o alteración post-depósito, y de granos de tamaño medio son ideales para estudios de procedencia ya que su composición va a depender principalmente de la naturaleza de la fuente, y del ambiente tectónico de origen y de depósito. Cabe mencionar que recientemente se han propuesto técnicas petrográficas para las fracciones finas de las areniscas o en rocas de grano más fino como limolitas y lutitas (BANGS Y BASU, 1994).

Los análisis petrográficos cualitativos y cuantitativos son fundamentales para la determinación de la procedencia. El análisis cualitativo consiste en una observación cuidadosa y detallada de la textura y de la determinación de la composición de sus fragmentos tanto monominerales como poliminerales y, si se conocen los límites de la cuenca, la comparación petrográfica directa de las muestras de las rocas circundantes y los fragmentos líticos colectados en el área de depósito permite definir con precisión la procedencia de los sedimentos.

El método petrográfico más utilizado para determinar cuantitativamente la composición de los granos de arena, es el conteo de estos en el microscopio, utilizando una platina graduada que permite el movimiento de la lámina delgada a un cierto intervalo de distancia, formando una red de puntos en un sistema de coordenadas (x-y). En esta técnica se registra por cada punto la composición del grano localizado en el centro de la retícula. Dependiendo de los objetivos del conteo de partículas es la metodología empleada y sus restricciones, por ejemplo se puede considerar solo un tamaño de grano, solo contar las partículas o también la matriz y cementante, o bien granos de una sola composición.

El análisis cuantitativo incluye el cálculo estadístico del número de granos de una cierta composición, o bien del porcentaje de área que estos ocupan en comparación con el área total de la lámina delgada. En la última década se han utilizado también nuevas técnicas analíticas, por ejemplo la catodoluminiscencia y los analizadores de imágenes con el fin de obtener mayor información sobre la composición y origen de los fragmentos de roca y minerales que se analizan.

Algunos petrógrafos consideran que la composición varía según el tamaño del grano. Por ejemplo para DECKER Y HELMOLD (1985) los fragmentos líticos son más difíciles de preservar en rocas de grano fino y en la fracción gruesa está más enriquecida en fragmentos líticos. Es por esta razón que algunos petrógrafos evalúan la procedencia de sedimentos con base en análisis modales de diferentes fracciones de granos del tamaño de la arena, cuantificando fragmentos líticos, minerales accesorios, cuarzo y feldespatos para cada una (BASU, 1976; MACK Y SUTTNER, 1977; SUTTNER *et al.*, 1981). Esto implica una dependencia del tamaño de grano en la definición de la procedencia si se aplica este método.

Por otro lado, otros autores proponen que la diferencia del tamaño de las partículas no influye significativamente en el resultado final del análisis modal. Para evitar este tipo de incertidumbres, en la mayoría de los análisis modales se utilizan los criterios establecidos por GAZZI (1966) y DICKINSON (1970).

Estos autores sugieren clasificar a las partículas del tamaño de arena que se encuentran dentro de un fragmento de roca como partículas monocristalinas. A este método se le denomina de Gazzi-Dickinson (INGERSOLL *et al.*, 1984).

Como ejemplo de estos criterios tenemos el caso de un fragmento metamórfico que está formado en un 90% de una retícula de cristales grandes de cuarzo y solamente un 10% de un mosaico de grano muy fino de cuarzo y mica. Por los métodos propuestos por BASU (1976), MACK Y SUTTNER (1977), SUTTNER *et al.* (1981) el total del fragmento se clasifica como fragmento metamórfico, en cambio, por el método de Gazzi-Dickinson, se consideran los cristales de cuarzo como cuarzo monocristalino, y solamente 10% de dicho fragmento se clasifica como lítico.

En el caso de que el grano se disgregara en partículas de menor tamaño por efecto del transporte, el resultado final del conteo se mantendría 90% cuarzo monocristalino y 10% lítico metamórfico, lo que hace de este método el más independiente del tamaño del grano.

Los mismos autores proponen que partículas menores a 0.0625 mm de diámetro no deben ser incluidas en el conteo de puntos

Siguiendo todas estas consideraciones, para este trabajo se efectuaron entre 250 y 300 conteos por muestra. Este número se escoge en función del señalamiento realizado por YORIS (1984, p. 118) acerca del error que se comete al reducir los puntos de tal número.

A un microscopio modelo Leitz Wetzlar Orthoplan, se le adaptó un ocular con hilos graduados y una platina con vernier que permite un barrido controlado de la sección fina. Partiendo de un extremo se trazó un mallado sobre la lámina con líneas paralelas a los brazos de la platina.

En cada punto de intersección de la malla se identifica la especie del mineral presente y se determina su diámetro máximo y mínimo. Estos datos se registraron en la hoja “Datos” del programa “Análisis Modal” (Figura 4), actualizado y reprogramado en este trabajo con respecto al desarrollado por YORIS, F. G. (1992).

Una vez relleno el formato y haber realizado el análisis modal, se presiona el botón “Calcular” y el programa procede a calcular la clasificación de las areniscas según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972), y los porcentajes mineralógicos, para ir a los triángulos de procedencia tectónica del sedimento, publicados por DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON “*et al.*” (1983).

De esta manera, se produjo la interpretación de los datos dibujados en gráficos comparativos y diagramas ternarios, determinando la fuente de sedimentos.

También fueron de gran ayuda los minerales accesorios, pesados y fragmentos de roca, debido a que permiten diferenciar el tipo de fuente al cual pertenecen.

Etapa de Oficina:

- Elaboración de una tabla contentiva de la información petrográfica y estadística disponible en los trabajos previos y obtenidos durante la fase de laboratorio, de las areniscas de grano medio a grano grueso de la Formación Guárico.
- Digitalización de las secciones estudiadas contenidas en las hojas topográficas del Instituto de Cartografía Nacional Simón Bolívar 1:25.000 que a continuación se citan (Figura 5):

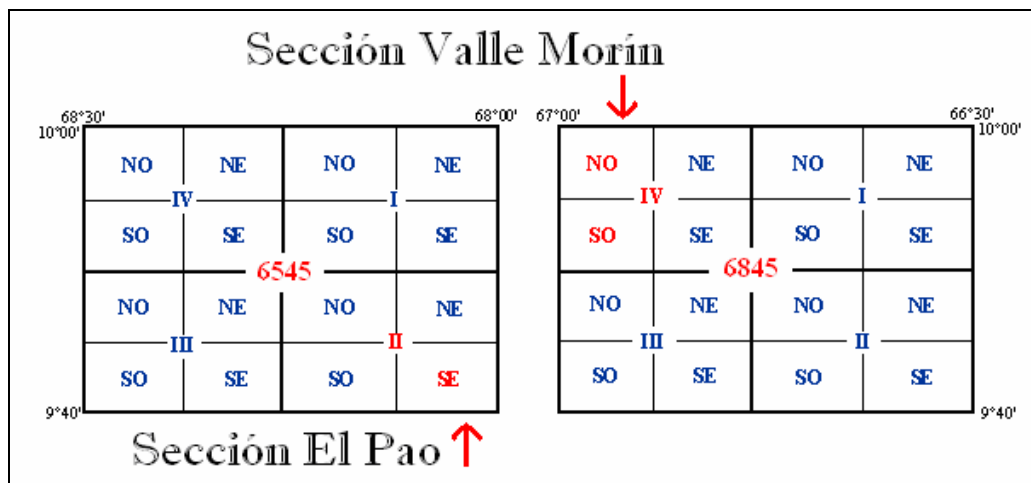


Figura 5. Esquema de la ubicación de las hojas topográficas donde se encuentran las secciones estudiadas. Hojas 6545-II-SE, 6845-IV-NO, 6845-IV-SO, 6945-IV-NO y 6945-IV-SO.

- Ubicación de las muestras de la Formación Guárico disponibles en los trabajos previos y recolectada en la etapa de campo, en los mapas a escala 1:25.000.
- Elaboración de mapas geológicos/estructurales y mapas de ubicación de muestras de la zona estudiada, partiendo de la base topográfica de las cartas del Instituto de Cartografía Nacional Simón Bolívar y los mapas geológicos de Creole Petroleum Corporation.
- Integrar los análisis petrográficos modales ya existentes de la Formación Guárico para determinar la procedencia de estas rocas y dirección de la sedimentación por medio de diagramas ternarios propuestos por DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON “*et al.*” (1983).

1.6 TRABAJOS PREVIOS

1.6.1 TRABAJOS REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

MENCHER, (1950) fue el primero en publicar el nombre Formación Guárico para referirse vagamente a estratos paleocenos “calcáreos y argiláceos, que contienen calizas arrecifales particularmente hacia la base” y que “incluye a las calizas de los morros de San Juan”.

MENCHER *et al.*, (1951-a, 1951-b, 1953) suministraron algo más de descripción, parcialmente errónea (incluyeron rocas ígneas y volcánicas en la unidad).

WEISBORD, (1956) definió la sección tipo y dió una descripción formal.

Varios autores como KONIGSMARK, (1965), MENÉNDEZ y (1966), RENZ y SHORT, (1960) estudiaron la unidad en diversas localidades.

MENÉNDEZ (1966) define el Miembro Mamonal para referirse a una secuencia lenticular de conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutitas gris oscuro, que pasan lateralmente a otras facies de la Formación Guárico.

PEIRSON (1965) hizo una larga descripción de la formación, y PEIRSON *et al.*, (1966) introdujeron este término para referirse a las capas periarrecifales que asignaron a la Formación Guárico, y cuya sección tipo se localiza a lo largo del río Caramacate por una distancia de unos 3 Km hacia el norte, medidos en línea recta, desde la carretera San Juan de Los Morros-San Sebastián hasta el afloramiento extremo meridional de la Formación Tiara. El nombre aparece en el Léxico Estratigráfico (1970) como "Caramacate".

BELL (1968-b) estudió la formación en el área de Camatagua, estableció el Miembro Los Cajones y presentó criterios sobre su evolución sedimentaria. Lo definió como facies periarrecifales con conglomerados y bloques deslizados gravitacionalmente al fondo de la cuenca y como una unidad tectónica que asimiló dichos bloques a medida que avanzaba el alóctono de Villa de Cura, mezclándolos con la secuencia sedimentada previamente en la parte norte del surco.

ZAPATA (1976) estudió los afloramientos del área de Unare y describió sus litofacies.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), definen al Miembro Caramacate, como una variación lateral de la composición del Miembro Los Cajones hacia "una compleja intercalación de masas alóctonas de caliza, olitostromos y flysch".

Posteriormente, ALBERTOS *et al.*, (1989) realizaron un estudio petrográfico-estadístico de la formación en el área Altagracia de Orituco-Agua Blanca-Gamelotal-San Francisco de Macaira.

Finalmente YORIS (1994), compila los resultados de 15 años de investigaciones previas en diferentes zonas del país, incluyendo la Formación Guárico, para la realización de su tesis doctoral, en la que basado principalmente en petrografías de areniscas utilizando la técnica de análisis modales propuestas por YORIS (1984, 1986, 1989e,f), aplica métodos estadísticos tales como estimaciones de medias aritméticas y desviaciones estándar, comparación de poblaciones por medio de las pruebas estadísticas "t" y "F", análisis de probabilidades de transición (Cadenas de Markov) para el estudio de facies sedimentarias, análisis de agrupaciones de taxa, análisis espectrales por medio de series de Fourier en los que diseña un programa para comparar las frecuencias de los ciclos obtenidos con un comportamiento aleatorio o determinístico, análisis de regresión (lineal, exponencial, logarítmica y potencial) y análisis de multivarianza.

1.6.2 TRABAJOS QUE SIGUEN LA MISMA METODOLOGÍA

YORIS (1984) presenta un informe en el que condensa y revisa la estratigrafía regional de una zona ubicada en la franja San Antonio de Maturín–Caripito–Bolivita–Campo Alegre (estados Monagas y Sucre), y en el cual un análisis petrográfico detallado de las areniscas del Cretácico Inferior asociando la granulometría y composición de las mismas con su ambiente de sedimentación, ubicación tectónica de la secuencia cretácica de la Serranía del Interior y la utilización de métodos estadísticos como triángulos de composición, análisis Moda-R y Moda-Q para su discriminación.

MATHIEU (1989) llevó a cabo un extenso trabajo de campo en las rocas del Eoceno en el noreste de la Cuenca de Maracaibo donde realizó 57 medidas de paleocorrientes en la Formación Trujillo donde estas permitieron definir una dirección principal de sedimentación de estas rocas desde el noreste hacia el suroeste.

Posteriormente YORIS (1989), presenta su trabajo de ascenso al escalafón de Profesor Asociado desarrollando un método sistemático para obtener la estimación cuantitativa de morfología, granulometría y proporción de especies minerales en secciones finas de roca para caracterizar unidades litoestratigráficas en base a variables granulométricas y composicionales.

Por su parte CASTILLO (1995), integra los análisis modales de 115 muestras de las formaciones Misoa, Mirador y Trujillo, determinando la procedencia de estas rocas por medio de los diagramas ternarios propuestos por DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

ROMERO (1996) determinó la procedencia de las rocas de la Formación Misoa y su relación con la tectónica Caribe en la parte norte de la cuenca de Maracaibo por medio de una recolección de muestras en los Campos Lagunillas, Tía Juana, Punta Benítez, La Rosa y Urdaneta, a las cuales se les realizó un análisis petrográfico modal y los resultados diagramados en los triángulos propuestos por DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983) para así indicar la procedencia sedimentaria del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo y en relación con la tectónica regional.

Igualmente CARDOZO (1996), basándose en diagramas ternarios de procedencia y a partir de análisis petrográficos modales de más de 60 muestras, concluye que las rocas clásticas del Eoceno pertenecientes a la Formación Misoa tienen una procedencia de orógeno reciclado con influencia del cratón interior y que esta varía según el nivel estratigráfico.

QUINTERO (1998) determinó el significado tectónico y la procedencia mineralógica de las rocas clásticas de la Formación Gobernador, en el flanco Surandino y Barinas tradicional por medio de un muestreo de núcleos a los cuales se les realizaron análisis petrográficos modales y se determinó su procedencia a través de los diagramas ternarios de DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

2 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 GENERALIDADES

El área de estudio se localiza en el piedemonte sur del Sistema Montañosos del Caribe, específicamente de la Serranía del Interior Occidental, donde un conjunto de rocas alóctonas fueron emplazadas en dirección S-SE a lo largo del norte de Venezuela como resultado de la colisión diacrónica entre la placa del Caribe y la Placa Sudamericana (OSTOS Y YORIS, 1997).

La Cuenca Oriental de Venezuela es una cuenca antepaís asociada directamente con las cadenas montañosas transpresionales de la costa del país (DI CROCE, 1999). Dicha cuenca se compone de dos subcuencas antepaís: la subcuenca de Maturín al este y la subcuenca de Guárico al oeste, como puede observarse en la figura 6. Ambas se encuentran separadas por el alto de Urica (ERLICH Y BARRETT, 1992).



Figura 6. Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias. (Tomado de OSTOS Y YORIS, 1997)

2.2 TECTONO-ESTRATIGRAFÍA

La cuenca oriental de Venezuela se extiende hacia el sur del país hasta encontrarse con el río Orinoco (HEDBERG, 1950). Esta es una cuenca antepaís que tuvo su desarrollo en el periodo Neógeno en el margen pasivo del cratón de Sur América en el Mesozoico Tardío.

EVA *et al.*, (1989), en PARNOUD, *et al.*, (1995) indican que la evolución geodinámica de la cuenca puede ser dividida en cuatro episodios principales, los cuales son:

1) *Fase de la mega secuencia Prerifting*

Esta fase se desarrolla en el periodo Paleozoico y está asociada con las Formaciones Carrizales y Hato Viejo de la subcuenca de Guárico, las cuales fueron depositadas en ambientes marinos costeros a neríticos. La secuencia encontrada al realizar perforaciones está compuesta principalmente de arenas de grano grueso, las cuales son ligeramente calcáreas y se encuentran intercaladas con conglomerados y lutitas verdes.

2) *Fase de la mega secuencia Rifting*

Esta fase se desarrolla durante el período Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano. Esta formación, que fue depositada en ambiente continental, está compuesta principalmente de lutitas rojas con *sills* basálticos.

A partir del final del Albiense, se inicia desde el este de Venezuela y de manera diacrónica hacia el oeste, la invasión marina que llegó a cubrir extensas zonas hacia el sur del país, las cuales se mantenían como áreas expuestas a la erosión desde finales del Jurásico o incluso desde finales del Paleozoico.

3) *Fase de la mega secuencia del Margen Pasivo*

Según ERLICH Y BARRETT (1990) el margen norte de América del Sur subsidó lo necesario para permitir la acumulación de 3 a 4 kilómetros de rocas clásticas predominantemente marinas, además la sección del Cretácico Temprano también contiene varios espesores de unidades carbonáticas.

Hacia el noroeste de la Placa Suramericana, la colisión oblicua del arco de las Antillas Menores provocó una sucesiva generación de escamas tectónicas (napas) con vergencia hacia el sur y sureste, controlando la sedimentación de formaciones como Trujillo y Morán, de carácter turbidítico.

Hacia el este, durante el período Cretácico- Paleógeno la sedimentación no estuvo influenciada por los frentes de deformación del Caribe, acumulándose los sedimentos finos de talud continental (hemipelágicos) de la Formación Vidoño y los más arenosos de la Formación Caratas.

Este período se caracteriza por tres fases transgresivas principales que se desarrollaron de norte a sur y culminaron durante la época Turoniana, Paleoceno Temprano, Eoceno y el Oligoceno respectivamente.

Esta invasión marina coincide con el pulso mundial transgresivo del Cretácico Tardío, responsable de la sedimentación de calizas, lutitas y fñanitas ricas en materia orgánica tanto en América como en Europa y concuerdan con el nivel eustático del mar (VAIL *et al.*, 1977).

La fase transgresiva inicial comenzó con la depositación basal de la arena de la Formación Barranquín (VON DER OSTEN, 1957). El máximo avance transgresivo se marca con la depositación de carbonatos de plataforma que son diacrónicos en una dirección Norte-Sur dentro de la cuenca.

Según OSTOS Y YORIS, (1997) en el área El Pilar hacia el norte estas areniscas corresponden a la parte superior de la Formación Barranquín de edad Barremiense y en las áreas más hacia el sur al Albiense de la Formación Cantil. En el campo El Furrial estas areniscas son de la edad Aptiense- Turoniano y pertenecen a las formaciones El Cantil, Querecual y San Antonio.

4) Fase de la mega secuencia de Colisión Oblicua

Es posible que la influencia de la colisión oblicua se hiciera presente hacia el Eoceno Medio: los ambientes de carbonatos arenosos, glauconíticos y en parte muy ricos en macroforaminíferos se desarrollaron en los márgenes de los surcos que se encontraban al norte de Venezuela (formaciones Peñas Blancas, Punta Carnero y el Miembro Tinajitas de la Formación Caratas) (OSTOS Y YORIS, 1997).

La fase de la mega secuencia del margen pasivo terminó durante la época del Oligoceno, cuando fue interrumpida por la colisión de la Placa del Caribe contra la Placa Suramericana cambiando así a una cuenca de tipo antepaís. Esta colisión oblicua migró progresivamente hacia el este durante el Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano.

La deformación a lo largo de Venezuela nororiental continúa en el presente, probablemente como resultado del movimiento relativo de la Placa del Caribe hacia el este con respecto a la Placa Suramericana (ERLICH Y BARRETT, 1990; PINDELL Y BARRETT, 1990; PINDELL Y DEWEY, 1991).

En Venezuela norcentral, los equivalentes de la Formación Mucaria pasan verticalmente a secuencias hemipelágicas y turbidíticas de la parte inferior de la Formación Guárico; hacia el este, las areniscas de ambiente batial de la Formación San Juan suprayacen a las ftanitas negras y areniscas de la Formación San Antonio; a su vez, a finales del Maastrichtiense (60-65 Ma), la Formación San Juan pasa a las lutitas oscuras de la Formación Vidoño (OSTOS Y YORIS, 1997).

A su vez, dentro de las unidades de los frentes de corrimiento, posiblemente una parte del prisma de acreción del Arco de las Antillas se encuentra constituida por los sedimentos de la Formación Guárico (más los bloques de calizas y unidades más antiguas contenidos en los olistostromos) y que precedieron a los surcos diacrónicamente migrados hacia el sur y este del borde norte de la Placa Suramericana entre el Paleógeno y el Neógeno (OSTOS Y YORIS, 1997).

Al irse adentrando hacia el este la Placa Caribe, la influencia de los frentes de corrimiento mermó, produciendo la migración del surco de la Formación Guárico hacia el sur y desarrollando así los ambientes de surco de la Formación Roblecito de edad Eoceno Tardío a Oligoceno (?) (39-23 Ma); el propio peso del cinturón de corrimiento aplicado al borde norte del continente suramericano llevo a una migración hacia el este de la cuenca antepaís “*foreland*” (STEPHAN *et al.*, 1985), dando muy probablemente como resultado un pulso de avance de clásticos arenosos, los cuales serían los equivalentes diacrónicos más antiguos de la Formación La Pascua.

En el oeste, la secuencia más joven del margen pasivo de rocas sedimentarias es de edad Paleoceno, lo cual indica eventos tectónicos tempranos en esa área. A pesar de esto en el este de Venezuela no se ha reconocido ninguna actividad tectónica evidenciada en rocas anteriores al Eoceno Tardío. Sin embargo, el “*foredeep*” también migra de norte a sur lo cual se relaciona con el apilamiento de las unidades alóctonas causadas por la colisión de las placas (ROSSI, 1985; POTIÉ, 1989).

En la figura 7 se resume la sedimentación y la evolución paulatina del frente de deformación asociado a la entrada de la Placa Caribe frente a Sudamérica durante el Paleoceno-Eoceno. Por su complejidad, se han resumido asociaciones de nombres formacionales genéticamente relacionadas como eventos; cada evento lleva el nombre de la unidad más distintiva o que representa el inicio de la sedimentación del conjunto.

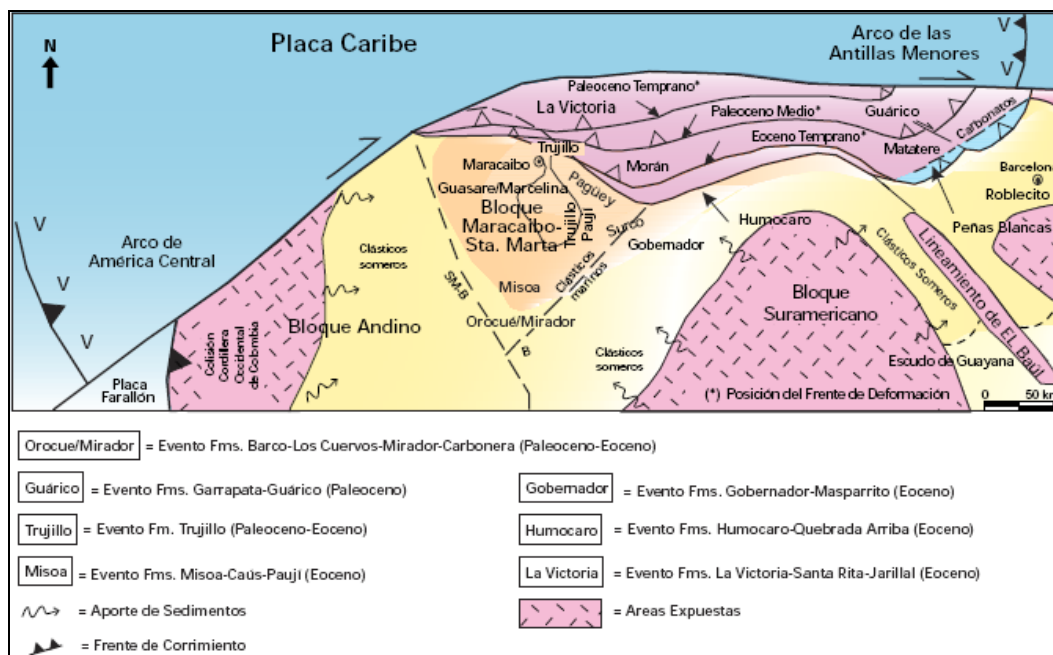


Figura 7. Migración del frente de Deformación del Caribe hacia el este en Venezuela Occidental y sedimentación epi/perisutural asociada durante el Paleoceno-Eoceno. Los límites entre el Bloque Andino y el Suramericano se encontraban aproximadamente donde actualmente se encuentran los sistemas de fallas de Santa Marta-Bucaramanga (SM-B) y Bocono (B). Tomado de OSTOS Y YORIS (1997).

Las cuencas que se formaron por este esfuerzo cuentan con dos sectores; lado activo (flanco norte) donde se va a encontrar una sedimentación de tipo *flysch*, de poca madurez textural y mineralógica ya que este borde presenta una gran pendiente y por tanto el retrabajo de los sedimentos no es tan efectivo; también se van a encontrar en este lado los olistostromos (nivel estratigráfico conformado por los olistolitos, bloques de diferentes tamaños) que caen de los sobrecorrimientos o napas, y en el lado pasivo se van a encontrar turbiditas, más maduras texturalmente por presentar poca pendiente y por la apilación continua de sedimentos.

Las secuencias del lado activo obedecen a las perturbaciones producidas por tectonismo mientras que en el lado pasivo las secuencias están controladas por los procesos de depositación. En ambos la sedimentación está controlada por la gravedad y las corrientes de turbidez.

En el lado activo no se conservan los espesores, por producto del canibalismo, ya que son añadidos al frente de deformación. Debido a la apilación de las napas en este lado, las rocas van a ser más duras y más compactas que las del lado pasivo.

Según OSTOS Y YORIS (1997), las fuentes de sedimentos de las cuencas son:

- El cinturón de deformación (en el norte): principalmente sedimentario, ígneas y metamórficas (las dos últimas dependen de la historia tectónica de la región).
- Los arcos y el cratón (en el sur): La tasa de sedimentación es mayor que la tasa de acomodo.
- Las secuencias *flysch* producidas es estas cuencas (lado activo) son:

Matatere (estado Lara, Paleoceno).

Río Guache (estado Portuguesa-Cojedes, Paleoceno-Eoceno Temprano).

Guárico (estado Guárico, Maastrichtiense-Eoceno Medio).

Punta Carnero (Margarita, Eoceno Tardío).

Los *flysch* se diferencian entre sí, debido a su edad, su texturas litológicas y por sus características mineralógicas de la fuente que los están alimentando en ese momento.

Y las turbiditas (lado pasivo):

Formación Trujillo (Paleoceno).

Formación Moran (Paleoceno-Eoceno Medio).

Formación Mene Grande (Eoceno Medio).

Todas estas en occidente. Mientras que en la región nororiental, tenemos:

Formación Roblecito (Eoceno Tardío-Oligoceno).

3 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES

3.1 GENERALIDADES

La Formación Guárico se encuentra ubicada en la parte nor-central de Venezuela, aflorando en el piedemonte de la Serranía del Interior, en una faja angosta desde la población de San Carlos, estado Cojedes hasta la laguna de Unare, estado Anzoátegui, unos 350 km. al este, pasando por los estados Guárico, Aragua y Miranda.

En el área del presente estudio, se han realizado diversos estudios de geología de superficie, en los cuales se han identificado y caracterizados rasgos estratigráficos, sedimentológicos, estructurales y tectónicos de la zona y en especial en las secuencias depositadas durante el Paleoceno-Eoceno.

A continuación se presentan los resultados de las dos secciones seleccionadas para la realización del estudio de este trabajo, las cuales se definieron como la sección El Pao ubicada en el estado Cojedes, donde se realizó un análisis petrográfico cuantitativo a un total de 35 muestras de areniscas y la sección Valle Morín ubicada en el estado Aragua, donde se realizó un análisis similar igualmente a 35 muestras.

3.2 SECCIÓN EL PAO

Se levantaron tres secciones estratigráficas aflorantes PO, P1 y P2 (ver mapa geológico en Anexos) al noreste de El Pao, estado Cojedes. La sección PO comprende 71,8 m de espesor y corresponde al Miembro Mamonal de la Formación Guárico, mientras que las secciones P1 y P2 con espesores de 107,6 y 35,8 m respectivamente corresponden al *Flysch* clásico de la Formación Guárico.

Las secciones estudiadas poseen una orientación general promedio en sus capas N85°E 70°N, presentando polaridad normal, determinada a partir de la presencia de las únicas estructuras sedimentarias observadas en campo como huellas de carga.

En cuanto a los rasgos geomorfológicos, la zona exhibe una topografía baja con cerros orientados paralelamente al rumbo de las capas más resistentes y el drenaje también posee una tendencia a orientarse de acuerdo al rumbo de las estructuras.

Litológicamente la sección estratigráfica PO presenta una intercalación de areniscas de grano grueso a medio, conglomerados y lutitas, siendo las areniscas y los conglomerados los de mayor espesor aproximadamente entre 1-5 m (Figura 8), mientras que las areniscas de grano fino y las lutitas se concentran hacia el tope y la base de la columna.

Las areniscas de la sección PO, se clasificaron como grauwacas líticas a grauwacas feldespáticas según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972), con porcentajes de feldespatos que varían entre 10-30%, el contenido de cuarzo varía entre 15-35%, y el de fragmentos de roca, mayoritariamente representados por fragmentos de rocas volcánicas, *chert* y fragmentos de rocas metamórficas, entre 10-25%. El cemento y la matriz están constituidos por minerales de arcilla (Figuras 9 y 10).



Figura 8. Sección PO El Pao, se observa una alternancia de conglomerados y areniscas, presentando un espesor aproximado entre 1-5 m.

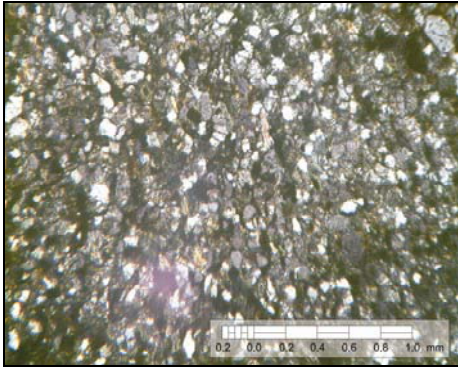


Figura 9. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-1-B objetivo 4X. El cemento y la matriz están constituidos por minerales de arcilla.

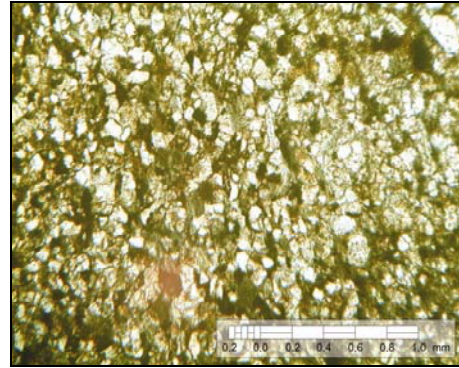


Figura 10. Fotomicrografía (NP) de la sección fina PO-1-B objetivo 4X. El cemento y la matriz están constituidos por minerales de arcilla.

Los conglomerados y areniscas de grano grueso, que se encuentran hacia el tope del afloramiento PO presentan mal escogimiento y redondez subangular. Las figuras 11 y 12 corresponden a areniscas del tope de la columna, nótese que el tamaño de grano y proporción de fragmentos de roca, feldespato y mica va en aumento hacia el tope de la sección.

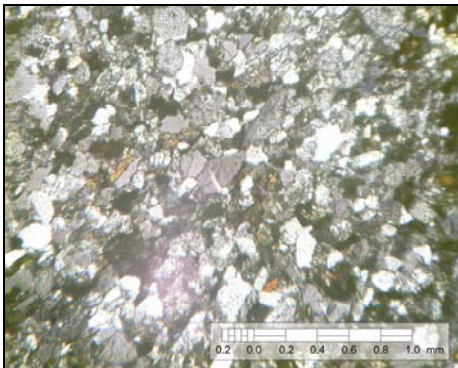


Figura 11. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-7-C objetivo 4X. Areniscas de grano grueso hacia el tope presentan mal escogimiento y textura subangular.

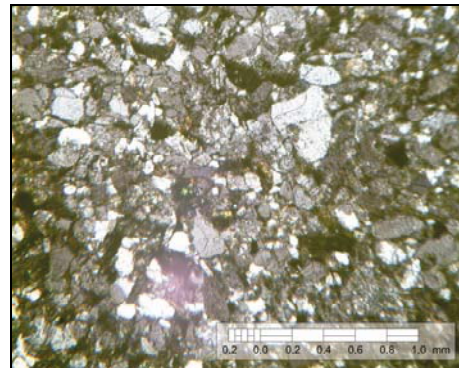


Figura 12. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-9-D objetivo 4X. Areniscas de grano grueso hacia el tope presentan mal escogimiento y textura subangular.

Con respecto a la sección P1, esta se caracteriza por presentar una alternancia rítmica de areniscas de grano fino a medio y lutitas, con espesores máximos de 50 cm, en muestra de mano; las areniscas son de color marrón claro a oscuro, meteorizando a marrón rojizo; las lutitas presentan un color gris oscuro a pardo, meteorizando a gris claro. Las estructuras sedimentarias presentes corresponden a huellas de carga, las cuales son muy escasas en el afloramiento. (Figura 13).

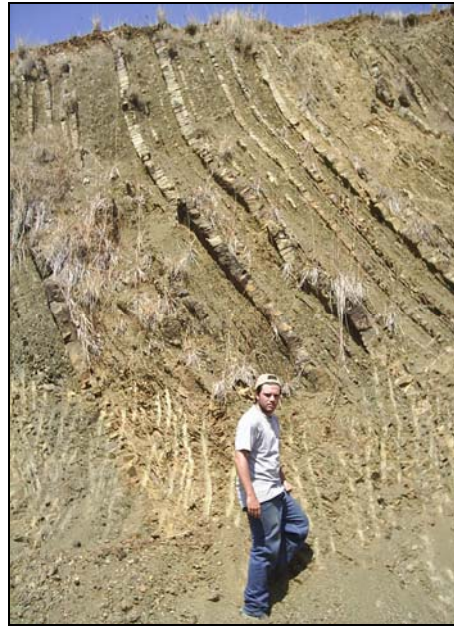


Figura 13. Sección P1 El Pao, se observa una alternancia rítmica de areniscas de grano fino a medio y lutitas, con espesores máximos de 50 cm.

En esta sección se puede observar que el porcentaje de areniscas es mayor entre los 5 -25 m, disminuyendo entre los 25-60 m hasta aumentar nuevamente a partir de los 60 m (Figura 14). Entre los 0 y 30 m de la columna y hacia el tope las areniscas son de grano medio, con escogimiento moderado y redondez subangular a subredondeada. Entre los 30-60 m de espesor de la columna, las areniscas son de grano medio a grueso.



Figura 14. Foto panorámica del afloramiento P1 sección El Pao.

Las areniscas presentes en esta sección según la clasificación de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972), corresponden a unas arenitas líticas hacia la base de la sección y grawacas líticas hacia el tope de misma, con porcentajes de feldespatos entre 5-30%, el contenido de cuarzo varía entre 15-50%, y el de fragmentos de roca, mayoritariamente de fragmentos de rocas volcánicas, entre 5-20%. El cemento y la matriz están constituidos por minerales de arcilla, predominando la matriz como el soporte de estas rocas.

En la muestra de la figura 16, se puede observar que el tamaño de grano es mayor al observado en la muestra de la figura 15, la redondez es de tipo subangular a subredondeada, con un mayor porcentaje de fragmentos de roca, feldespato y mica, notándose que alrededor de los fragmentos de roca y mica existe una alteración a minerales de arcilla que pasan a formar parte del cemento y la matriz de la roca.



Figura 15. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P1-A objetivo 4X. Granos de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas se presentan redondeados a subredondeados.

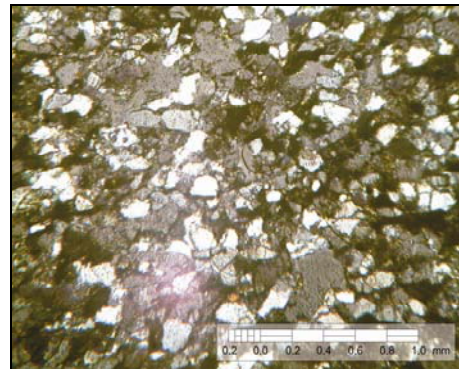


Figura 16. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P1-F objetivo 4X. El tamaño de grano es mayor a los de la figura anterior, la textura es a su vez subangular a subredondeada.

La sección P2, se caracteriza por presentar areniscas extremadamente masivas y lutitas, las areniscas presentan un tipo de meteorización en forma esferoidal, producto de halos de meteorización que generan este tipo morfología asociada a la percolación de fluidos a través de sistemas de diaclasamiento ortogonales en la formación (Figura 17).



Figura 17. La sección P2 El Pao, se caracteriza por presentar arenas y lentes conglomeráticos con cantos de areniscas extremadamente masivos.

El espesor correspondiente a la litología presente en la sección es de 6 m. Las areniscas presentan un tamaño de grano fino a medio, observándose un color de meteorización marrón a ocre y un color fresco marrón claro, en cuanto a los lentes de arenisca conglomerática se pudo observar una tonalidad verde oliva en la superficie meteorizada y un color fresco gris claro.

Las areniscas presentes en esta sección, según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972), corresponden a arenitas líticas, con porcentajes de feldespatos menores al 17%, contenido de cuarzo que varía entre 30-50%, y fragmentos de roca, mayoritariamente fragmentos de rocas volcánicas, entre 9-15%. El cemento que se observa es producto del sobrecrecimiento de cuarzo y la matriz es prácticamente nula. Además de presentar mal escogimiento y una redondez angular (Figuras 18 y 19).

En la figura 20 se observa la clasificación de las areniscas de la sección El Pao, según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972).

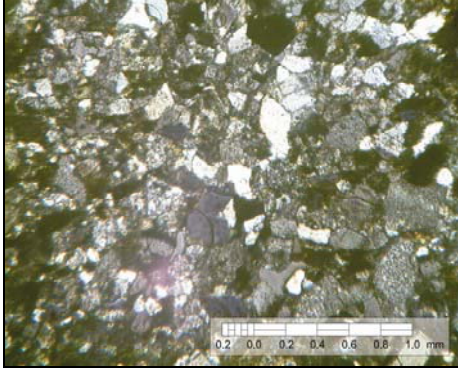


Figura 18. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO2-A objetivo 4X. Se observa mal escogimiento y redondez angular.



Figura 19. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO2-A objetivo 10X. Se observan fragmentos de roca y feldespatos



Figura 20. Triángulo de clasificación de areniscas de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972). Sección El Pao.

3.3 SECCIÓN VALLE MORÍN

Se realizó un levantamiento en la quebrada Camatagüita ubicada a 2 km de la población de Valle Morín, municipio San Casimiro, estado Aragua; está compuesta por las facies *flysch* típica de la Formación Guárico, definida formalmente con el nombre Miembro Los Cajones, constituida de lutitas, lutitas calcáreas, areniscas y conglomerados; esta sección comprende aproximadamente unos 780 m de espesor (Figura 21).

Los rasgos geomorfológicos que exhibe esta zona, son de un tipo topografía donde se observan importantes desniveles topográficos, marcados por montañas de topes redondeados y pendientes muy abruptas que se ubican entre los 600 y 800 m con tendencia a orientarse al rumbo de las capas más resistentes; el drenaje entallado posee también una disposición a orientarse de acuerdo al rumbo de las estructuras, en cuanto a la vegetación es marcada por ser típica de selva.



Figura 21. Facies *flysch* típica de la Formación Guárico, ubicada en la parte media de la sección Valle Morín.

A nivel litológico se observa una alternancia rítmica y monótona de areniscas y lutitas, con un nivel conglomerático en la parte basal de la sección en contacto directo con la Formación San Antonio; las numerosas capas de lutitas y las lutitas calcáreas no exhiben diferencia alguna, excepto en su matriz composicional, las tonalidades observadas para este

tipo de roca es de color fresco gris claro y meteorizado gris oscuro a marrón, con espesores que varían de 2-10 cm.

Por otra parte, las areniscas duras observadas en esta sección son de color fresco gris claro a verde oliva y meteorizado gris oscuro con vetas y vetillas de cuarzo que rellenan muchas de las fracturas que cortan a las capas en un ángulo perpendicular a la estratificación, los espesores de estas capas varían de 15 cm a 100 cm (Figura 22).



Figura 22. Se observan areniscas con vetas y vetillas de cuarzo que rellenan las fracturas que cortan a las capas en un ángulo perpendicular a la estratificación, ubicada en la parte basal de la sección Valle Morín.

En cuanto a la descripción petrográfica y la clasificación propuesta para areniscas terrígenas por PETTIJOHN, POTTER y SIEVER (1972) (Figura 23), se clasificaron sublitarenitas hacia la base de la sección y arenitas líticas hacia el tope de la misma con porcentajes de feldespatos que varían entre 0-42%, el contenido de cuarzo entre 39-91%, y el de fragmentos de roca, mayoritariamente de fragmentos de rocas volcánicas y metamórficas, entre 8-55%.

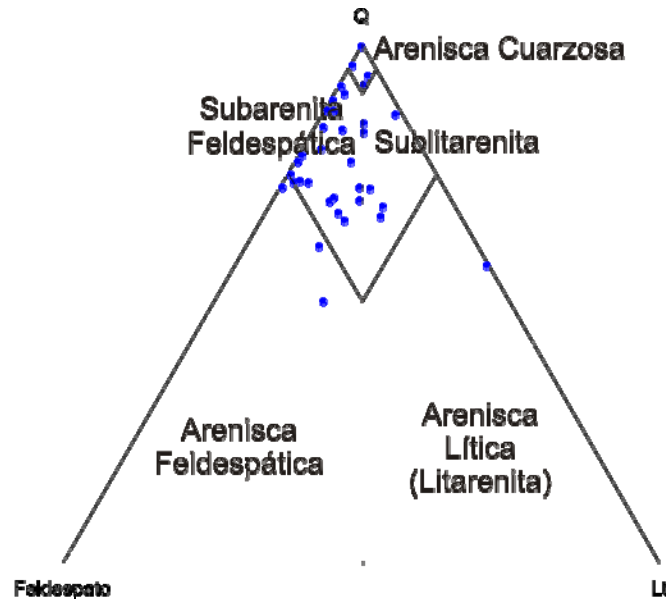


Figura 23. Triángulo de clasificación de areniscas de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972). Sección Valle Morín.

La matriz es de color marrón claro a gris, compuestas principalmente de lodo arcilloso (Figura 25); además se observa cuarzo monocristalino y policristalino relleno numerosas vetas y vetillas (Figura 24).

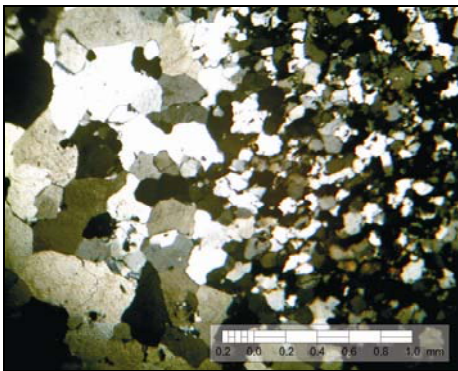


Figura 24. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-22 objetivo 4X. Cuarzo monocristalino y policristalino relleno numerosas vetas y vetillas.

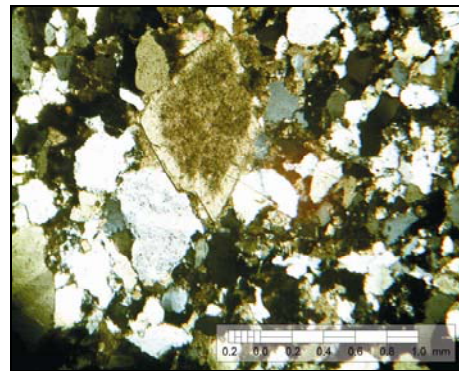


Figura 25. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-29 objetivo 4X. Plagioclasa zonada presentando una alteración a minerales de arcilla.

4 ANÁLISIS PETROGRÁFICO

4.1 GENERALIDADES

El análisis petrográfico consistió en un estudio cuantitativo de tipo modal a un total de 70 muestras, de las cuales 35 muestras pertenecen a la sección definida como El Pao e igualmente 35 muestras pertenecientes a la sección Valle Morín.

El análisis petrográfico modal cuantitativo se realizó según lo planteado y fundamentado en YORIS (1984, 1989) donde se siguen los siguientes pasos metodológicos:

Se realizó un conteo ordenado de forma reticular de 300 puntos y no menor a 250 puntos, donde los datos obtenidos fueron registrados en planillas donde se especifican las variables mineralógicas, el ocular con que se tomó la medición, el objetivo y los diámetros mayores y menores de cada grano (Ver anexos).

Luego de culminar el análisis petrográfico se vació toda la información en el programa ANÁLISIS MODAL, el cual es una actualización y reprogramación del programa MODALMUN.BAS elaborado por YORIS (1992) y se construyó una base de datos para cada sección con los resultados arrojados por este programa (Ver anexos).

El programa ANÁLISIS MODAL arroja matrices granulométricas y composicionales en función del área y del porcentaje en peso, utilizando la densidad de cada variable.

Por otra parte, este programa también calcula los porcentajes en función del área de las partículas, que posteriormente fueron utilizados para construir los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972), el índice de polimodalidad de YORIS (1992), los parámetros de FOLK Y WARD (1957) y los momentos de KRUMBEIN Y PETTIJOHN (1938).

4.2 COMPONENTES DETRÍTICOS PRINCIPALES

4.2.1 CUARZO MONOCRISTALINO

El cuarzo monocristalino se divide en 2 distintas variables, *cuarzo monocristalino de extinción recta* (variable 5), la cual posee una extinción menor a 5° , y *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria* (variable 6), la cual posee una extinción mayor a 5° .

Según YORIS (1984), el cuarzo monocristalino de extinción recta, a veces de contorno euhedral y con “bahías” de asimilación, por lo general se ha asociado en la literatura a un origen volcánico ya que el cuarzo ígneo plutónico no suele presentar una extinción recta y junto con el tipo de inclusiones podría ser un criterio válido para diferenciarlos.

El cuarzo de origen metamórfico, generalmente se asocia a aquellos que presentan una extinción ondulatoria independientemente del tipo de cuarzo que sea (Figura 26). Se sabe que los procesos de deformación y compactación que acompañan a la diagénesis generalmente producen texturas acompañadas de una extinción ondulatoria mayor a 5° , por lo que es recomendable interpretar la textura que rodea al grano. La extinción y las inclusiones que presenta el grano son de mucha ayuda a la hora de identificar la procedencia para el caso ígneo (Figura 27).

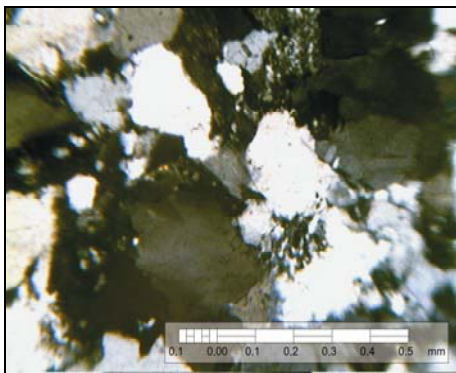


Figura 26. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-33 objetivo 10X. Cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria.

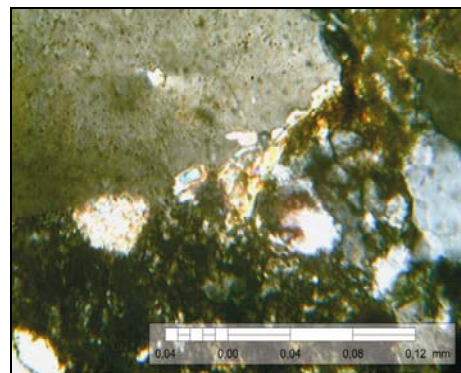


Figura 27. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-2-B objetivo 40X. Inclusiones de mica en cuarzo.

La presencia de *cuarzo monocristalino de extinción recta* en la sección El Pao se observa muy variable, manteniendo un patrón “cíclico”, aumentando y disminuyendo a lo largo de la sección en un rango no mayor al 20% excepto hacia el tope donde se aprecia cierto aumento (Figura 28) Se puede apreciar en la figura 29 que la variable *cuarzo monocristalino de extinción recta* es la más abundante con un porcentaje promedio de 11,26% en relación al total de la población. En el caso de la variable *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria* representa el 7,29% del total de la población y se presenta mayormente uniforme, sin embargo se observa una notable disminución hacia la parte media de la sección. Con respecto a la variación en el diámetro promedio para estas variables, el *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria* presenta un valor de 1,76 mm, mientras que para el *cuarzo monocristalino de extinción recta* el valor fue de 2,92 mm (Figura 30).

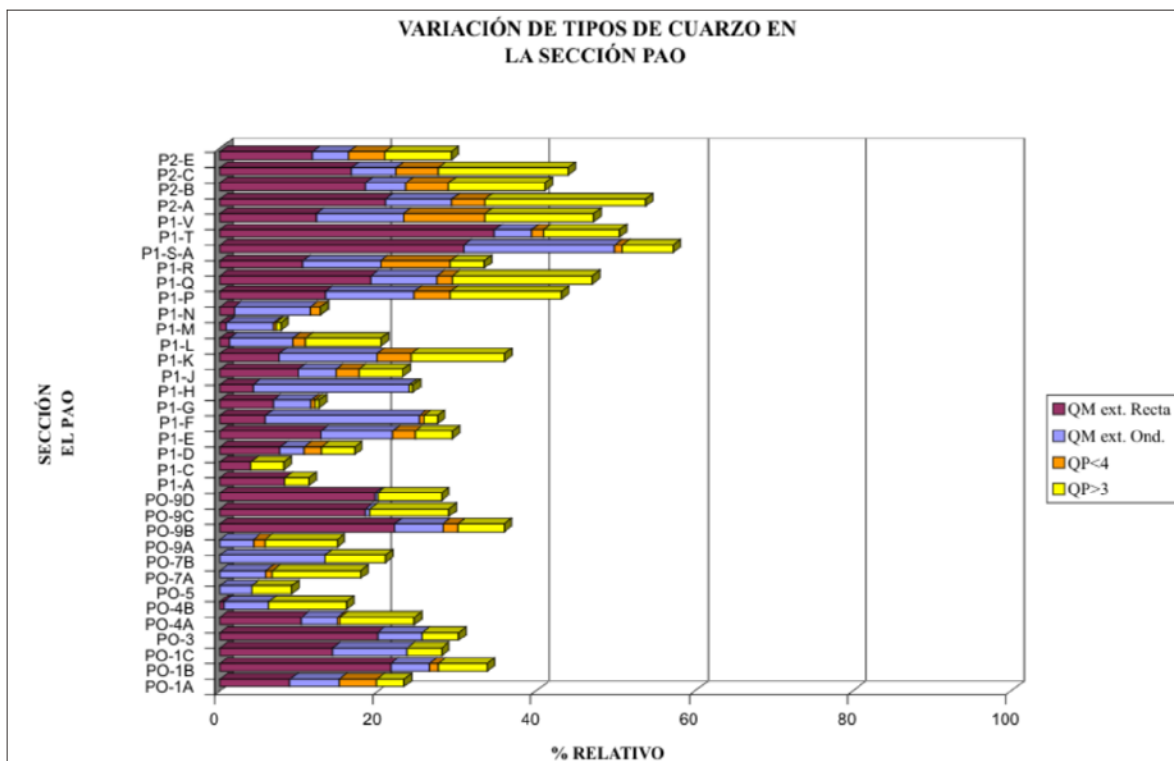


Figura 28. Variación en porcentaje de los distintos tipos de cuarzo presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

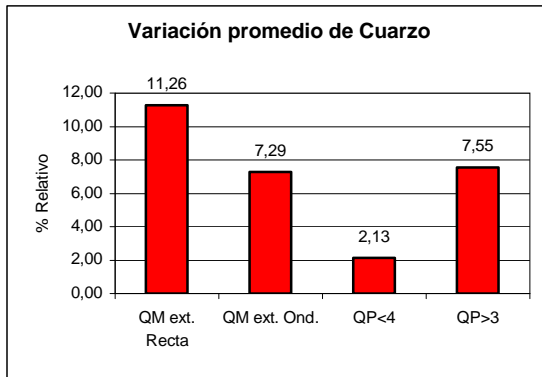


Figura 29. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de cuarzo en la sección El Pao.

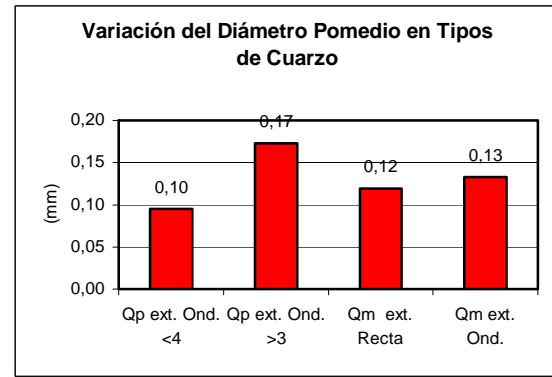


Figura 30. Variación del diámetro promedio de los distintos tipos de cuarzo en la sección El Pao.

En el caso de la sección Valle Morín, la variable *cuarzo monocristalino de extinción recta* se observa mucho más uniforme que en la sección El Pao y tendiendo a aumentar en cantidad hacia el tope, mientras que la variable *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria*, se presenta muy variada a lo largo de la sección, presentando altas y bajas en el porcentaje total de la población, llegando incluso a desaparecer en algunos puntos, sin embargo se hace un poco más uniforme hacia el tope (Figura 31).

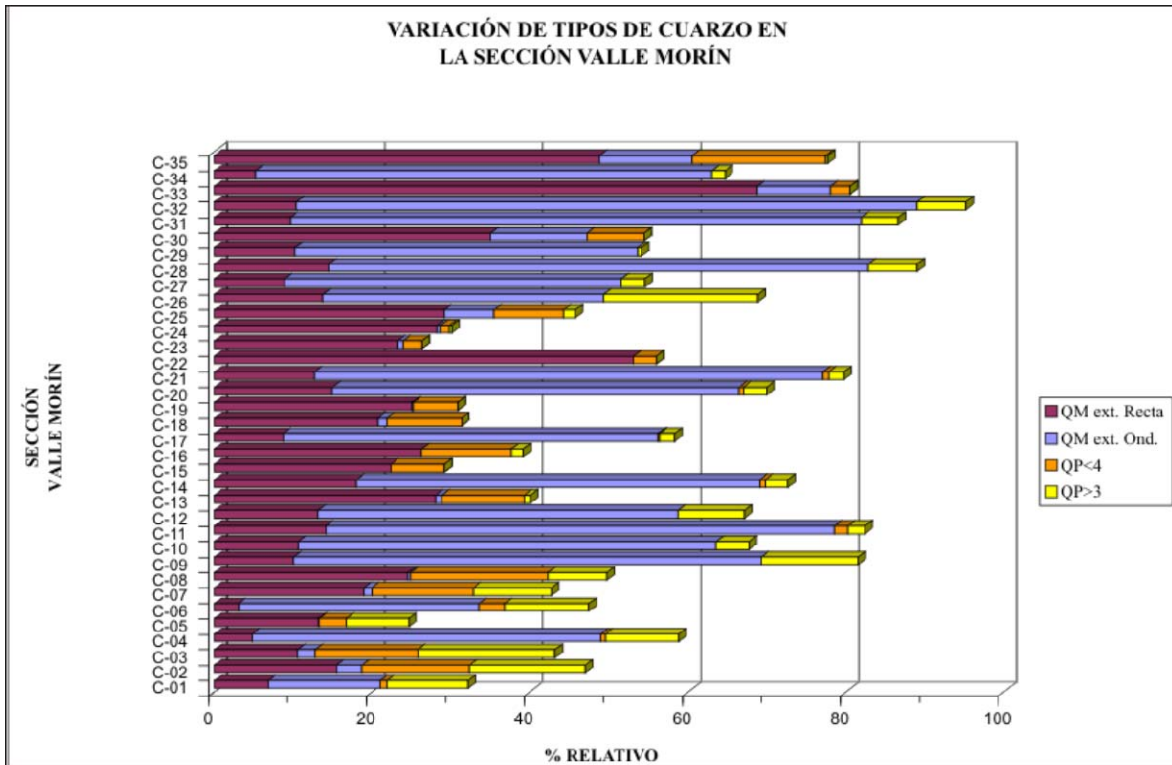


Figura 31. Variación en porcentaje de los distintos tipos de cuarzo presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

La variable más abundante en esta sección, a diferencia de la sección El Pao, fue la de *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria*, representando un 27,81% del total de la población, mientras la variable *cuarzo monocristalino de extinción recta* representó el 19,49% (Figura 32) En cuanto a la variación del diámetro promedio, se apreció cierta uniformidad entre el *cuarzo monocristalino de extinción recta* y el *cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria* (Figura 33) obteniéndose unos valores de 0,17 mm y 0,15 mm respectivamente

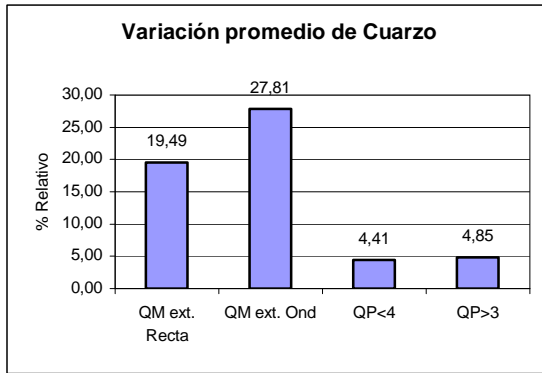


Figura 32. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de cuarzo en la sección Valle Morín.

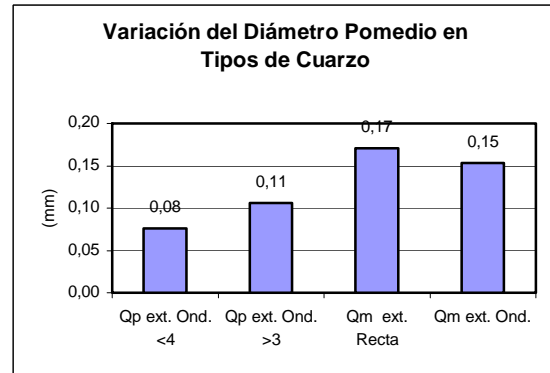


Figura 33. Variación del diámetro promedio de los distintos tipos de cuarzo en la sección Valle Morín.

En las figuras 34 y 35 se pueden observar la presencia de cuarzos monocristalino y policristalinos de extinción ondulatoria.

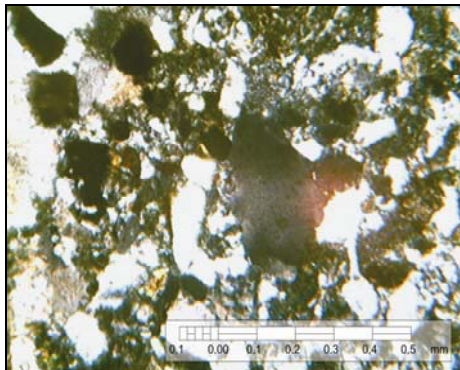


Figura 34. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-B objetivo 10X. Cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria.

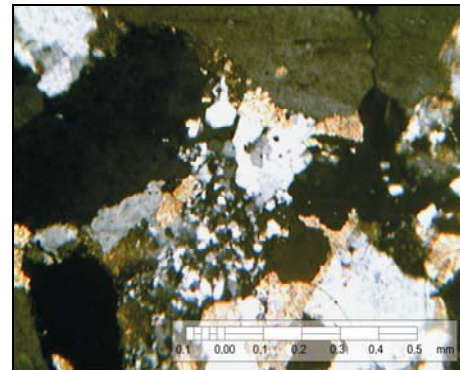


Figura 35. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-15 objetivo 10X. Cuarzo policristalino de extinción ondulatoria.

4.2.2 CUARZO POLICRISTALINO

El cuarzo policristalino es aquel que presenta más de un cristal de cuarzo en un grano y según las variables propuestas por YORIS (1992) se dividen de la siguiente manera:

Variable 1: *Cuarzo policristalino con menos de 4 granos d extinción recta*

Variable 2: *Cuarzo policristalino con menos de 4 granos de extinción ondulatoria*

Variable 3: *Cuarzo policristalino con más de 3 granos de extinción recta*

Variable 4: *Cuarzo policristalino con más de 3 granos de extinción ondulatoria*

La aparición de las variables 1 y 3, correspondientes a cuarzos policristalinos de extinción recta, fue escasa para ambas secciones, y esto permite inferir que existe un aporte significativo proveniente de terrenos metamórficos.

En la sección El Pao, el *cuarzo policristalino de extinción ondulatoria* se presenta uniforme hacia la parte basal, en un rango aproximado no mayor al 12%, mientras que hacia la parte media disminuye considerablemente, sin embargo hacia la parte del tope aumenta llegando a superar en algunos casos el 20% en relación a la población total (Figura 28). Por otro lado en la sección Valle Morín el porcentaje de esta variable disminuye de base a tope, presentando valores entre 15 y 25 % hacia la base y de 2 y 5% hacia el tope (Figura 31).

En la figura 29 se puede observar que en la sección El Pao el porcentaje de la variable *cuarzo policristalino > 3 granos* es mayor que el de la variable *cuarzo policristalino < 4 granos* obteniendo unos valores de 7,55% y 2,13% respectivamente.

Para la sección Valle Morín la diferencia entre ambas variables se estrecha, presentando valores de 4,85% y 4,41% (Figura 32).

Es de hacer notar que el aporte de cuarzo policristalino es un poco mayor en la sección El Pao en comparación con la sección Valle Morín.

Con respecto al diámetro promedio para las variables 2 y 4 en la sección El Pao, resultaron con unos valores de 0,21 y 0,46 mm y en la sección Valle Morín unos valores de 0,11 y 0,08 mm respectivamente (Figuras 30 y 33).

4.2.3 FELDESPATOS

Los feldespatos constituyen aproximadamente el 60% de los silicatos presentes en la corteza terrestre, siendo por esto los más abundantes y según las variables propuestas por YORIS (1992) se dividen de la siguiente manera:

Variable 7: *Plagioclasa*

Variable 8: *Feldespato Potásico*

Variable 9: *Feldespato Indeterminado (alterado)*

Para la sección El Pao, el grupo de los feldespatos presenta los mayores porcentajes hacia la parte media de la sección y se puede observar que la aparición del *feldespato indeterminado (alterado)* es mayor con respecto al *feldespato potásico* y la *plagioclasa* en esta parte de la columna, sin embargo llega a ser casi nulo hacia el tope de la misma (Figura 36).

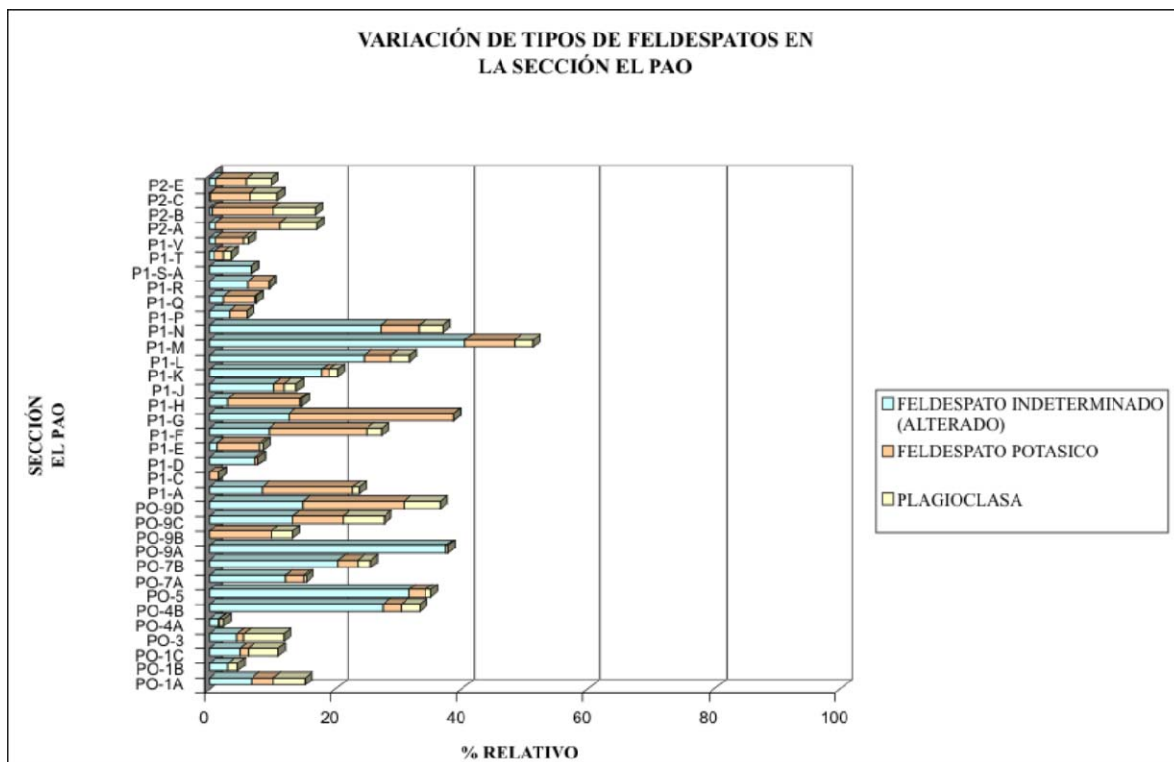


Figura 36. Variación en porcentaje de los distintos tipos de feldespatos presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

Los gráficos de porcentaje promedio indican que la variable más abundante en esta sección es el *feldespato indeterminado (alterado)*, el cual presenta un valor de 10,32% en relación al total de la población. El *feldespato potásico* presenta un valor de 5,61% y le sigue la *plagioclasa* con un 2,30% (Figura 37). El hecho de que la variable 9 presente el valor más alto entre los tipos de feldespatos puede indicar el alto estado de alteración diagenética que ha sufrido la sección. En las figuras 38 y 39 se muestran algunos ejemplos.

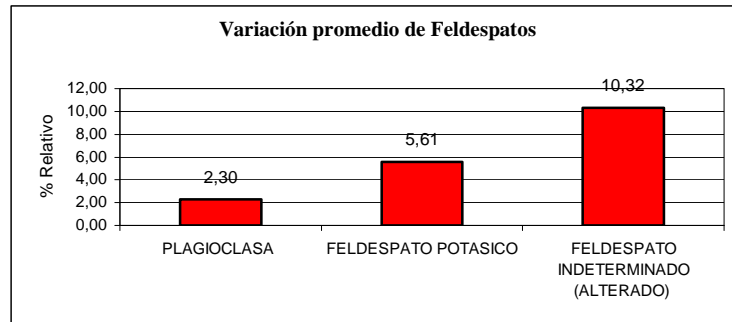


Figura 37. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de feldespatos en la sección El Pao.

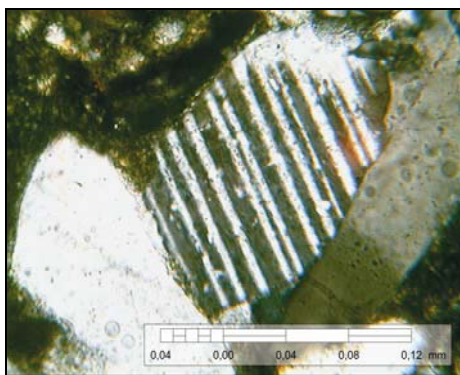


Figura 38. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-2-B objetivo 40X. Plagioclasa.

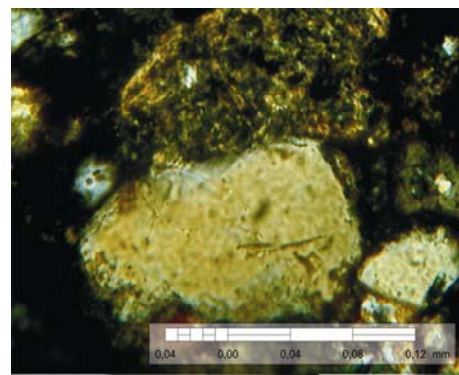


Figura 39. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P1-B objetivo 40X. Ortosa.

La variable *feldespato indeterminado (alterado)* presenta un valor de porcentaje promedio de 3,78%, siendo esta la más abundante de las variables pertenecientes al grupo de los feldespatos, inmediatamente la siguen las variables *feldespato potásico* y *plagioclasa* con valores de 1,01% y 0,09% respectivamente (Figura 41).

Se puede apreciar que en esta sección, los porcentajes promedio de feldespatos son menores a los porcentajes promedio obtenidos para la sección El Pao y adicionalmente es de notar que la variable *plagioclasa* en esta sección prácticamente alcanza un valor similar a la variable *feldespato potásico*, que en la sección El Pao presento un valor promedio mayor que la variable 7.

En las figuras 42 y 43 se pueden observar algunos ejemplos de estos feldespatos.

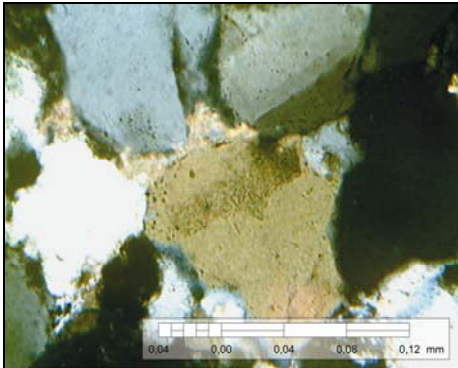


Figura 42. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-28 objetivo 40X. Feldespato indeterminado (alterado).

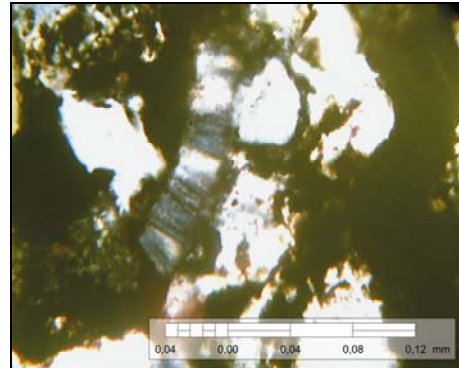


Figura 43. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-14 objetivo 40X. Plagioclasa.

4.2.4 FRAGMENTOS DE ROCA

Las variables propuestas por YORIS (1992) para los fragmentos de roca y utilizadas en este estudio se dividen de la siguiente manera:

Variable 10: *Fragmentos de lutitas y limolitas arcillosas*

Variable 11: *Fragmentos volcánicos no metamórficos*

Variable 12: *Fragmentos de esquistos y/o filitas*

Variable 13: *Fragmentos de gneises y/o metamórficas no foliadas*

Variable 14: *Fragmentos de rocas ígneas félsicas*

Variable 15: *Fragmentos de rocas ígneas máficas*

Variable 17: *Fragmentos de ftanita y/o meta-ftanita*

Variable 71: *Fragmentos volcánicos metamórficos*

Variable 74: *Fragmentos de arenisca arcillosa*

La variación de fragmentos de roca en la sección El Pao tal y como se muestra en figura 44, los porcentajes de *fragmentos de ftanita y/o meta-ftanita* se presentan variables a lo largo de la sección haciéndose más uniformes hacia el *tope* de la columna. Los porcentajes de *fragmentos volcánicos no metamórficos* también se muestran variables aunque se hacen más uniformes hacia la base y el *tope* alcanzando valores entre 5 y 12%, sin embargo la muestra PO-4-A perteneciente a la base alcanza el valor de 32,8%. Por su parte los valores pertenecientes a las variables *fragmentos de arenisca arcillosa* y *fragmentos de lutitas y limolitas arcillosas*, se observan algo inconstantes e incluso son casi nulos hacia el *tope* de la sección. Los valores correspondientes a las variables de fragmentos ígneos y fragmentos metamórficos, son los más variables e inconstantes a lo largo de la sección, haciéndose relativamente imperceptible alguna tendencia clara.

La variable más abundante en este grupo son los *fragmentos de ftanita y/o meta-ftanita*, los cuales representan un 4,43% de la población total (Figura 45). Los *fragmentos volcánicos no metamórficos* y los *fragmentos de arenisca arcillosa* se ubican como la segunda y tercera variable en cantidad con valores de 3,47% y 2,08% respectivamente. Los *fragmentos de lutitas y limolitas arcillosas* arrojan un valor de 1,23%.

Por su parte el grupo de los fragmentos metamórficos e ígneos son los que presentan los menores valores, todos por debajo de 0,6%, alcanzando incluso la variable *fragmentos de rocas ígneas máficas* un valor de 0,06%.

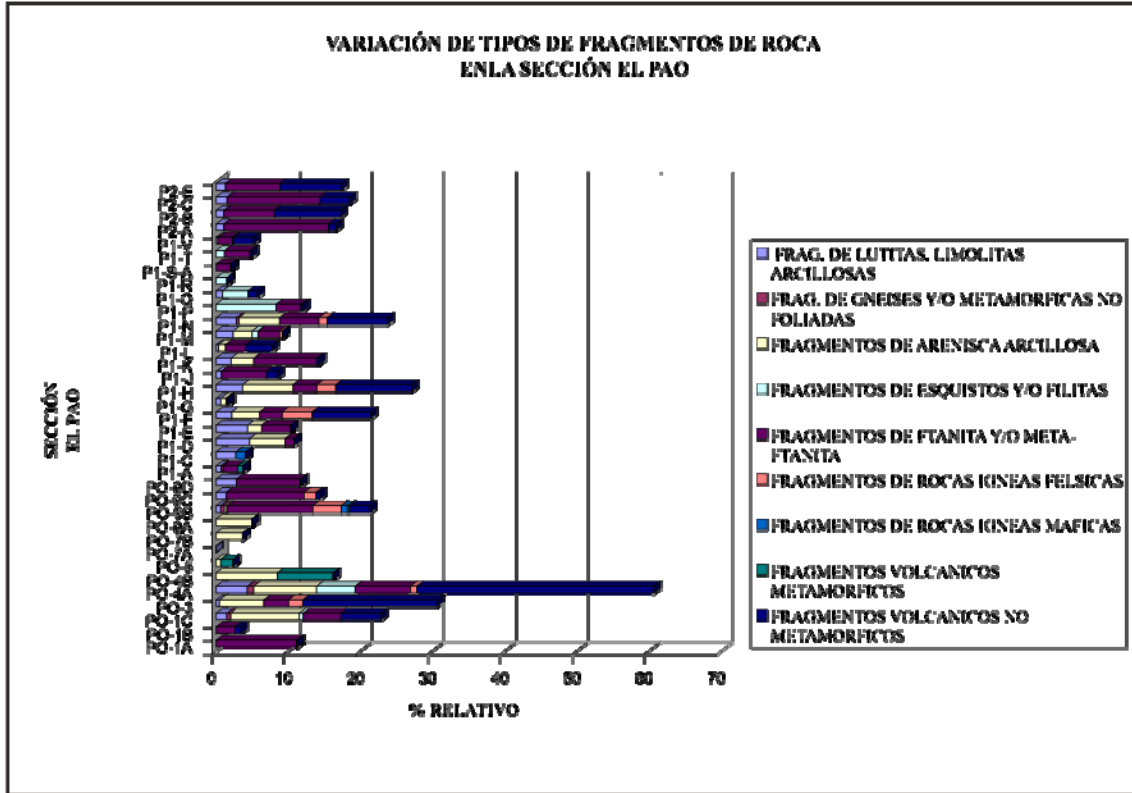


Figura 44. Variación en porcentaje de los distintos tipos de fragmentos de roca presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

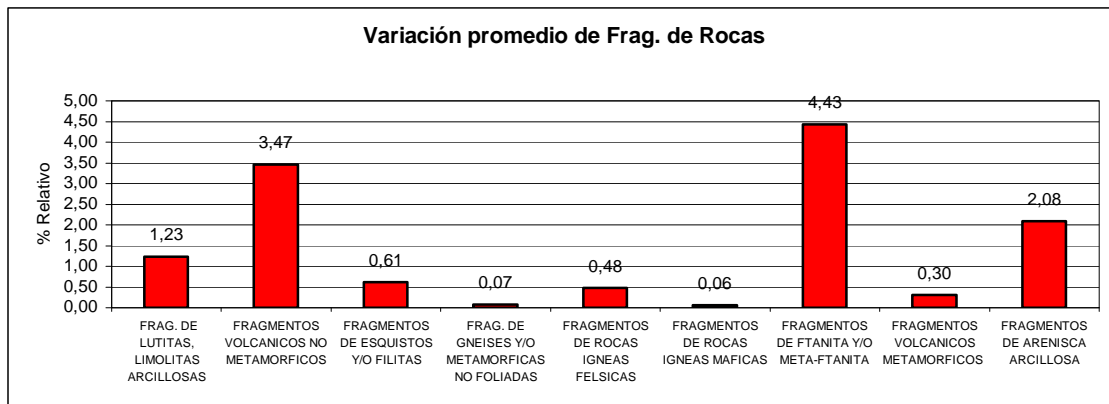


Figura 45. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de fragmentos de roca en la sección El Pao.

En la sección Valle Morín la variación de fragmentos de roca se muestra uniforme. Los fragmentos de *ftanita y/o meta-ftanita* oscilan entre el 5% y el 10% disminuyendo en abundancia hacia la parte media de la sección. Los *fragmentos de gneises y/o metamórficas no foliadas*, presentan en porcentaje promedio un patrón decreciente hacia el tope (Figura 47). En cuanto a los *fragmentos de areniscas arcillosas* se observa que se presentan hacia la parte media de la columna y varían entre el 2,5% y el 10%.

En el caso de los *fragmentos volcánicos no metamórficos* y los *fragmentos de esquistos y/o filitas*, varían decrecientemente hacia el tope, notándose un porcentaje mayor hacia la base cercano al 5% cada uno. La variación de los *fragmentos de rocas ígneas félsicas y máficas*, y de los *fragmentos de lutitas y limolitas arcillosas* es casi imperceptible presentando porcentajes menores a 0,08%.

Al igual que en la sección El Pao, la variable *fragmentos de ftanita y/o meta-ftanita* es la más abundante, representando un 3,66% en porcentaje del total de la población (Figura 46). Los *fragmentos de gneises y/o metamórficas no foliadas* y los *fragmentos de arenisca arcillosa* se ubican como la segunda y tercera variable en abundancia, con valores de 1,76% y 1,48% respectivamente. Por su parte los *fragmentos volcánicos metamórficos* y los *fragmentos de esquistos y/o filitas* presentan un valor de 1,05% cada uno, mientras que los *fragmentos de lutitas y limolitas arcillosas* arrojan un valor de 0,08% y los fragmentos ígneos no superan el 0,02%. Las figuras 48 y 49 muestran algunos ejemplos de los tipos de fragmentos de roca presentes en las secciones.

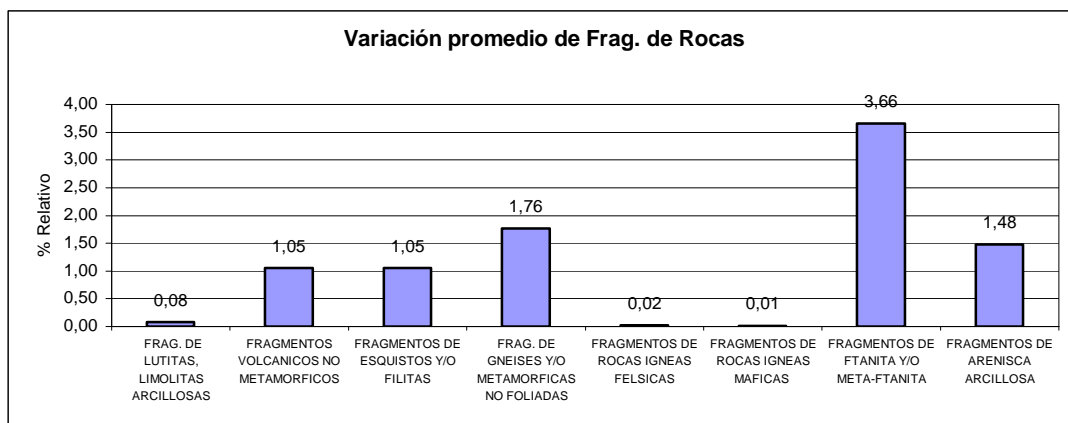


Figura 46. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de fragmentos de roca en la sección Valle Morín.

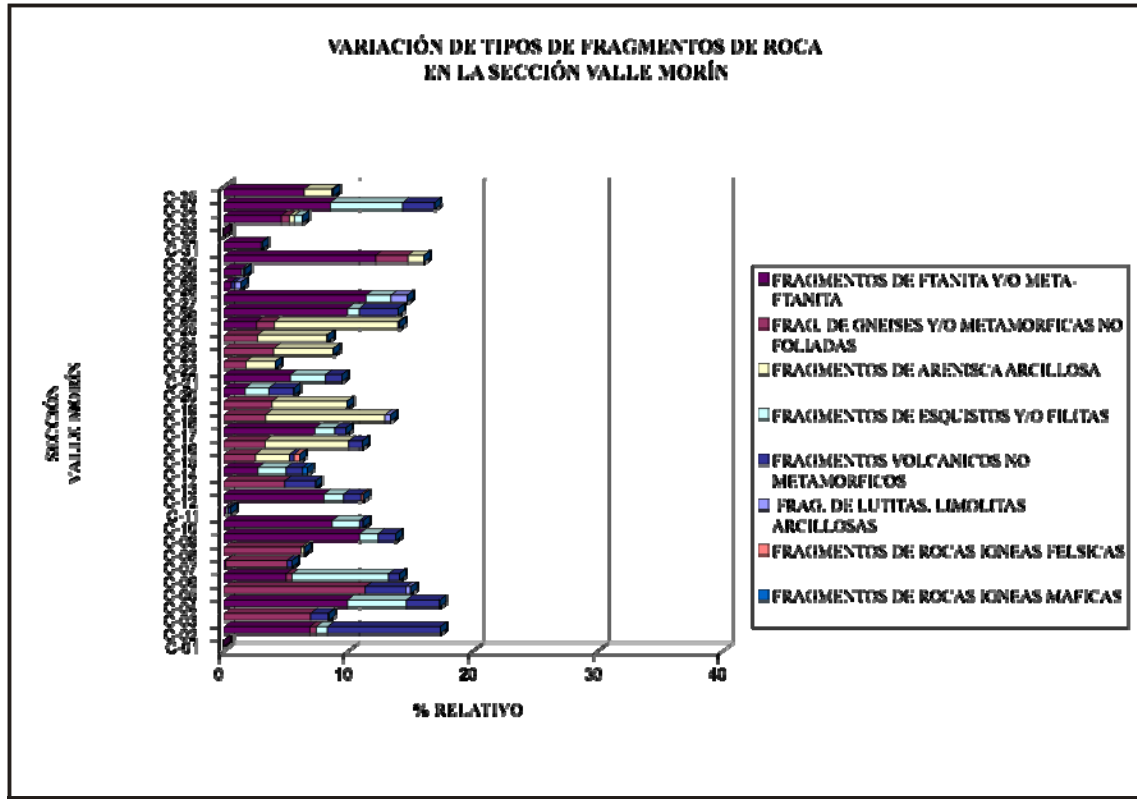


Figura 47. Variación en porcentaje de los distintos tipos de fragmentos de roca presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

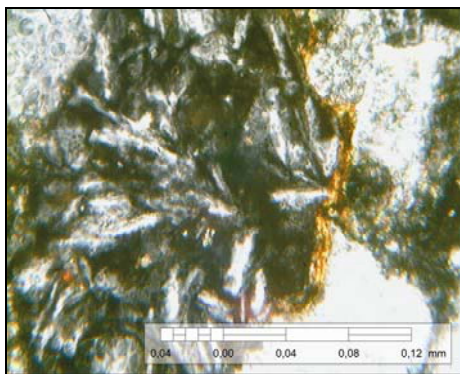


Figura 48. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-D objetivo 40X. Fragmento de roca volcánica.



Figura 49. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-09 objetivo 40X. Fragmento de meta-ftanita o *Chert*.

4.2.5 MATRIZ ARCILLOSA

Las variables a estudiar en este grupo son:

Variable 41: *Illita*

Variable 42: *Illita/caolinita*

Variable 43: *Caolinita detrítica*

Variable 44: *Caolinita autigénica*

Variable 45: *Illita/smectita*

Variable 46: *Smectita*

Variable 69: *Seudomatriz arcillosa*

Variable 71: *Matriz limo/arcillosa indeterminada*

En la sección El Pao, el contenido de matriz arcillosa muestra una tendencia a concentrarse en la parte media de la sección (Figura 50) y disminuir hacia el tope y la base. Las variables más representativas de este grupo en la sección resultaron ser la *matriz arcillosa indeterminada* y la *seudomatriz arcillosa*, arrojando valores promedio de 12,12% y 5,2% del total de la población respectivamente. El resto de las variables correspondientes a matriz arcillosa no superan el 1,13% (Figura 51).

La variable más abundante resultó ser la *matriz limo-arcillosa indeterminada*, de la cual se presume tuvo un origen detrítico al presentarse, en algunos casos, en forma de fragmentos que presentan deformación debido a la compactación y recristalización. Las demás variables, compuestas por illita, smectita o caolinita, mayormente tienen su origen durante la diagénesis.

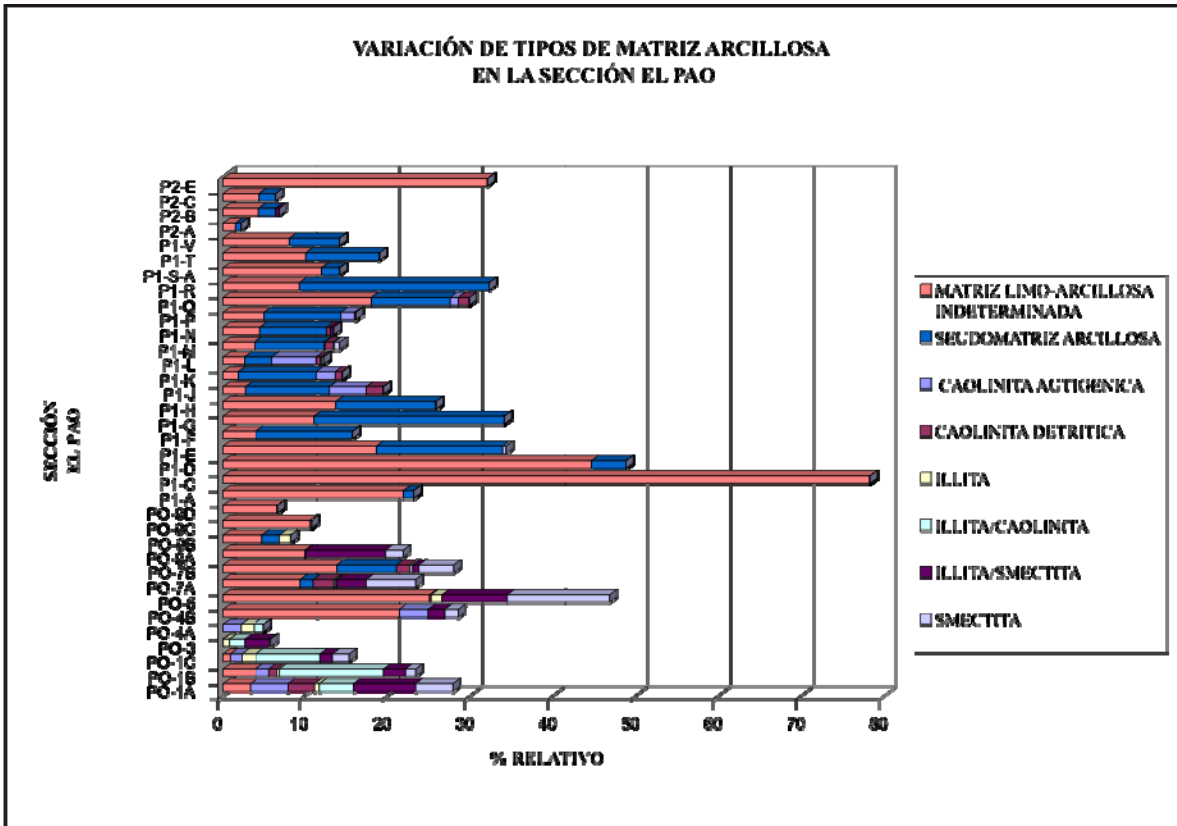


Figura 50. Variación en porcentaje de los distintos tipos de matriz arcillosa presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

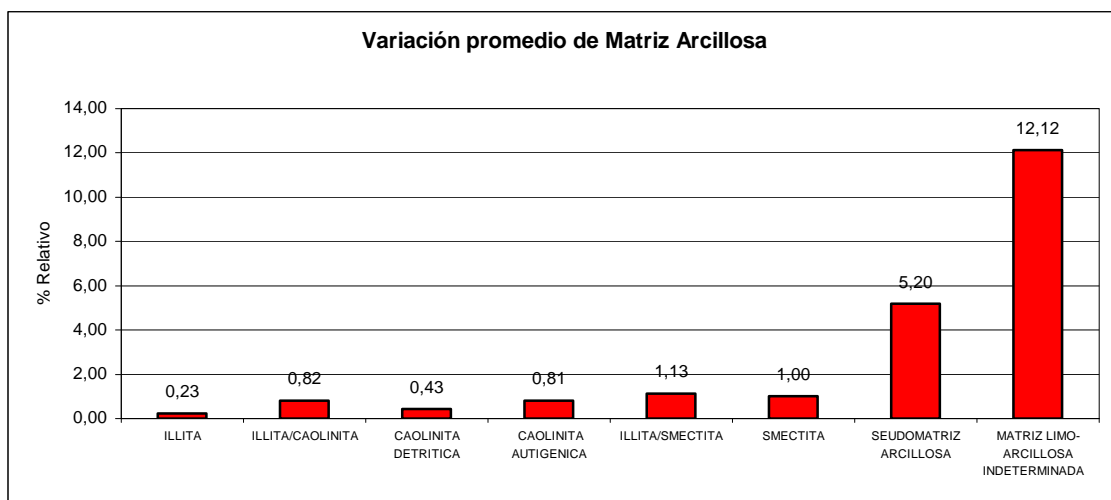


Figura 51. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de matriz arcillosa en la sección El Pao.

Por otra parte, en la sección Valle Morín, las únicas 2 variables identificadas en el grupo de la matriz arcillosa, fueron la *caolinita detrítica* y la *matriz arcillosa indeterminada* la cuales varían en porcentaje entre el 0% y el 10%, superando este rango hacia el tope y prácticamente desapareciendo hacia la base (Figura 52).

En esta sección se observa que a diferencia de la sección El Pao la variable *caolinita detrítica* es la más abundante con un valor promedio de 1,92% y la *matriz arcillosa indeterminada* le sigue con un valor de 1,83% (Figura 53).

Es importante destacar que este grupo alcanza casi el 20% del total de la población en la sección El Pao y prácticamente desaparece en la sección Valle Morín, no superando el 3% del total de la población.

En las figuras 54 y 55 se pueden observar algunos ejemplos de matriz arcillosa.

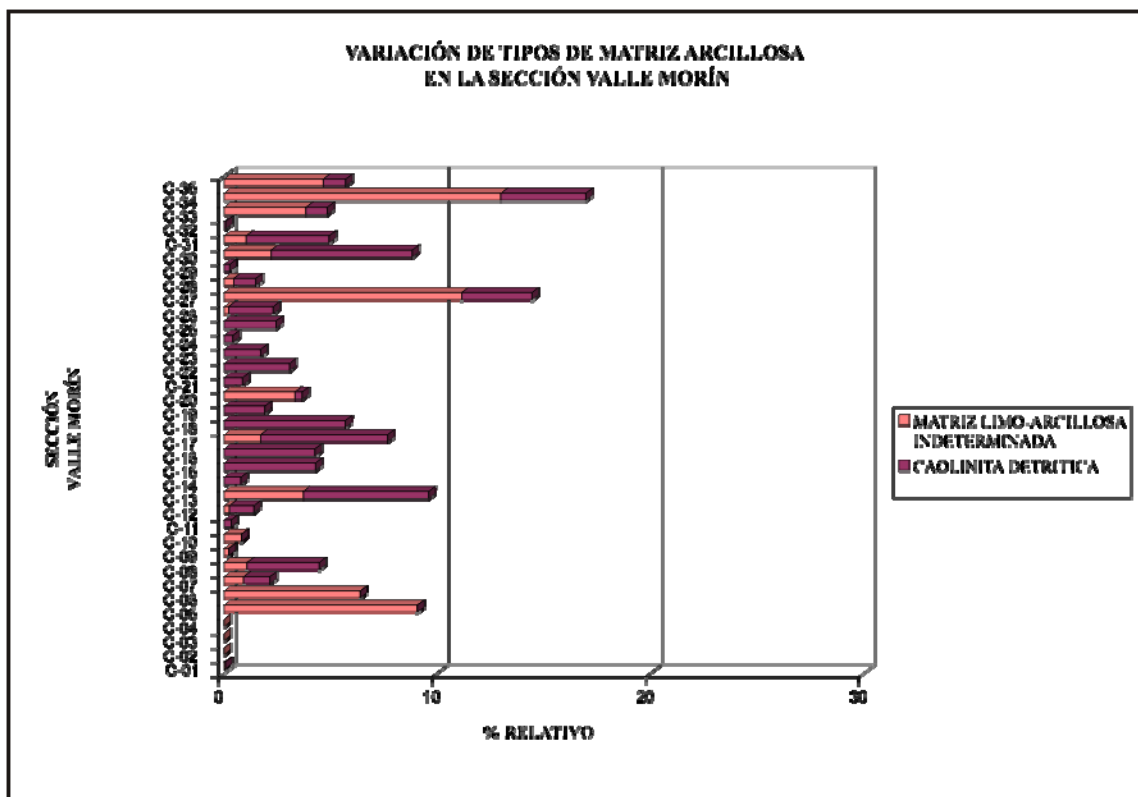


Figura 52. Variación en porcentaje de los distintos tipos de matriz arcillosa presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

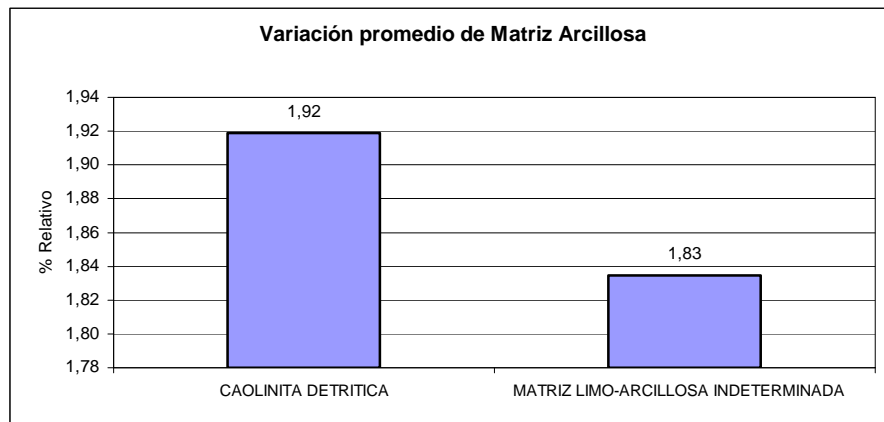


Figura 53. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de matriz arcillosa en la sección Valle Morín.

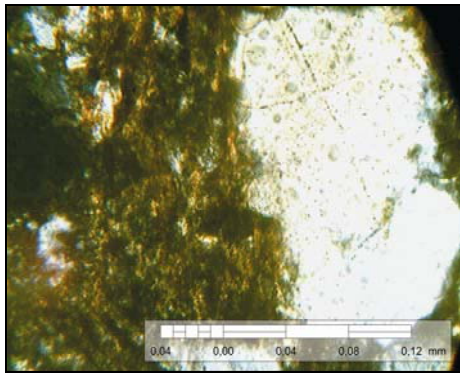


Figura 54. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P1-M objetivo 40X. Matriz limo-arcillosa indeterminada.

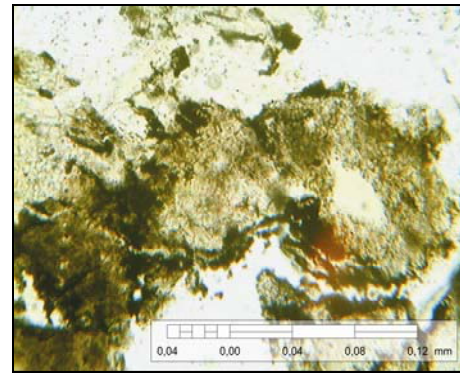


Figura 55. Fotomicrografía (NP) de la sección fina C-09 objetivo 40X. Caolinita en forma de matriz arcillosa.

4.2.6 CARBONATOS

Este grupo se divide en dos variables las cuales son:

Variable 47: *Calcita*

Variable 48: *Dolomita/siderita*

De estas dos variables la *calcita* es la más abundante en la sección El Pao, presentándose en la mayoría de los casos en forma de cemento, apareciendo uniformemente hacia el tope de la sección. Hacia la parte media y la base de la columna estas variables son prácticamente nulas y particularmente la variable *dolomita/siderita* que únicamente está presente en la muestra PO-9B en los niveles superiores de la base (Figura 58).

La variable *calcita* alcanza un valor de 0,45% del total de la población mientras que la variable *dolomita/siderita* apenas alcanza el 0,04% (Figura 59).

Se puede interpretar que la aparición de la calcita hacia el tope estaría relacionada a la alteración de feldespatos cálcicos.

Las figuras 56 y 57 muestran algunos ejemplos de carbonatos presentes en la sección.

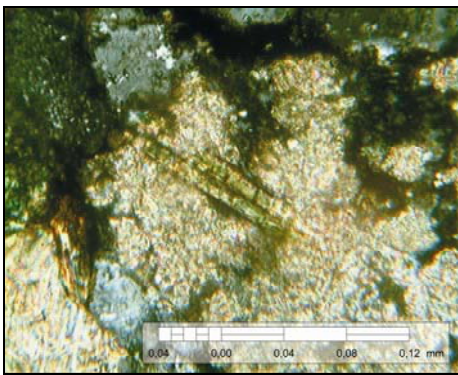


Figura 56. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-D objetivo 40X. Calcita en forma de matriz.

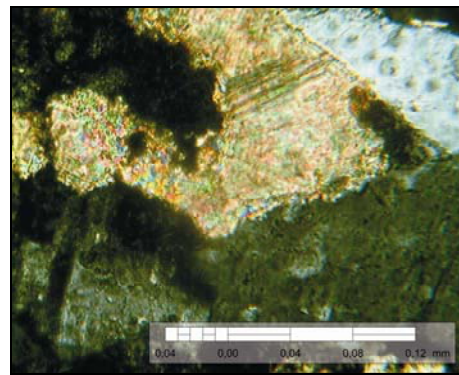


Figura 57. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-D objetivo 40X. Calcita en forma de cemento.

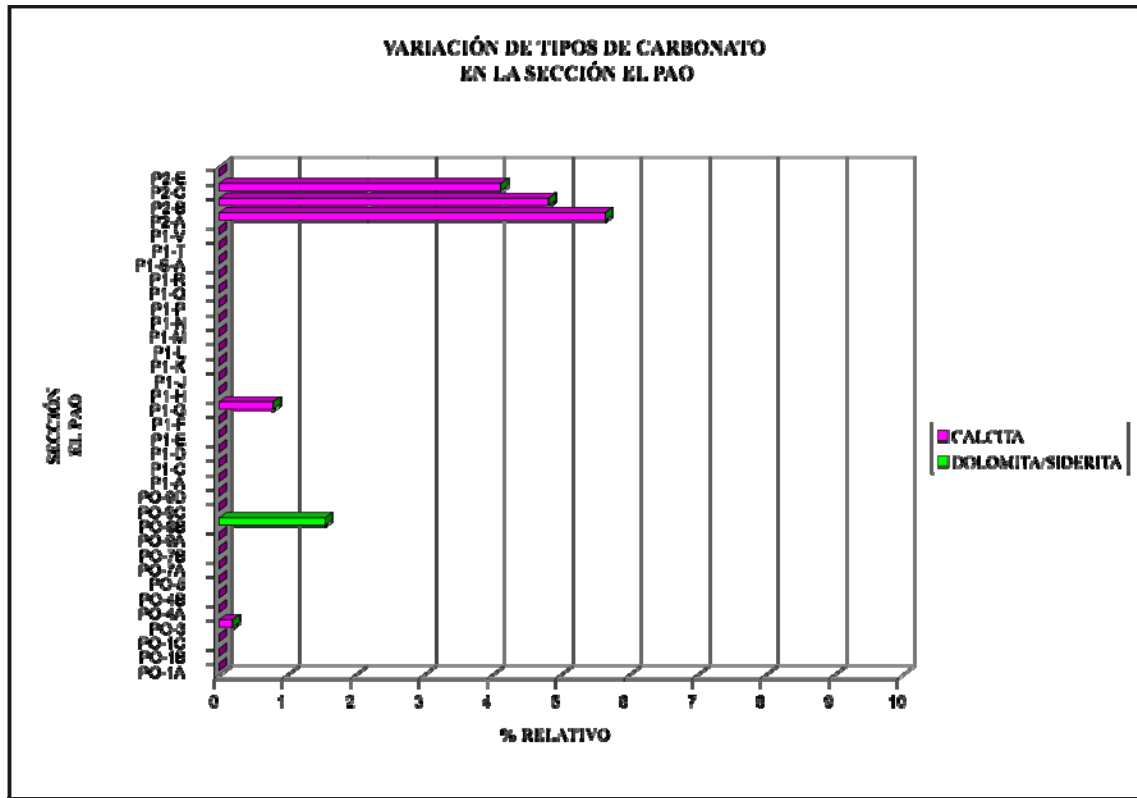


Figura 58. Variación en porcentaje de los distintos tipos de carbonato presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

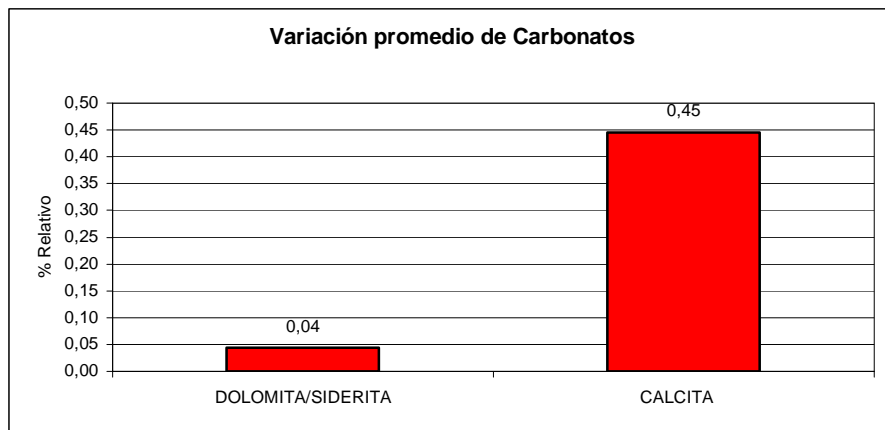


Figura 59. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de carbonato en la sección El Pao.

En la sección Valle Morín, la variable *dolomita/siderita* desaparece completamente y los porcentajes de *calcita* aumentan con respecto a la sección El Pao.

En la figura 62 se observa la distribución en porcentaje de esta variable a lo largo de la sección, donde se evidencia que la mayor concentración se ubica hacia la parte media y media superior de la columna aunque en la muestra C-01 el porcentaje supera el 40%.

La *calcita* en la sección obtuvo un valor de 4,33% del total de la población (Figura 63) y las figuras 60 y 61 muestran que se presenta en forma de cemento y vetas.

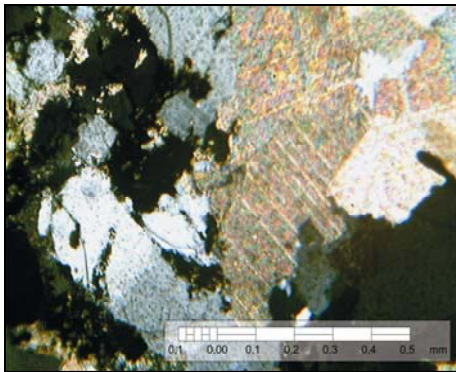


Figura 60. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-01 objetivo 10X. Calcita en forma de cemento.

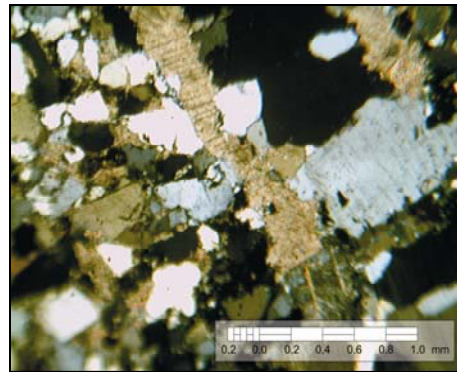


Figura 61. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-01 objetivo 4X. Calcita en forma de vetas.

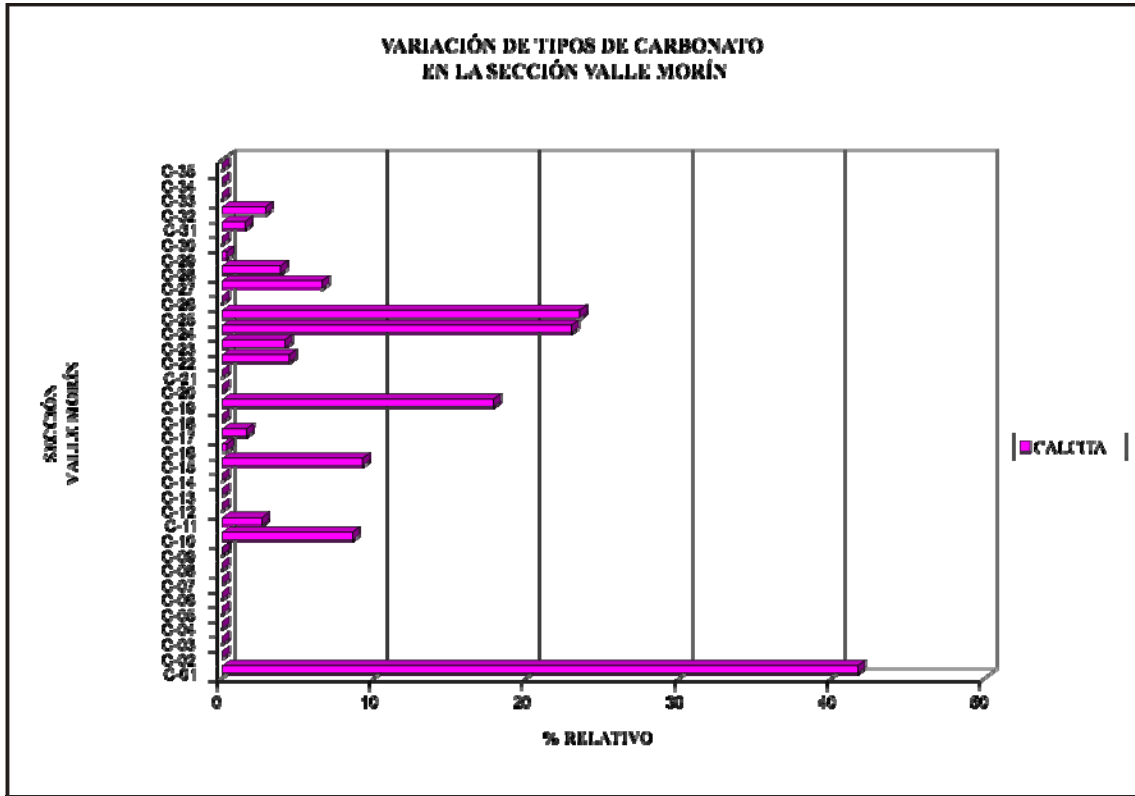


Figura 62. Variación en porcentaje de los distintos tipos de carbonato presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

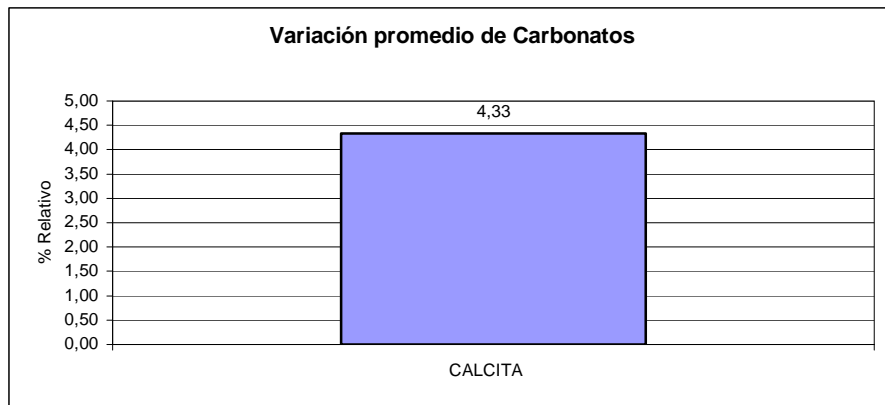


Figura 63. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de carbonato en la sección Valle Morín.

4.2.7 ÓXIDOS DE HIERRO

Las variables propuestas por YORIS (1992) tomadas en cuenta para este estudio son:

Variable 21: *Hematita autigénico*

Variable 22: *Hematita detrítica*

Variable 23: *Goethita autigénica*

Variable 24: *Goethita detrítica*

Variable 25: *Limonita detrítica*

Variable 26: *Limonita autigénico*

Variable 27. *Pirita autigénica*

En la sección El Pao la tendencia de aparición de los óxidos de hierro a lo largo de la columna evidencian un aumento a partir de los niveles superiores de la base hacia el tope, y podría interpretarse como un aumento de la influencia continental en la depositación (Figura 66).

El óxido de hierro más abundante en la sección corresponde a la variable *limonita autigénica* con un valor de 1,84% seguida por la variable *hematita autigénica* con un valor de 1,51% (Figura 67). La *limonita detrítica* y la *goethita autigénica* arrojaron valores de 0,82% y 0,73% respectivamente. Las demás variables no superan el 0,25%. En las figuras 64 y 65 se muestran algunos ejemplos de estos óxidos de hierro.

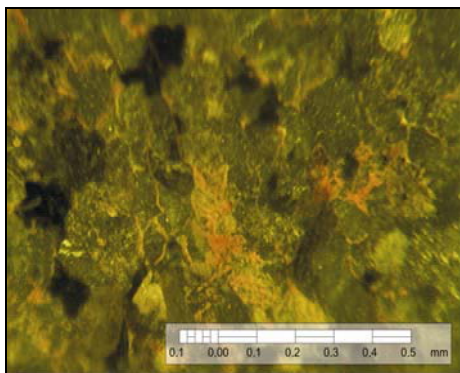


Figura 64. Fotomicrografía (luz reflejada) de la sección fina P1-F objetivo 10X. Limonita detrítica.

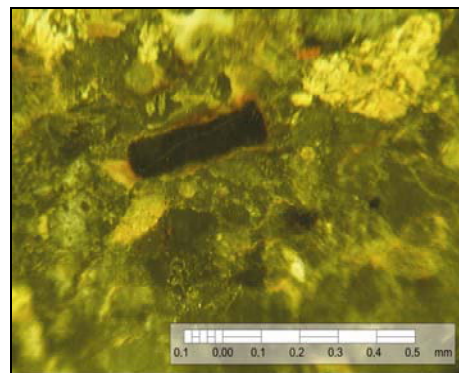


Figura 65. Fotomicrografía (luz reflejada) de la sección fina P2-A objetivo 10X. Hematita detrítica.

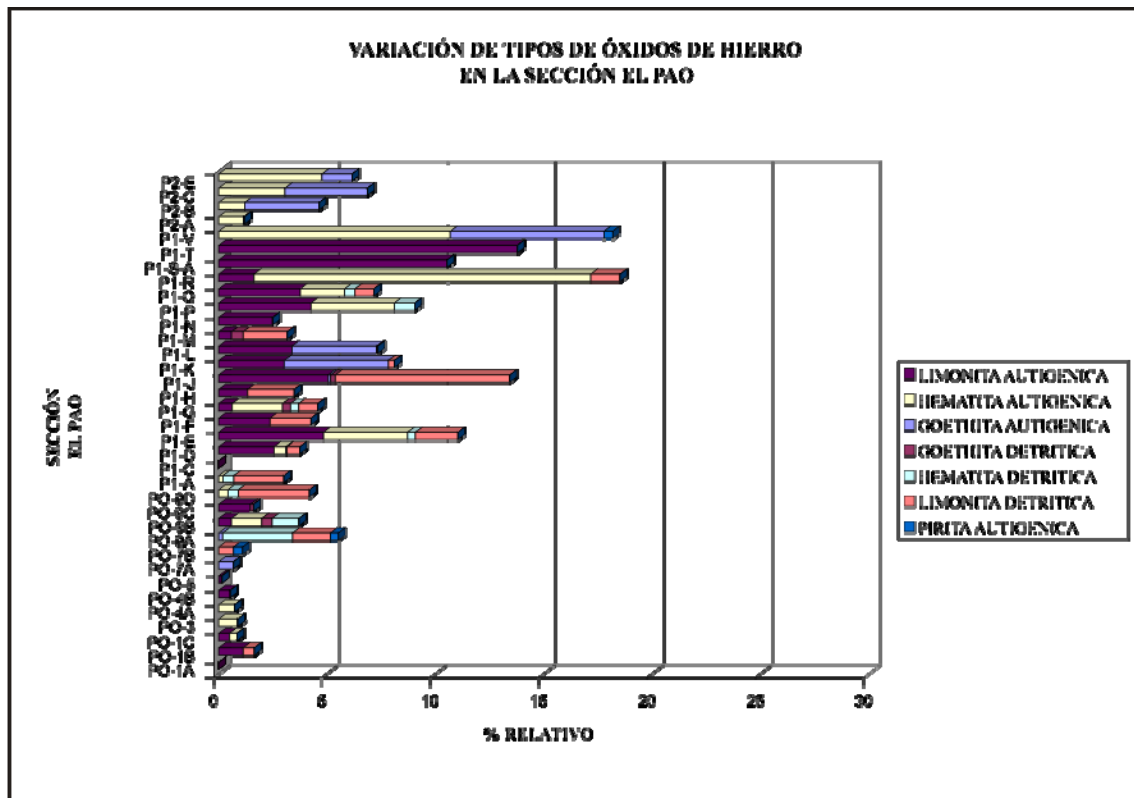


Figura 66. Variación en porcentaje de los distintos tipos de óxidos de hierro presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

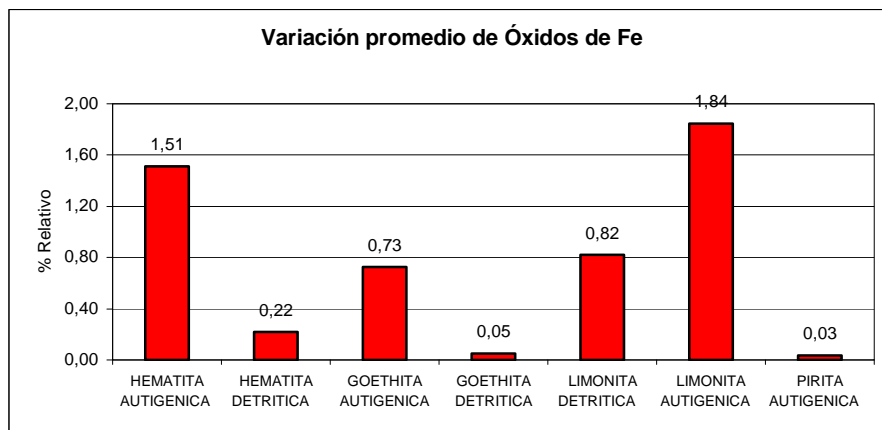


Figura 67. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de óxidos de hierro en la sección El Pao.

Por otro lado, en la sección Valle Morín, las variables de óxidos de hierro no muestran una tendencia clara ya que a pesar de mantener cierta uniformidad hacia la parte basal, se presentan aumentos esporádicos hacia la parte media y superior de la sección.

Aunque en campo no se pudo determinar, estos aumentos podrían estar asociados a discordancias locales y/o a un aumento de la influencia continental en estos sectores (Figura 70).

La variable *hematita detrítica* es la más abundante en esta sección presentando un valor de 2,24% del promedio total de la población. La *limonita detrítica* aparece como la segunda variable en cantidad, presentando un valor promedio de 1,11%. El resto de los óxidos se sitúan por debajo de 0,7 % (Figura 71).

Se puede apreciar que la cantidad de óxidos de hierro en esta sección es un poco mayor que en la sección El Pao.

Algunos ejemplos de estos óxidos se pueden apreciar en las figuras 68 y 69.

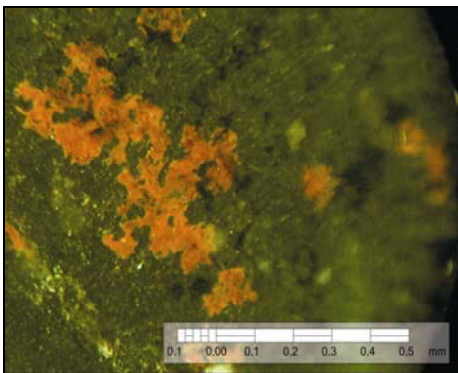


Figura 68. Fotomicrografía (luz reflejada) de la sección fina C-26 objetivo 10X. Limonita detrítica.

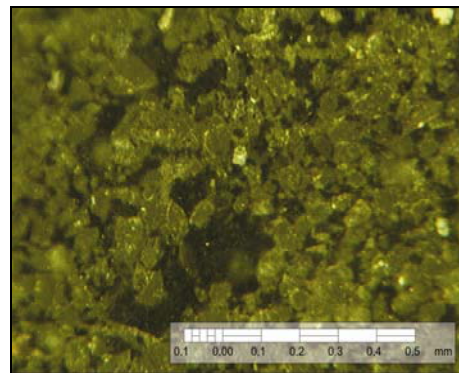


Figura 69. Fotomicrografía (luz reflejada) de la sección fina C-16 objetivo 10X. Hematita detrítica.

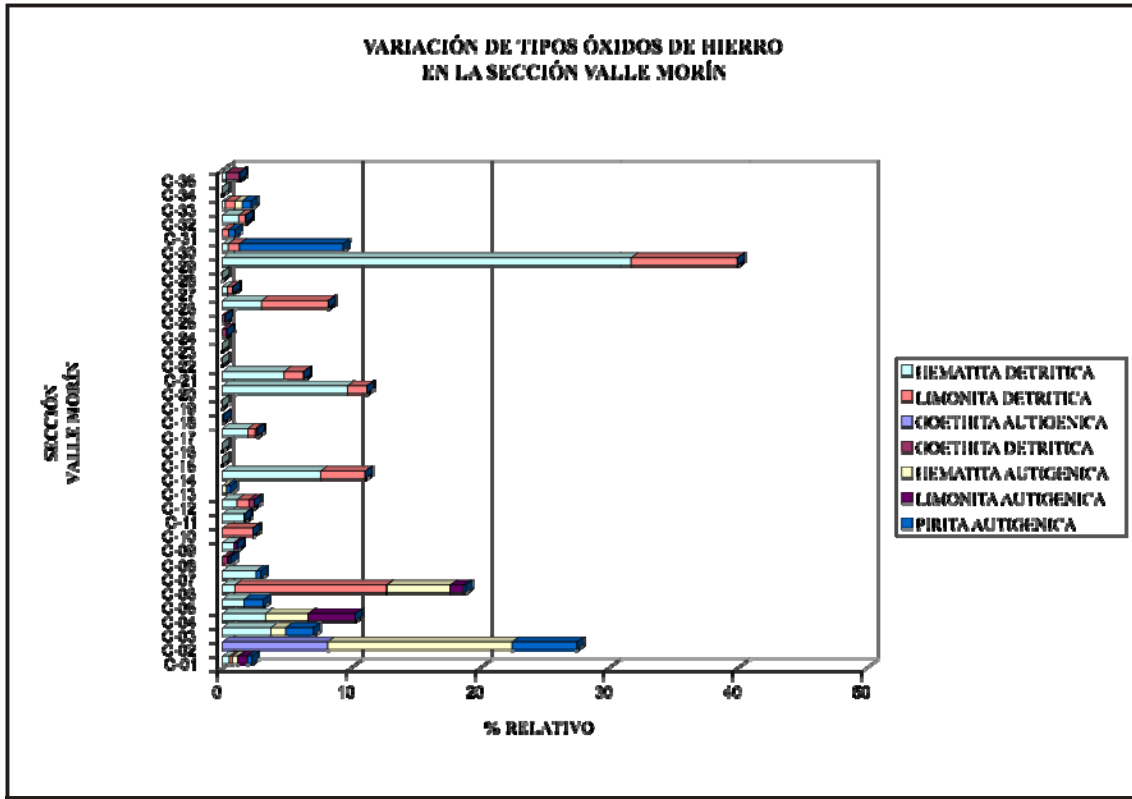


Figura 70. Variación en porcentaje de los distintos tipos de óxidos de hierro presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

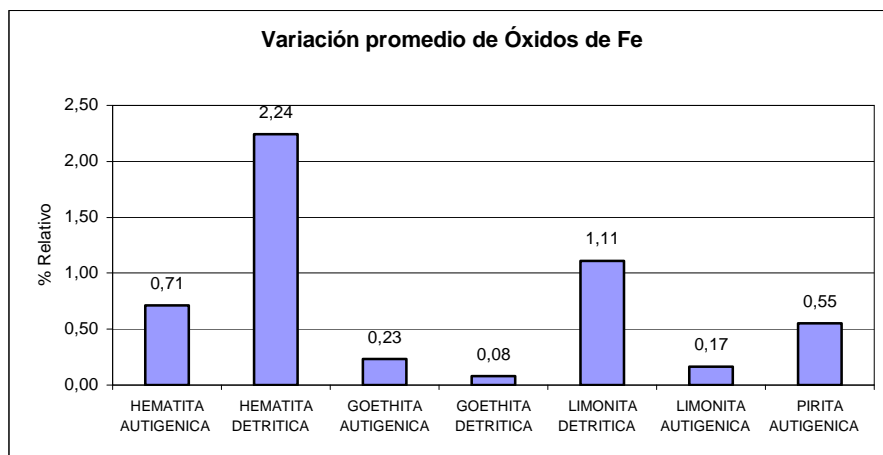


Figura 71. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de óxidos de hierro en la sección Valle Morín.

4.2.8 MINERALES OPACOS Y ACCESORIOS

En este grupo se observaron las siguientes variables:

Variable 34: *Zircón*

Variable 35: *Turmalina*

Variable 36: *Epidoto*

Variable 37: *Esfena/rutilo/leucoxeno*

Estas variables son de suma importancia para este estudio pues cada una de estas está asociada a zonas y condiciones específicas, lo que puede ser de mucha ayuda a la hora de ubicar las posibles fuentes de estos sedimentos que forman parte en la depositación de las secciones estudiadas.

Según MILIÁN (1998):

El *zircón* es común en rocas de tipo magmático, metamórficas y pegmatitas.

La *turmalina*, en su variedad chorlo, es característica de granitos, *skarns*, dioritas y vetas de cuarzo, mientras que su variedad dravita, es común en limolitas dolomíticas o magnesianas metasomáticamente alteradas en aureolas de metamorfismo de contacto.

El *epidoto*, pertenece al grupo del epidoto y tiene su origen en rocas sometidas a metamorfismo de contacto.

La *esfena/rutilo/leucoxeno* es característica en rocas ígneas silíceas (granitos, sienitas cuarzosas, pegmatitas), también se encuentra en metabasitas de grado medio.

Particularmente en la sección El Pao, solo se observa la presencia de las variables *esfena/rutilo/leucoxeno* y *epidoto*, las cuales aparecen en parte inferior de la base de la sección, prácticamente desaparecen hacia la parte media y van aumentando desde ahí hasta el tope de la columna (Figura 72).

El mineral más abundante es la *esfena/rutilo/leucoxeno* con un valor promedio de 0,66% y la variable *epidoto* presenta un valor de 0,42% del total de la población (Figura 73).

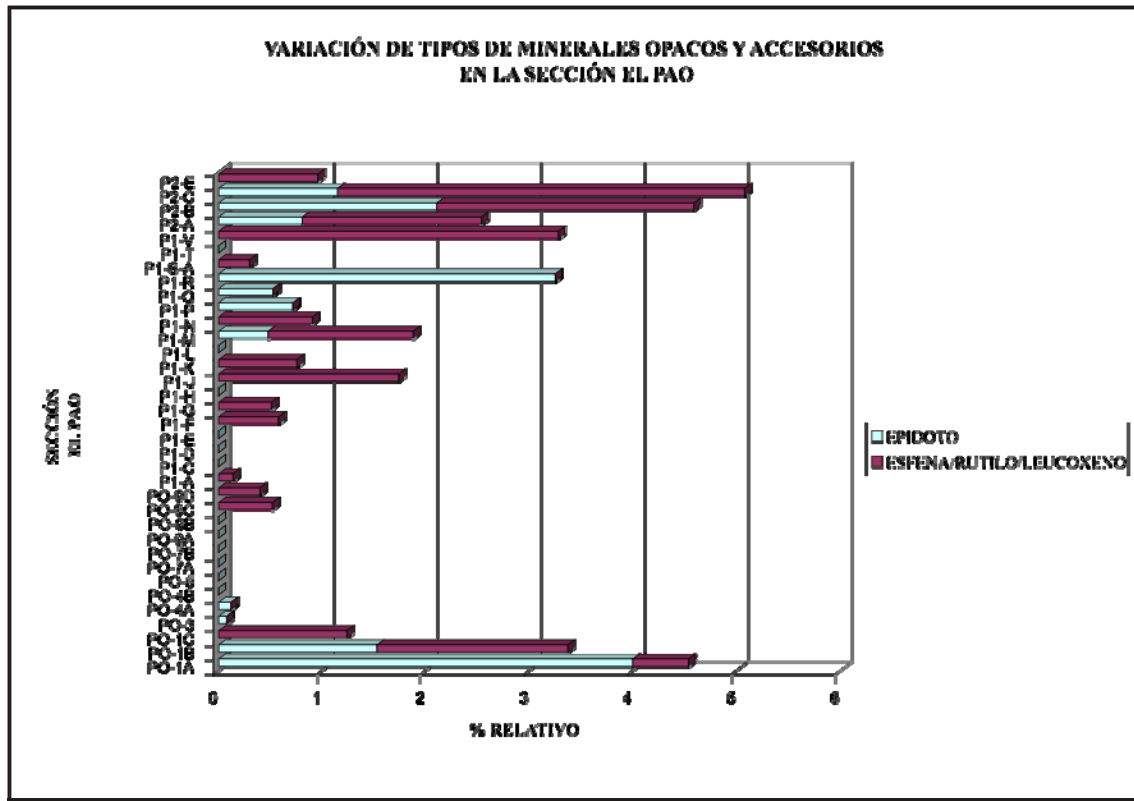


Figura 72. Variación en porcentaje de los distintos tipos de minerales opacos y accesorios presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

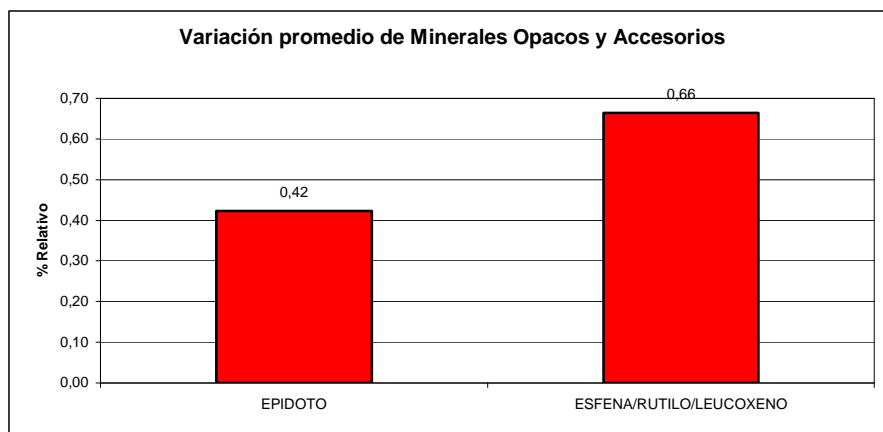


Figura 73. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de minerales opacos y accesorios en la sección El Pao.

En la sección Valle Morín, los minerales opacos y accesorios comienzan a aparecer hacia la parte superior de la base de la sección, haciéndose su presencia más uniforme hacia la parte media y más irregular hacia el tope (Figura 76).

La variable más abundante en esta sección, a diferencia de la sección El Pao es el *zircón*, el cual obtuvo un valor de 0,54%.

El segundo mineral en importancia fue el *epidoto* con un valor promedio de 0,06%. Las variables *esfena/rutilo/leucoxeno* y *turmalina* solo muestran unas trazas esporádicas dentro de la sección y presentan valores inferiores al 0,01% del porcentaje promedio total de la población (Figura 77).

En las figuras 74 y 75 se pueden observar algunos ejemplos de minerales opacos y accesorios presentes en las dos secciones antes mencionadas.

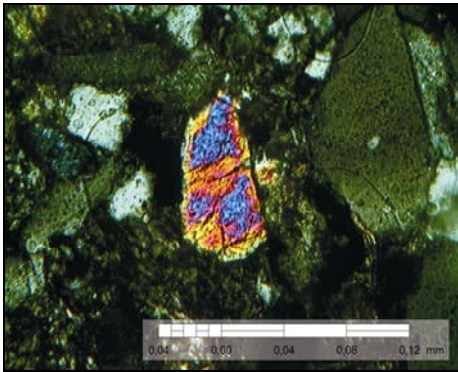


Figura 74. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-C objetivo 40X. Zircón.

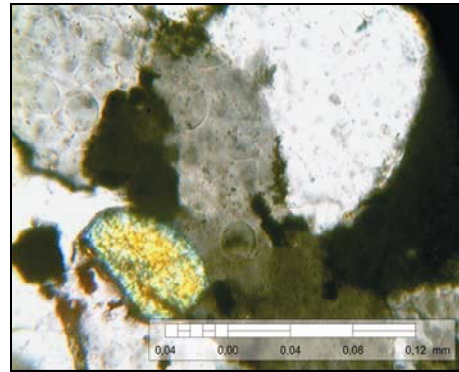


Figura 75. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-24 objetivo 40X. Epidoto.

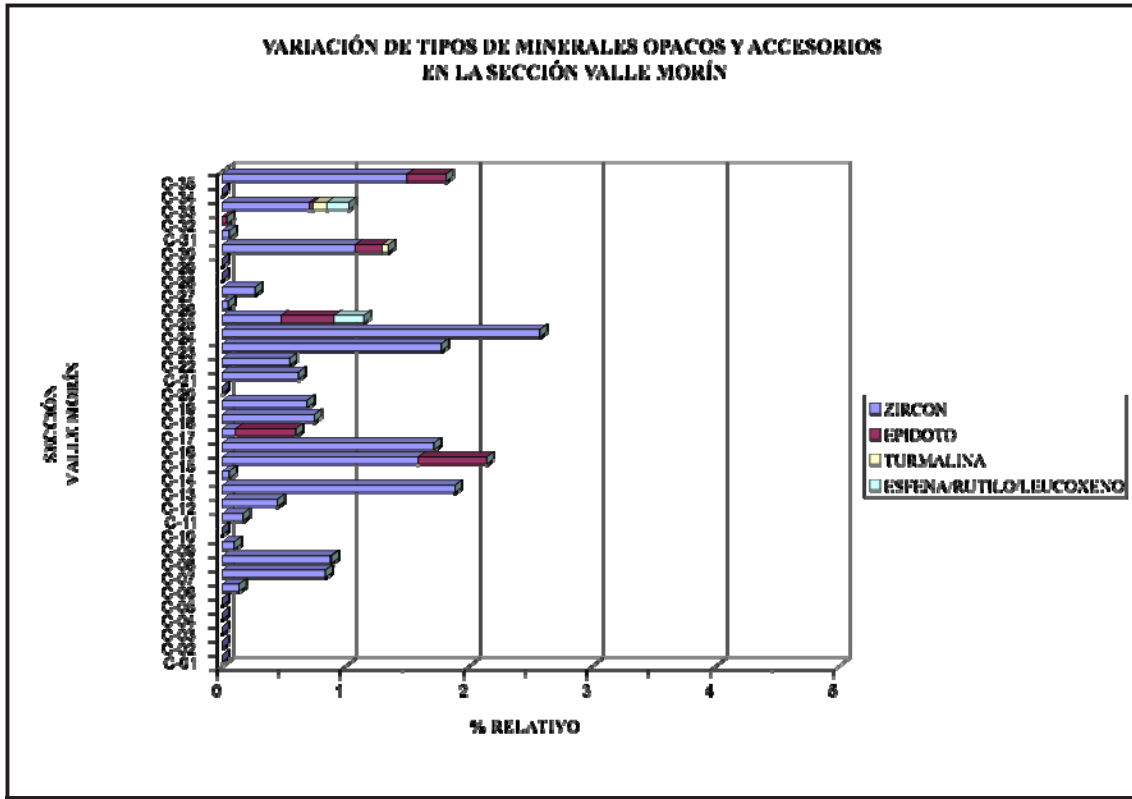


Figura 76. Variación en porcentaje de los distintos tipos de minerales opacos y accesorios presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

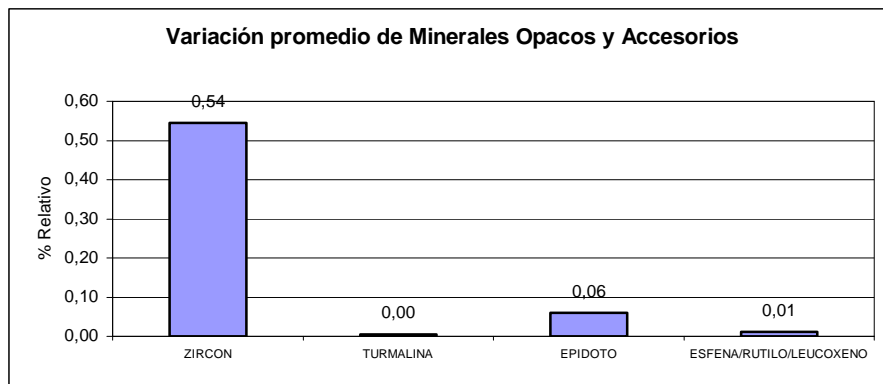


Figura 77. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de minerales opacos y accesorios en la sección Valle Morín.

4.2.9 MICAS

Las variables analizadas para el grupo de las micas se basó en sus variedades detríticas, representadas por:

Variable 29: *Muscovita detrítica*

Variable 31: *Biotita detrítica*

Variable 32: *Clorita detrítica*

La presencia de micas a lo largo de la sección El Pao se muestra relativamente uniforme exceptuando por 2 sectores de la sección, uno ubicado hacia la base y otro hacia la parte media superior donde prácticamente desaparecen (Figura 80).

A pesar que los tres tipos de mica mantienen porcentajes muy parecidos, la variable *muscovita detrítica* es la de mayor abundancia en la sección con un valor de 0,66%, seguida por las variables *biotita detrítica* y *clorita detrítica* con un valor de 0,62% y 0,53% respectivamente (Figura 81).

Las figuras 78 y 79 muestran algunos ejemplos de micas presentes en la sección.

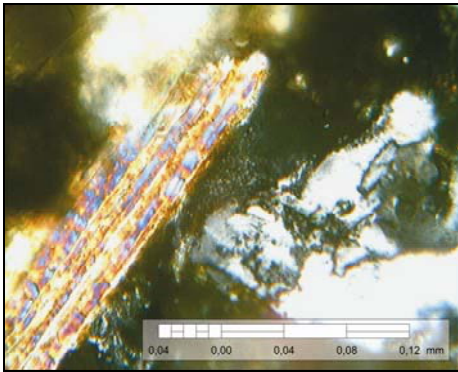


Figura 78. Fotomicrografía (NC) de la sección fina P2-C objetivo 40X. Muscovita detrítica.

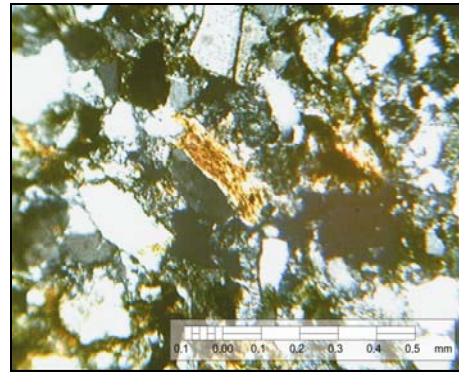


Figura 79. Fotomicrografía (NC) de la sección fina PO-7-B objetivo 10X. Biotita detrítica.

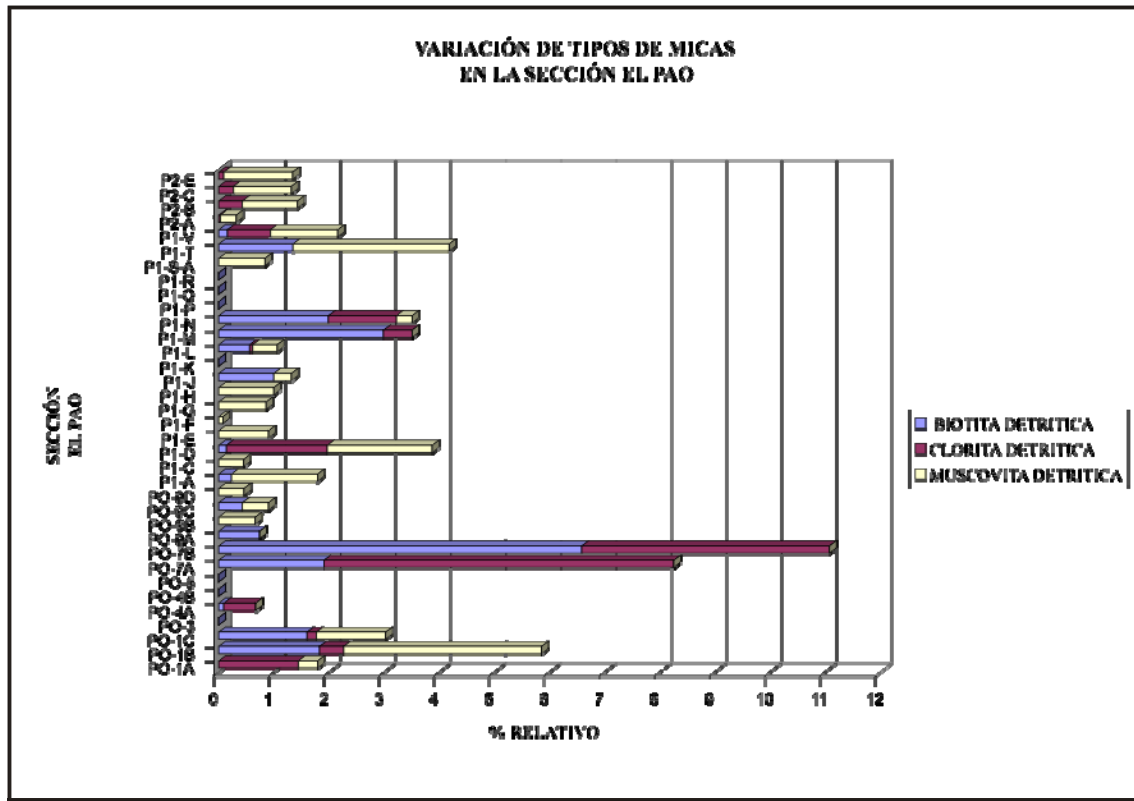


Figura 80. Variación en porcentaje de los distintos tipos de micas presentes en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

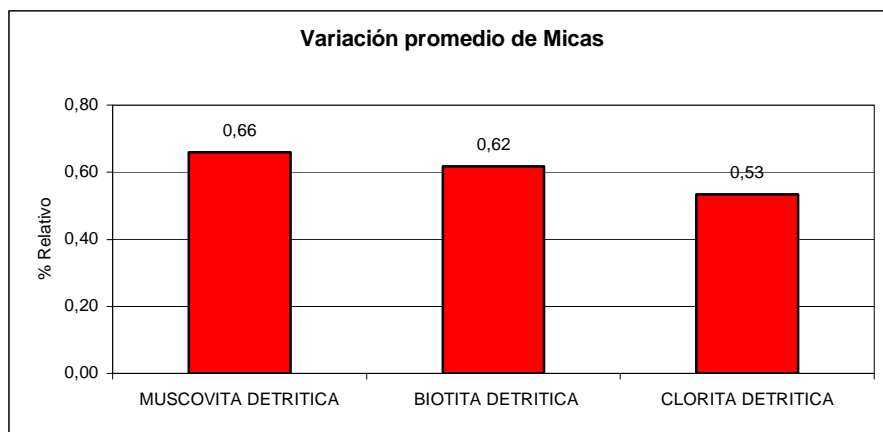


Figura 81. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de micas en la sección El Pao.

En la sección Valle Morín el grupo de las micas aumenta en porcentaje desde la base hasta la parte media de la sección donde se invierte esta tendencia y disminuye notablemente hacia el tope (Figura 84).

La variable más abundante en esta sección corresponde, al igual que en la sección El Pao, a la *muscovita detrítica*, en este caso, ligeramente mayor al porcentaje obtenido en dicha sección, presentando un valor promedio de 0,72% del total de la población (Figura 85).

La *biotita detrítica* arrojó un valor de 0,54% y la *clorita detrítica*, que en comparación con la sección El Pao disminuye notablemente, arrojando un valor de 0,01%.

En las fotos 82 y 83 se muestran algunos ejemplos de micas presentes en esta sección.

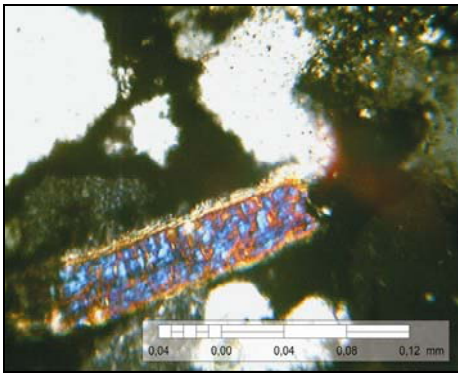


Figura 82. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-02 objetivo 40X. Muscovita autigénica.

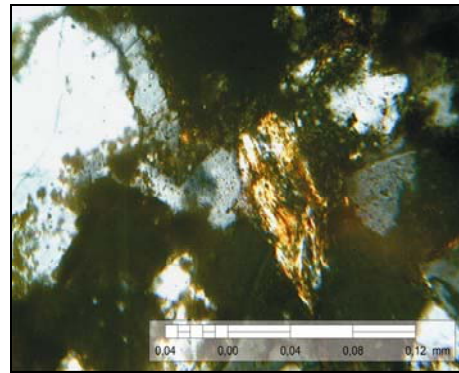


Figura 83. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-07 objetivo 40X. Biotita detrítica.

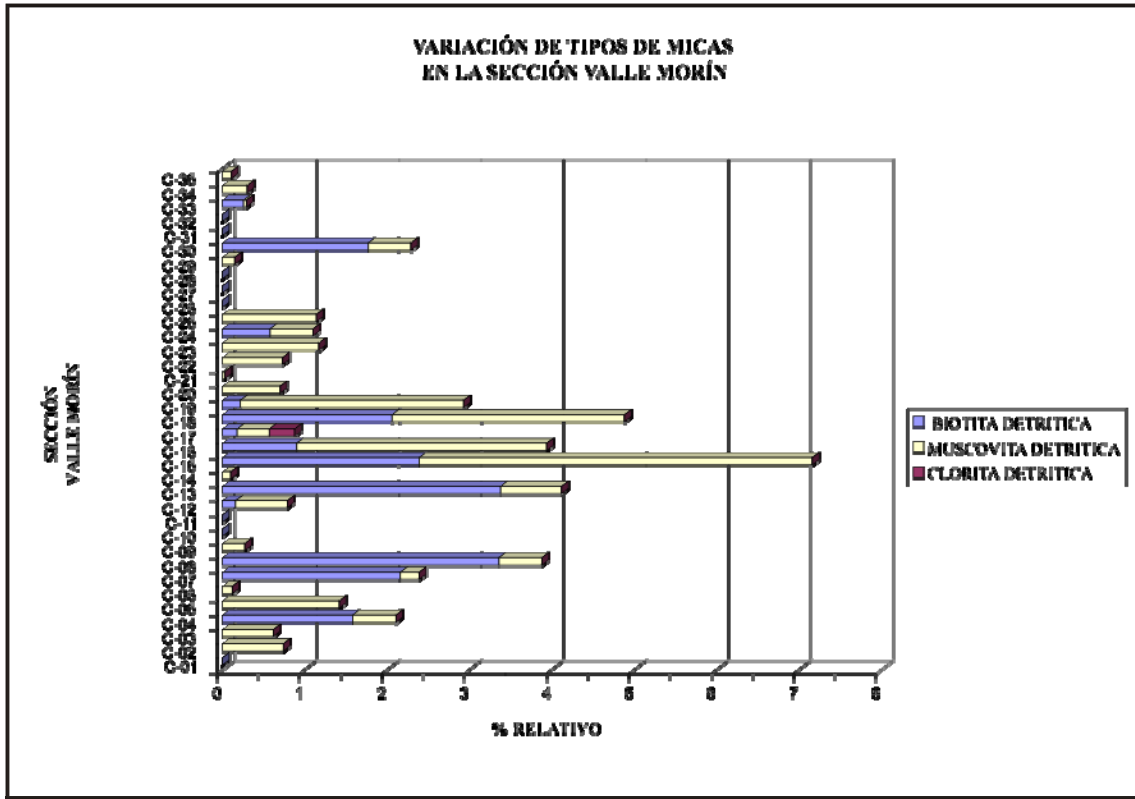


Figura 84. Variación en porcentaje de los distintos tipos de micas presentes en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

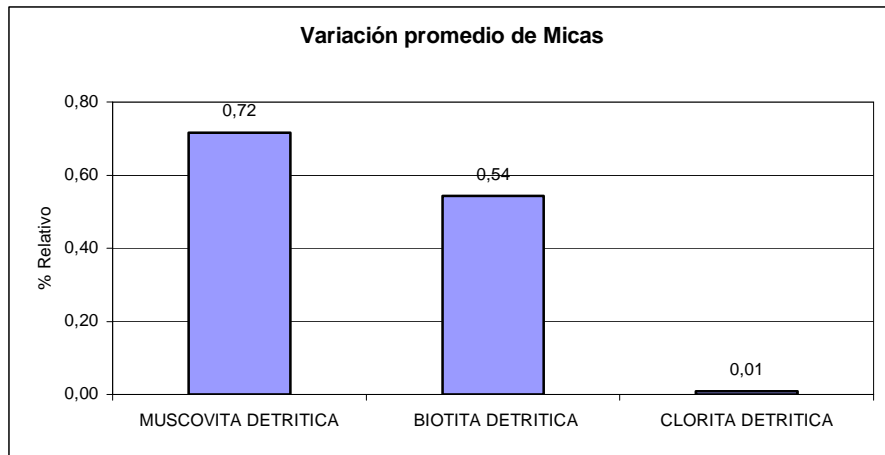


Figura 85. Variación en porcentaje promedio de los distintos tipos de micas en la sección Valle Morín.

4.2.10 POROSIDAD

Para este estudio se utilizó la *porosidad intergranular y móldica*, identificada con la variable 54 por YORIS (1992).

La porosidad móldica es aquella que resulta de la disolución parcial o total de un grano, fósil o cualquier otro durante el proceso diagenético, mientras que la porosidad intergranular es asociada a aquellos espacios entre las partículas y componentes detríticos.

En la sección El Pao se observa que la porosidad es mayor en la parte media de la columna y disminuye hacia la base y el tope (Figura 86).

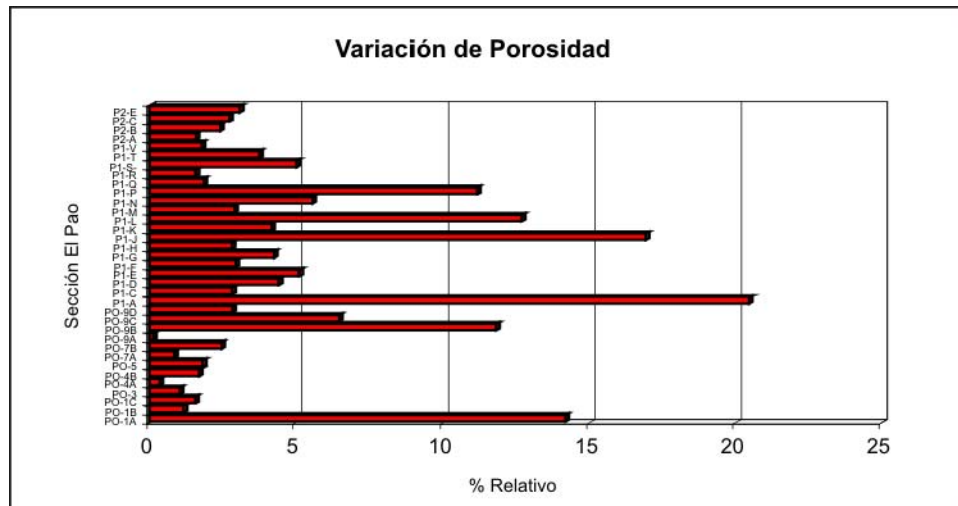


Figura 86. Variación en porcentaje de la porosidad presente en las muestras de la sección El Pao, ubicadas en orden estratigráfico.

En la sección Valle Morín, la porosidad es irregular, sin embargo, a diferencia de la sección El Pao, nunca sobrepasa el valor de 3,5% (Figura 87).

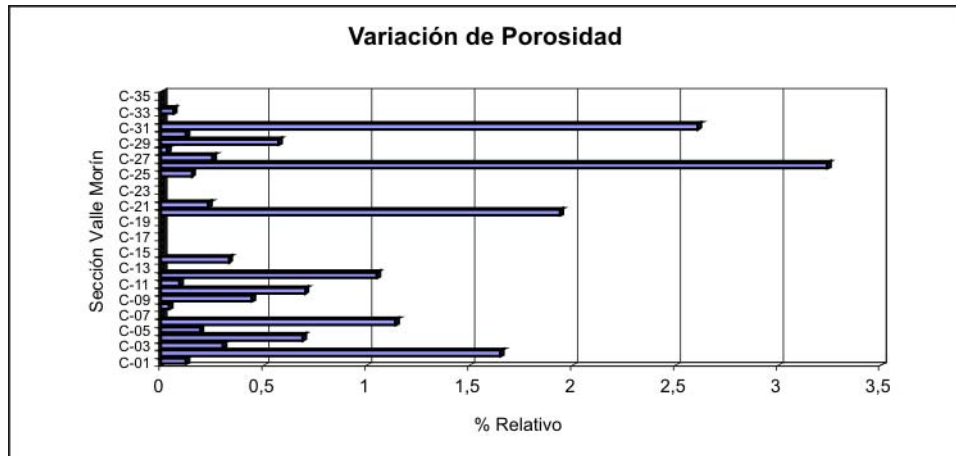


Figura 87. Variación en porcentaje de la porosidad presente en las muestras de la sección Valle Morín, ubicadas en orden estratigráfico.

4.3 PROCESOS DIAGENÉTICOS

Se identificaron procesos diagenéticos durante el estudio petrográfico modal que podrían influir en el resultado de la procedencia por lo que es de suma importancia hacer una discriminación según los efectos que estos puedan ocasionar. Cabe destacar que estos procesos no fueron observados en todas las muestras y se mencionan a nivel general como información adicional de lo observado al momento de realizar la petrografía de las 35 muestras de ambas secciones. Todas estas consideraciones no forman parte de los objetivos planteados para este trabajo.

Los efectos diagenéticos que en el estudio petrográfico se identificaron en ambas secciones fueron los siguientes:

Trituración de granos

Compactación

Caolinitización

Piritización

Desarrollo de cemento carbonatito

Desarrollo de cemento de cuarzo en continuidad óptica

Alteración y disolución de feldespatos

Crecimiento de óxidos de hierro

Desarrollo de matriz y pseudomatriz

La presencia de granos triturados fue uno de los aspectos tomados en cuenta a la hora de realizar el conteo modal, pues al presentarse separados en varios fragmentos pueden influir negativamente en el conteo, así que en las ocasiones en que fue posible reconocer granos triturados, estos fueron reconstituidos para tomar sus medidas originales antes de la trituración.

El desarrollo de cemento de cuarzo en continuidad óptica fue tomado en cuenta a la hora de hacer el conteo, ya que las medidas de los diámetros mayores y menores de los granos de cuarzo se tomaron independientemente del cemento de sílice, identificado por YORIS (1992) como la variable cuarzo autigénico. El cemento de sílice es característico de sedimentos siliciclásticos y su origen se puede atribuirse a un balance entre los granos de

cuarzo y los procesos de precipitación por presión-solución y distribución durante la etapa diagenética. Dicho cemento es de suma importancia a la hora de identificar los distintos ciclos sedimentarios en los granos.

La piritización es un proceso que indica condiciones reductoras del medio diagenético en ambiente marino y la formación de sulfuros de hierro necesita un pH bajo y condiciones altamente reductoras y ocurre a niveles un poco más profundos que la glauconitización que se desarrolla centímetros por debajo de la superficie de depositación.

Sin embargo el proceso de alteración y disolución de los granos es el proceso diagenético mayormente observado y determinante en este estudio y para corregir sus efectos sobre los resultados de procedencia, se identificó con la variable *feldespatos indeterminado (alterado)*. Probablemente mucha de la porosidad puede ser consecuencia de este proceso y un indicio de ello es el mayor diámetro promedio de la variable 9 (*feldespatos indeterminado (alterado)*) con respecto al diámetro promedio de las otras variables del grupo de los feldespatos (*plagioclasa y feldespatos potásico*).

En las figuras 88 y 89 se muestran algunos de estos procesos diagenéticos.

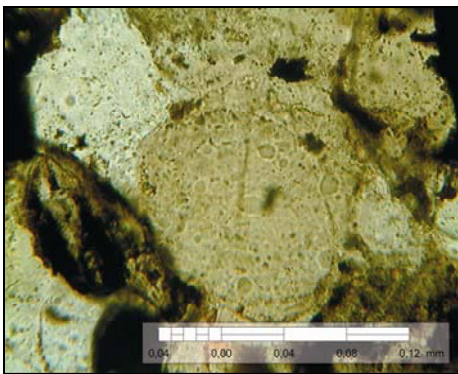


Figura 88. Fotomicrografía (NP) de la sección fina C-18 objetivo 40X. Sobrecrecimiento de cuarzo.

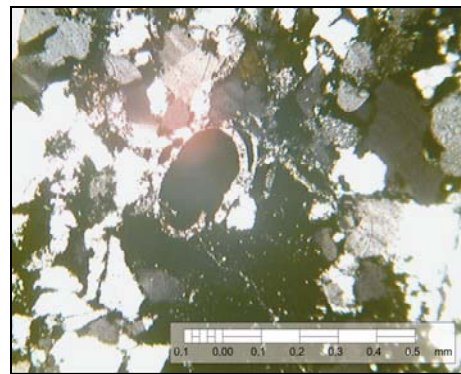


Figura 89. Fotomicrografía (NC) de la sección fina C-02 objetivo 10X. Recristalización de moldes fósiles.

4.4 RELACIONES ENTRE VARIABLES

Se realizaron diagramas de correlación entre los grupos de variables más importantes presentes en este estudio con la finalidad de establecer posibles relaciones entre ellas. Los parámetros utilizados son los correspondientes al diámetro promedio y los porcentajes de abundancia relativa para cada una de los grupos de variables.

4.4.1 CUARZO

El resultado de graficar las variables correspondientes al cuarzo fue que en todos los casos, y para ambas secciones, se obtuvieron pendientes positivas al correlacionar el diámetro promedio (total) contra los diámetros promedio de cuarzo.

Para la sección El Pao la variable cuarzo monocristalino de extinción recta obtuvo el valor del coeficiente de correlación más alto de 0,26 (Figura 90) y en la sección Valle Morín, el mayor coeficiente de correlación correspondió a la variable cuarzo monocristalino de extinción ondulatoria con un valor de 0,74 (Figura 91).

Estos resultados son lógicos debido a que estas dos variables son las más abundantes en sus respectivas secciones, representando el 11,26% y 27,81% en relación al resto de las variables en las secciones El Pao y Valle Morín respectivamente.

En consecuencia, son dichas variables las que de una u otra forman controlan el tamaño promedio de grano en sus respectivas secciones y su influencia en las otras variables es importante.

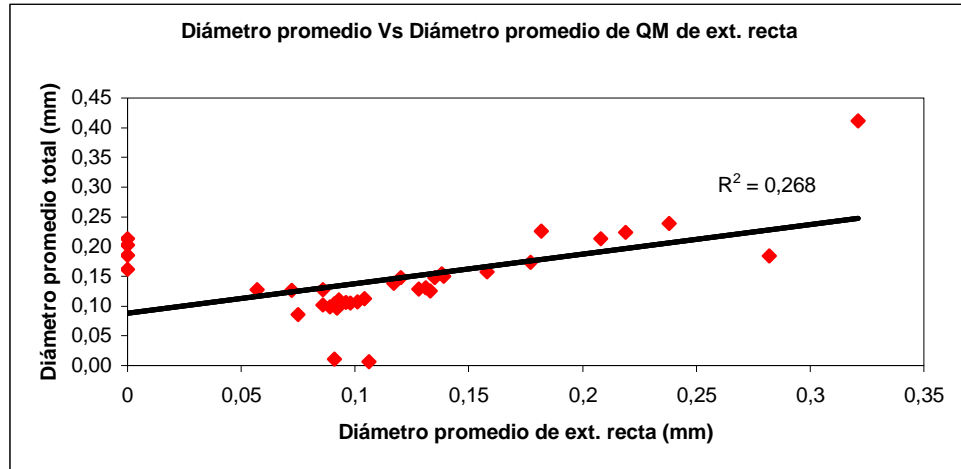


Figura 90. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el diámetro promedio de Qm de extinción recta para las muestras de la sección El Pao.

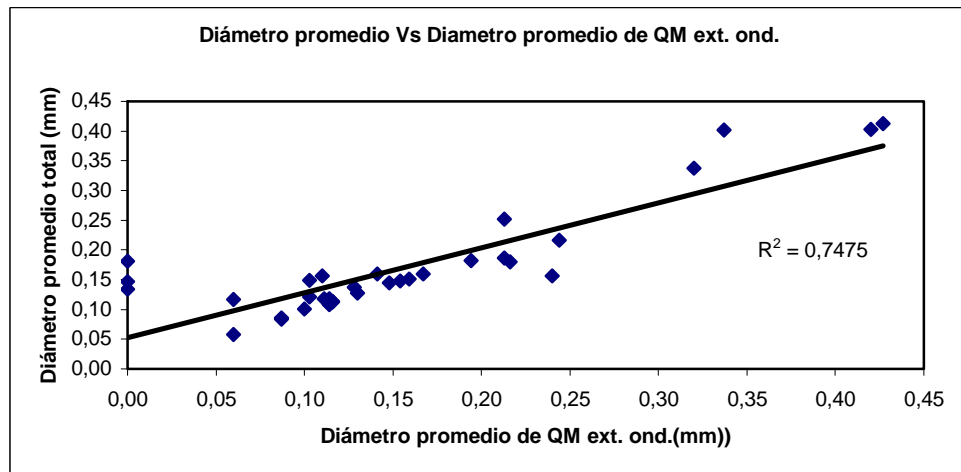


Figura 91. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el diámetro promedio de Qm de extinción ondulatoria para las muestras de la sección Valle Morín.

4.4.2 FELDESPATOS

Al correlacionar el diámetro promedio total con la abundancia de feldespatos resulta una tendencia positiva para la sección El Pao y negativa para la sección Valle Morín, arrojando factores de correlación de 0,01 y 0,006 respectivamente (Figuras 92 y 93).

Para la sección Valle Morín, esto se puede interpretar asumiendo que gran cantidad de feldespato es destruido durante el transporte y que posiblemente se desplazó como carga de fondo y para la sección El Pao, el feldespato no se ve tan influenciado por el transporte, asumiendo así una fuente más cercana.

4.4.3 FRAGMENTOS DE ROCA

En las figuras 94 y 95, correspondientes a la sección El Pao y Valle Morín respectivamente, se aprecia que a mayor porcentaje promedio de fragmentos de roca menor es la porosidad. Esto puede ser consecuencia de que gran parte de los fragmentos de roca son arcillosos y estos son destruidos formando porosidad secundaria.

4.4.4 CARBONATOS

Al graficar en ambas secciones el porcentaje promedio de carbonatos contra el diámetro promedio se obtuvo una tendencia positiva. Esto quiere decir que a mayor diámetro promedio, mayor es el porcentaje relativo de carbonato (Figuras 96 y 97). Esto podría ser el efecto que de aumentos en la energía del medio, relacionado con eventos tormentosos y la composición de las zonas de aporte formadas por rocas que antiguamente formaban parte de una plataforma carbonática.

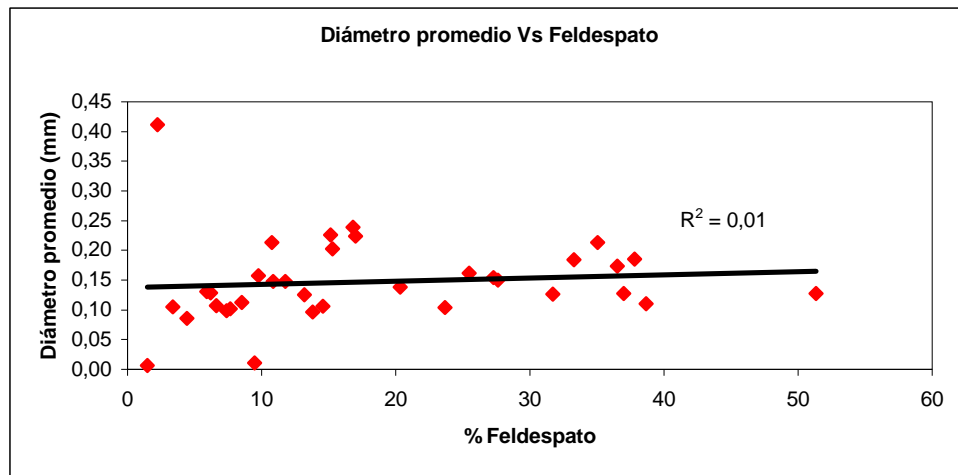


Figura 92. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de feldespato para las muestras de la sección El Pao.

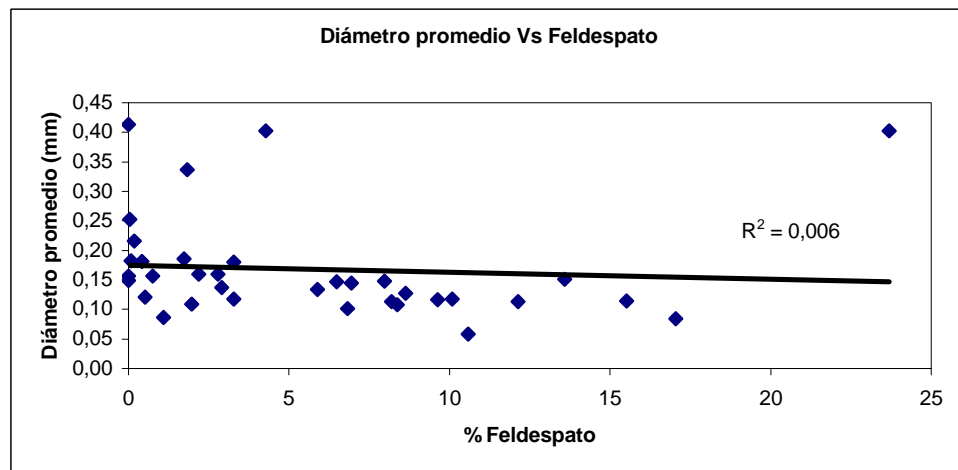


Figura 93. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de feldespato para las muestras de la sección Valle Morín.

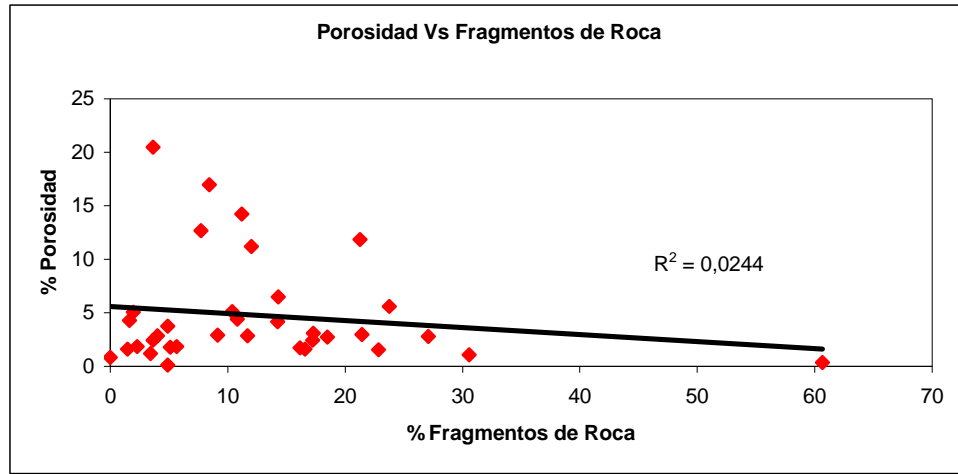


Figura 94. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre la porosidad y el porcentaje de fragmentos de roca para las muestras de la sección El Pao.

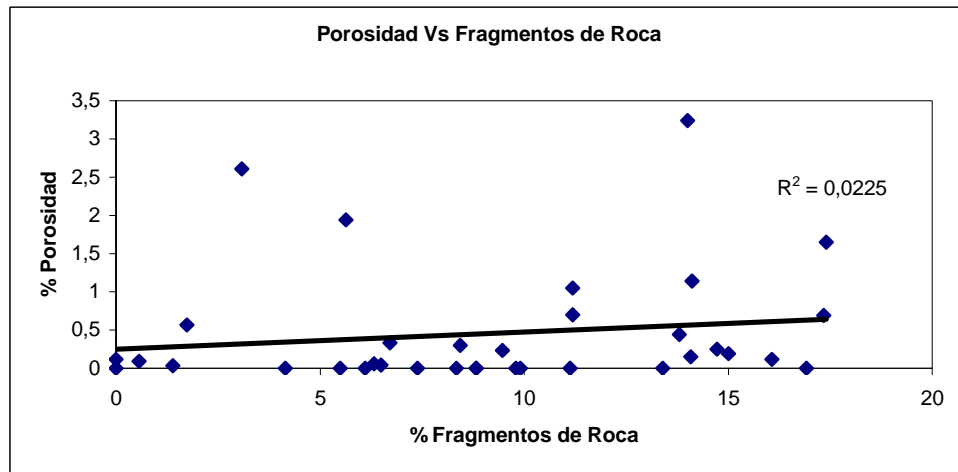


Figura 95. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre la porosidad y el porcentaje de fragmentos de roca para las muestras de la sección Valle Morín.

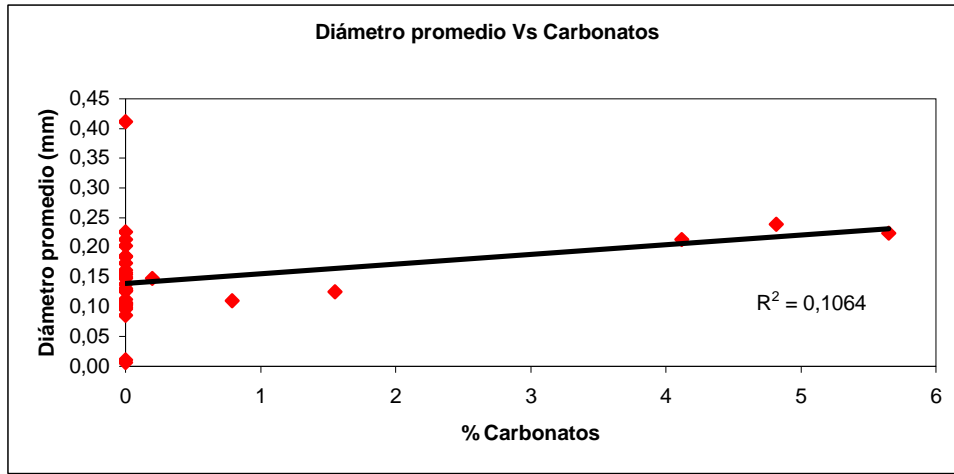


Figura 96. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de carbonato para las muestras de la sección El Pao.

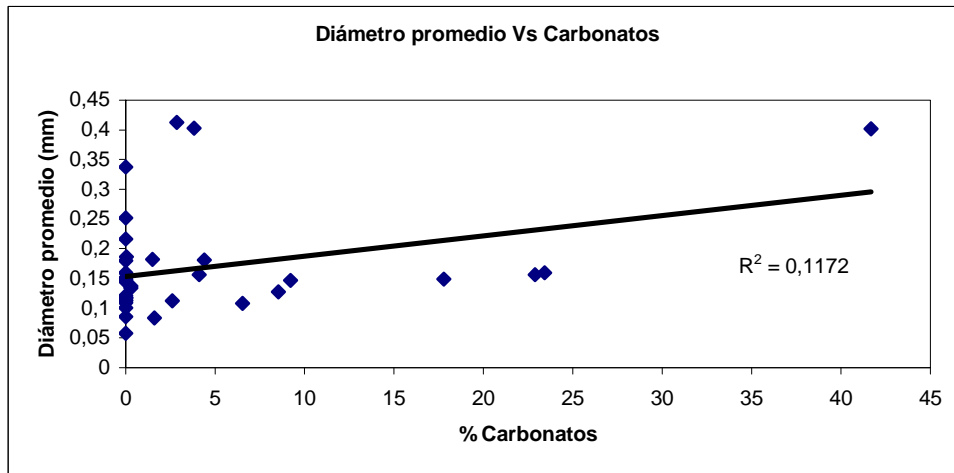


Figura 97. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de carbonato para las muestras de la sección Valle Morín

4.4.5 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA

Tal y como se aprecia en las figuras 98 y 99, correspondientes a los gráficos de correlación para las variables diámetro promedio contra porosidad en las secciones de El Pao y Valle Morín respectivamente, se obtuvo en ambas una tendencia negativa. A mayor diámetro menor es el porcentaje promedio de matriz limo-arcillosa. Esto puede deberse a que los eventos de grano fino son los de peor escogimiento y estos presentan mayor turbidez que los eventos de grano más grueso y/o debido a que los feldespatos se incrementan a medida que el grano es mas fino pero es destruido rápidamente durante la diagénesis.

4.4.6 POROSIDAD

En el caso de la porosidad se aprecia en ambas secciones, que a mayor diámetro promedio menor es el porcentaje relativo de la porosidad (Figuras 100 y 101). Esto puede fundamentarse en que el desarrollo de matriz arcillosa y cementación durante la diagénesis rellenan gran parte de la porosidad primaria de la roca. Por otra parte, asumiendo que el escogimiento en las dos secciones es malo a medio, también se toma en cuenta la hipótesis de que a menor energía del medio, menor es el espacio poral.

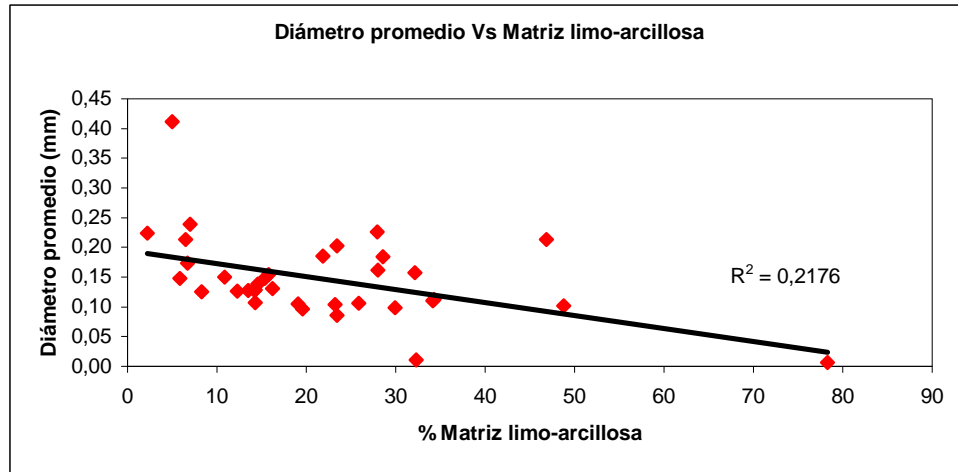


Figura 98. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de matriz limo-arcillosa para las muestras de la sección El Pao.

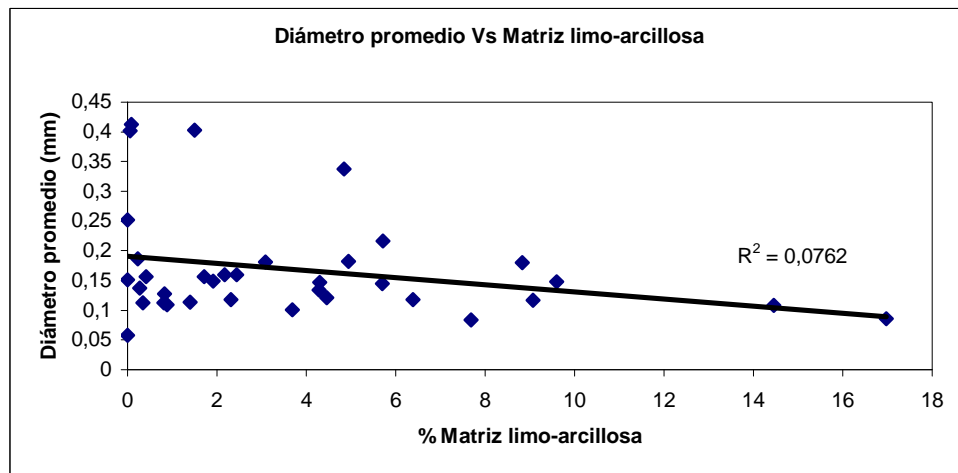


Figura 99. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de matriz limo-arcillosa para las muestras de la sección Valle Morín.

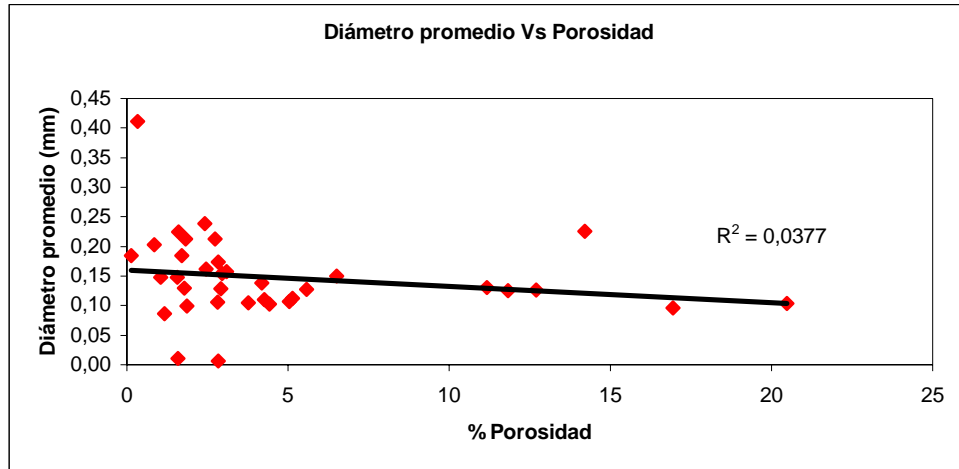


Figura 100. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de porosidad para las muestras de la sección El Pao.

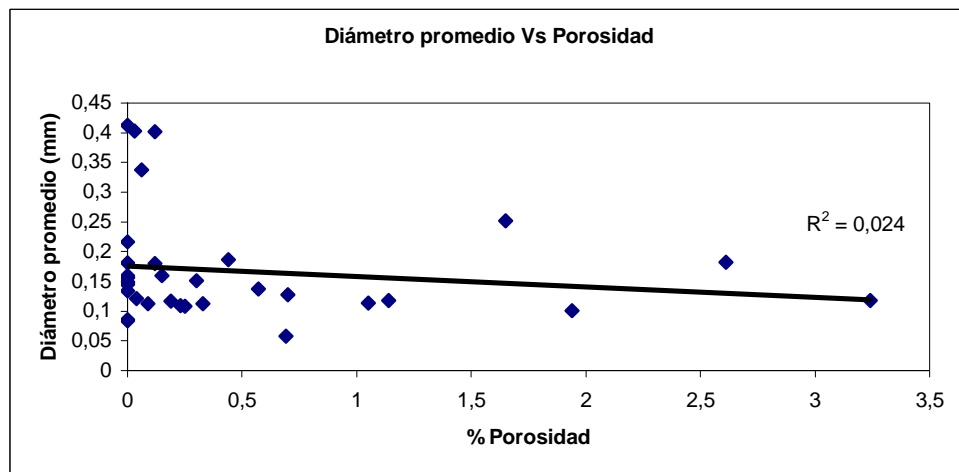


Figura 101. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el diámetro promedio y el porcentaje de porosidad para las muestras de la sección Valle Morín.

4.5 CLASIFICACIÓN DE LAS ARENISCAS

El análisis modal produce una clasificación mucho más precisa que la proveniente de un análisis petrográfico cualitativo, debido al hecho de que al introducir datos cuantificados en un programa computable, como los diámetros mayores y menores de cada grano, estos correspondan con una variable mineralógica específica también identificada y, la clasificación queda establecida en base a un número de granos preciso.

Los resultados obtenidos en la clasificación de areniscas según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) que arrojó el análisis petrográfico modal cuantitativo, se muestran a continuación en la tabla 1.

En las figuras 102 y 103 se observa la proporción de cada uno de los tipos de areniscas presentes en las secciones El Pao y Valle Morín respectivamente.

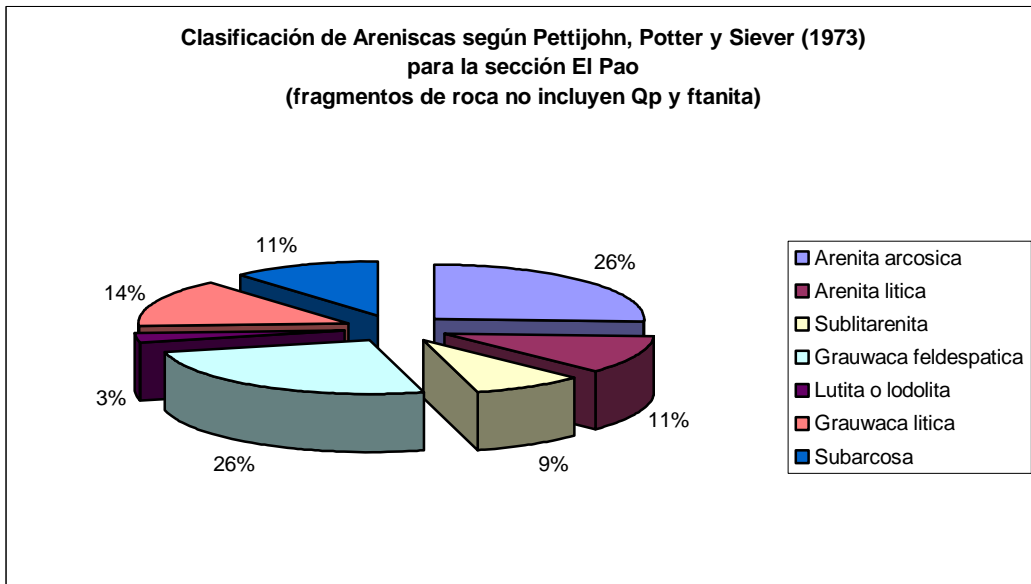
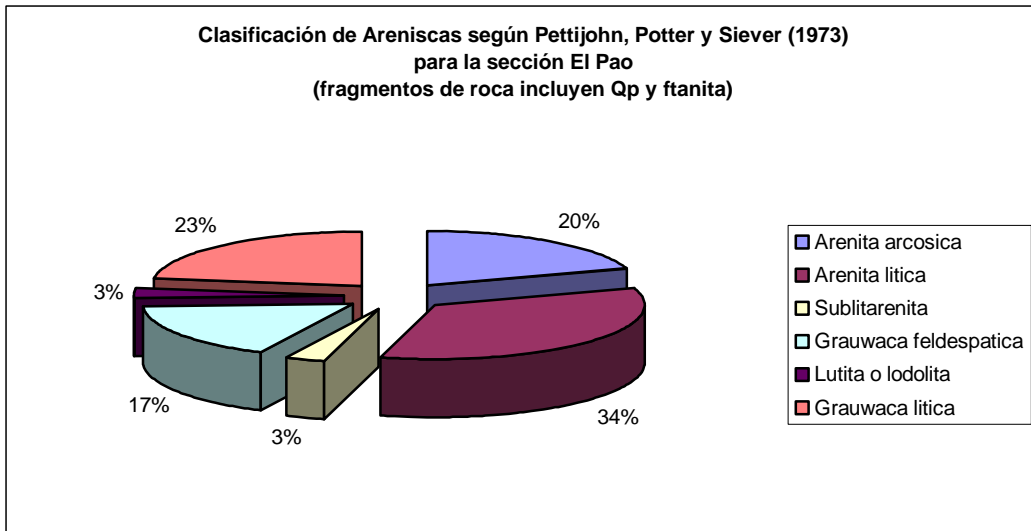


Figura 102. Proporción de tipos de areniscas, clasificadas según Pettijohn, Potter y Siever (1972) para la sección El Pao.

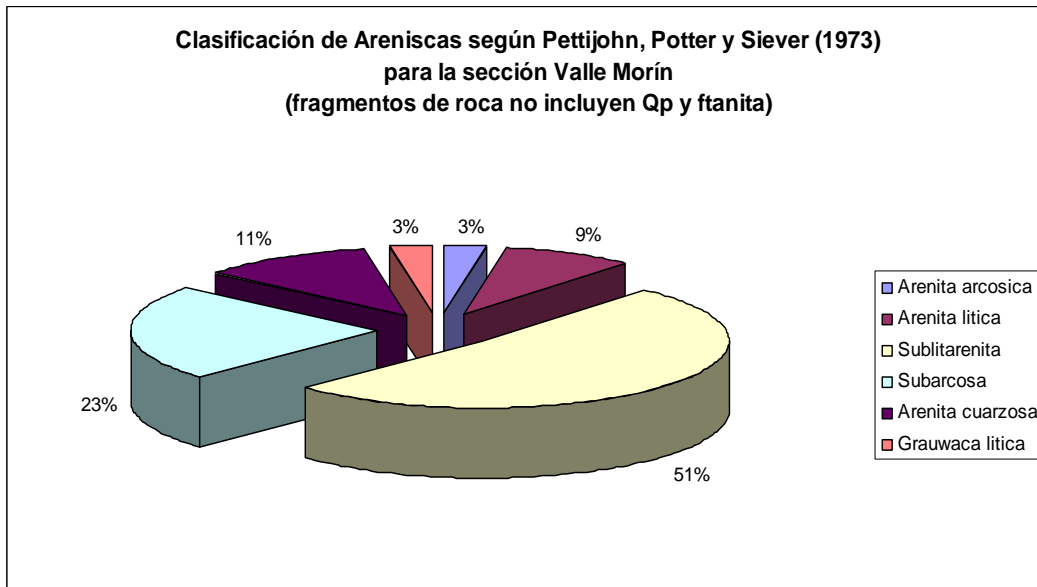
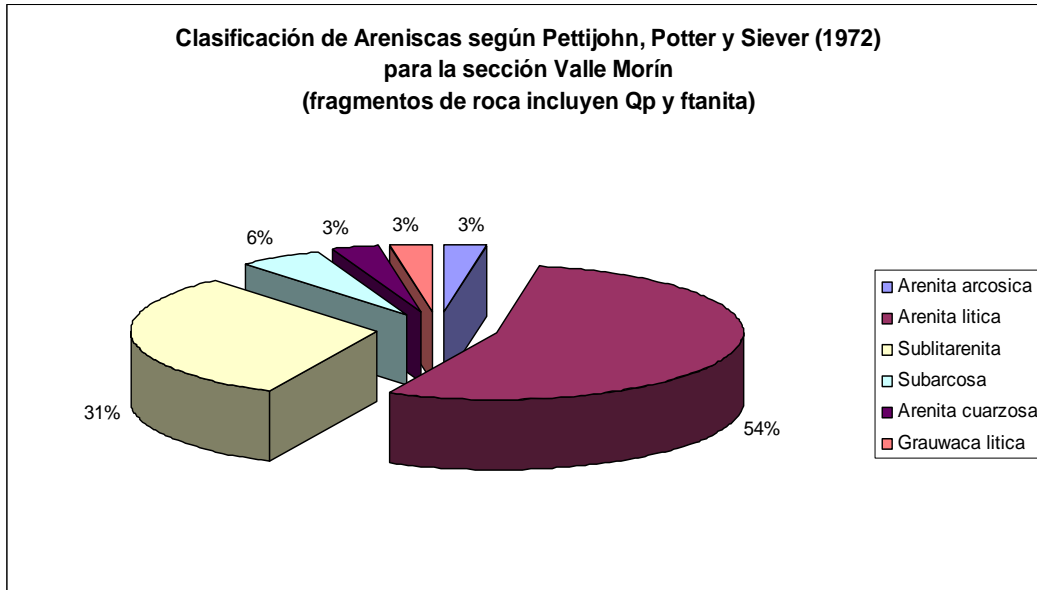


Figura 103. Proporción de tipos de areniscas, clasificadas según Pettijohn, Potter y Siever (1972) para la sección Valle Morín.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la clasificación de areniscas según PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) que arrojó el análisis petrográfico modal.

Sección	Muestra	Clasificación según PETTIJOHN, POTTER y SIEVER, 1972							
		Triangulo Q - F - L			Zona	Triangulo Q - F - L donde Q = Qm + Qp			Zona
		Q	F	L		Q	F	L	
V a l l e M o r i n	C-01	37,52	42,66	19,82	Arenita arcósica	57,34	42,66	0	Arenita arcósica
	C-02	29,06	0,07	70,87	Arenita lítica	72,94	0,07	26,99	Arenita lítica
	C-03	19,78	20,14	13,15	Arenita lítica	66,72	20,14	13,15	Subarcosa
	C-04	56,44	12,42	31,15	Arenita lítica	67,77	12,42	19,82	Sublarenita
	C-05	27,21	18,84	53,95	Arenita lítica	50,31	18,84	30,85	Arenita lítica
	C-06	46,89	14,36	38,75	Arenita lítica	66,28	14,36	19,38	Sublarenita
	C-07	39,25	5,27	55,49	Arenita lítica	83,84	5,27	10,9	Sublarenita
	C-08	43,78	0,91	55,31	Arenita lítica	87,53	0,91	11,56	Sublarenita
	C-09	71,4	1,81	26,8	Arenita lítica	84,01	1,81	14,18	Sublarenita
	C-10	72,72	9,83	17,45	Sublarenita	77,45	9,83	12,72	Sublarenita
	C-11	82,57	12,83	4,61	Subarcosa	86,59	12,83	0,58	Subarcosa
	C-12	62,99	16,08	20,93	Sublarenita	71,97	16,08	11,94	Subarcosa
	C-13	52,32	13,9	33,78	Arenita lítica	72,62	13,9	13,49	Subarcosa
	C-14	79,24	9,06	11,7	Sublarenita	83,31	9,06	7,62	Subarcosa
	C-15	54,02	14,96	31,02	Arenita lítica	70,24	14,96	14,8	Subarcosa
	C-16	47,04	10,1	42,86	Arenita lítica	70	10,1	19,9	Sublarenita
	C-17	66,56	19,39	14,05	Subarcosa	69,06	19,39	11,55	Subarcosa
	C-18	42,65	12,98	44,38	Arenita lítica	60,99	12,98	26,03	Arenita lítica
	C-19	61,81	0	38,19	Arenita lítica	75,68	0	24,32	Sublarenita
	C-20	80,96	7,98	11,06	Sublarenita	85,22	7,98	6,8	Subarcosa
	C-21	84,76	2,07	13,17	Sublarenita	87,61	2,07	10,32	Sublarenita
	C-22	87,78	0,64	11,58	Sublarenita	92,5	0,64	6,86	Sublarenita
	C-23	66,68	2,01	31,31	Arenita lítica	73,37	2,01	24,61	Sublarenita
	C-24	74,8	0	25,2	Arenita lítica	78,2	0	21,8	Sublarenita
	C-25	57,23	3,37	39,4	Arenita lítica	73,85	3,37	22,78	Sublarenita
	C-26	57,3	3,67	39,03	Arenita lítica	80,09	3,67	16,24	Sublarenita
	C-27	66,73	10,42	22,85	Sublarenita	70,61	10,42	18,97	Sublarenita
	C-28	87,66	4,34	8	Sublarenita	94,19	4,34	1,47	Arenita cuarzosa
	C-29	91,56	4,77	3,66	Arenita cuarzosa	92,31	4,77	2,92	Arenita cuarzosa
	C-30	63,87	4,57	31,56	Arenita lítica	73,66	4,57	21,77	Sublarenita
	C-31	91,4	0,07	8,53	Sublarenita	96,49	0,07	3,44	Arenita cuarzosa
	C-32	93,46	0	6,54	Sublarenita	100	0	0	Arenita cuarzosa
	C-33	87,91	2,13	9,96	Sublarenita	90,75	2,13	7,13	Sublarenita
	C-34	76,4	1,27	22,33	Grawaca lítica	78,43	1,27	20,3	Grawaca lítica
	C-35	69,83	0,22	29,96	Arenita lítica	89,62	0,22	10,17	Sublarenita
E l p a o	PO-1A	30,42	30,29	39,29	Grawaca lítica	47,06	30,29	22,65	Grawaca feldespática
	PO-1B	63,64	10,42	25,94	Grawaca lítica	81,29	10,42	8,29	Grawaca feldespática
	PO-1C	38,45	17,48	44,07	Grawaca lítica	45,49	17,48	37,02	Grawaca lítica
	PO-3	35,3	16,14	48,56	Grawaca lítica	41,66	16,14	42,2	Grawaca lítica
	PO-4A	17,06	2,49	89,44	Arenita lítica	28,18	2,49	69,33	Arenita lítica
	PO-4B	9,72	50,88	39,4	Grawaca feldespática	25,19	50,88	23,93	Grawaca feldespática
	PO-5	8,85	75,19	15,96	Grawaca feldespática	20,17	75,19	4,64	Grawaca feldespática
	PO-7B	26,85	50,18	22,97	Grawaca feldespática	42,43	50,18	7,38	Grawaca feldespática
	PO-7A	17,66	45,52	36,82	Grawaca feldespática	54,48	45,52	0	Grawaca feldespática
	PO-9A	7,59	64,76	27,66	Grawaca feldespática	26,51	64,76	8,74	Grawaca feldespática
	PO-9B	39,84	19,09	41,07	Arenita lítica	50,79	19,09	30,12	Arenita lítica
	PO-9C	26,8	38,78	34,43	Arenita arcósica	40,92	38,78	20,3	Arenita arcósica
	PO-9D	26,08	47,9	26,02	Arenita arcósica	36,78	47,9	15,32	Arenita arcósica
	P1-A	21,33	61,63	17,04	Grawaca feldespática	29,13	61,63	9,24	Grawaca feldespática
	P1-C	28,56	11,27	60,17	Lutita o Lodolita	59,33	11,27	29,4	Lutita o Lodolita
	P1-D	30,31	21,06	48,63	Grawaca lítica	48,38	21,06	30,58	Grawaca lítica
	P1-E	45,08	17,9	37,01	Grawaca lítica	60,74	17,9	21,35	Grawaca lítica
	P1-F	33	35,89	31,11	Arenita arcósica	36,01	35,89	28,1	Arenita arcósica
	P1-G	21,64	73,28	5,08	Arenita arcósica	23,68	73,28	3,04	Arenita arcósica
	P1-H	36,19	22,35	41,46	Arenita lítica	36,81	22,35	40,84	Arenita lítica
	P1-J	32,53	29,88	37,59	Arenita lítica	51,38	29,88	18,74	Arenita arcósica
	P1-K	28,37	28,14	43,49	Arenita lítica	51,5	28,14	20,36	Arenita arcósica
	P1-L	15,65	52,35	32	Arenita arcósica	34,57	52,35	13,09	Arenita arcósica
	P1-M	10,16	74,76	15,07	Arenita arcósica	11,59	74,76	13,65	Arenita arcósica
	P1-N	15,76	49,75	34,49	Arenita arcósica	17,53	49,75	32,73	Arenita arcósica
	P1-P	40,4	9,62	49,98	Arenita lítica	71,01	9,62	19,37	Sublarenita
	P1-Q	45,63	12,39	41,97	Grawaca lítica	78,35	12,39	9,25	Grawaca feldespática
	P1-R	45,98	21,14	32,88	Arenita lítica	75,62	21,14	3,24	Subarcosa
	P1-S-A	76,05	9,66	14,29	Sublarenita	87,34	9,66	3	Subarcosa
	P1-T	67,09	5,77	27,14	Arenita lítica	86	5,77	8,24	Sublarenita
P1-V	39,57	10,78	49,66	Arenita lítica	80,55	10,78	8,67	Subarcosa	
P2-A	33,81	19,99	46,2	Arenita lítica	62,05	19,99	17,96	Subarcosa	
P2-B	31,16	22,72	46,12	Arenita lítica	54,41	22,72	22,87	Sublarenita	
P2-C	30,3	14,92	54,79	Arenita lítica	59,87	14,92	25,21	Arenita lítica	
P2-E	28,84	17,52	53,64	Grawaca lítica	51,79	17,52	30,69	Grawaca lítica	

5 PROCEDENCIA Y SIGNIFICADO TECTÓNICO

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se estudiaron los resultados obtenidos a través del análisis modal a 70 muestras clásicas previamente seleccionadas. El análisis de procedencia fue realizado con los datos de composición mineralógica en los diagramas de procedencia propuesto por DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al* (1983). Estos resultados fueron comparados y relacionados con los modelos tectónicos y posibles zonas de aporte propuestos, que se encontraban adyacentes a la subcuenca de Guárico durante el Paleoceno-Eoceno.

Para este estudio es válido pensar, según la propuesta de DICKINSON y SUCZEK (1979), que la procedencia mineralógica de una área está directamente relacionada con el carácter del ambiente sedimentario, que a su vez también se encuentra relacionada con el tipo de transporte que se asocia al área fuente y a la cuenca de depositación. Es por esto que la naturaleza de los procesos sedimentarios dentro de la cuenca están específicamente ligados y controlados por el régimen tectónico que ocasionan la deformación del área.

DICKINSON y SUCZEK (1979) posteriormente ampliado por DICKINSON *et al.* (1983), definen diagramas de clasificación ternarios donde agrupan las variables cuarzo total, feldespatos y fragmentos líticos, en el triángulo Q-F-L, y cuarzo monocristalino, feldespatos y fragmentos líticos en el triángulo Qm-F-Lt (Figuras 104 y 105). Estos diagramas señalan la tendencia que pueden tener las variables de cada muestra, en cada una de las diversas áreas fuentes para la procedencia; la tendencia que se aprecia en las muestras analizadas para este trabajo se puede resumir según QINTERO (1998) en los siguientes tres campos:

Bloque Continental: en este campo se incluyen los sedimentos que provienen de un bloque continental no orogénico que forma areniscas de composición cuarzosa y feldespática, provenientes de un basamento expuesto.

Arco Magmático: este campo incluye varios tipos de sedimentos producto de la erosión del arco orogénico donde las areniscas son ricas en restos líticos y volcanoclastos y además pueden tener alto contenido cuarzo-feldespático si la influencia es plutónica.

Orógeno Reciclado: en este campo se agrupan varios tipos de fuentes de tipo orogénico, como pueden ser areniscas cuarzosas con detritos de origen sedimentario y metasedimentario asociados al cratón interior, transicional reciclado y no reciclado.

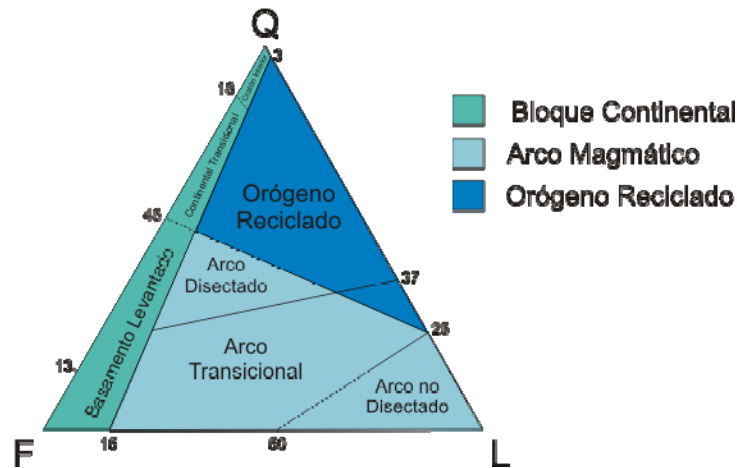


Figura 104. Muestra el diagrama Q-F-L tomando en cuenta todos los tipos de cuarzo incluyendo ftanita, representando areal y porcentualmente los diferentes tipos y subtipos de zonas de procedencias mineralógicas (Tomado y modificado de DICKINSON Y SUCZEK 1979).

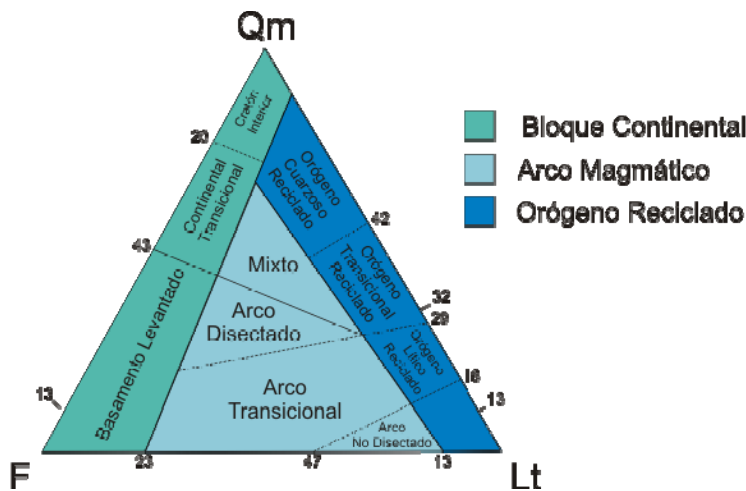


Figura 105. Muestra el diagrama Qm-F-Lt tomando en cuenta solo el cuarzo monocristalino, sin incluir la ftanita, representando areal y porcentualmente los diferentes tipos y subtipos de zonas de procedencias mineralógicas (Tomado y modificado de DICKINSON Y SUCZEK 1979).

Cada uno de estos tres grupos se subdivide a su vez en varios sectores de procedencia, los cuales son descritos detalladamente en la Tabla 2.

Tabla 2. Muestra los diferentes ambientes tectónicos de procedencia para la clasificación de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

BLOQUE CONTINENTAL	ARCO MAGMÁTICO	ORÓGENO RECICLADO
<p>CRATÓN INTERIOR: Los sedimentos son derivados a partir de un escudo expuesto. Su composición es típicamente cuarzosa con porcentajes de feldespatos que aumentan a medida que disminuye la madurez mineralógica de la roca.</p>	<p>NO DISECTADO : Las areniscas presentan un alto contenido de plagioclasa y fragmentos líticos volcánicos. Se observa fenocristales de plagioclasa. El cuarzo está presente en menor proporción y es principalmente de origen volcánico.</p>	<p>COMPLEJO DE SUBDUCCIÓN: En este caso se tiene bloques tectónicamente levantados, compuestos por ofiolitas deformadas y otros materiales oceánicos que pueden servir de fuente aislada de sedimentos. Las areniscas presentan un alto contenido de rocas verdes, <i>chert</i>, argilita, grawacas y algunas calizas.</p>
<p>TRANSICIONAL: Los sedimentos son derivados de formas positivas a lo largo de los segmentos transformantes o de otra estructura discontinua.</p>	<p>TRANSICIONAL: Presenta un mayor contenido de granos de cuarzo, a partir de subvolcánicas de los arcos.</p>	<p>ORÓGENO RECICLADO: Compuesto por napas y corrimientos de rocas sedimentarias y metasedimentarias. Son sedimentos reciclados, con un contenido intermedio de cuarzo, una alta relación cuarzo/feldespato y abundantes fragmentos líticos sedimentarios y metasedimentarios.</p>
<p>BASAMENTO EXPUESTO: Los sedimentos provienen de basamentos expuestos limitados por fallas. El ambiente tectónico principal son cinturones de <i>riff</i> incipientes y rupturas transformantes de bloques continentales. El alto relieve y la rápida erosión del basamento expuesto dan un alto contenido de feldespato en las areniscas.</p>	<p>DISECTADO: Los sedimentos provienen de arcos magmáticos maduros y erosionados que alimentan cuencas de tipo <i>forearc</i> y <i>backarc</i>. Su composición es compleja siendo menos lítica que volcánicla. El feldespato cálcico y potásico es común. Los fragmentos líticos no volcánicos son abundantes.</p>	<p>"FORELAND" EXPUESTO: En este caso los sedimentos derivados están formados por fragmentos líticos sedimentarios y metasedimentarios reciclados, con un contenido menor de cuarzo y feldespato.</p>

5.2 DIAGRAMAS TERNARIOS DE PROCEDENCIA

Como fue expuesto anteriormente, la determinación de la procedencia mineralógica de las rocas clásticas de la Formación Guárico fue realizada con ayuda de diagramas ternarios.

Debido a que no se pudo establecer una correlación estratigráfica entre la sección El Pao y la sección Valle Morín para definir niveles de sedimentación, la representación de los resultados obtenidos se expondrán por cada sección y dividiendo estas de manera espacial en base, medio y tope.

Para presentar los datos de procedencia de las rocas de la Formación Guárico se expondrán a continuación los diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt propuestos por DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983), sin embargo es importante destacar que según DICKINSON Y SUCZEK (1979) existen diversos factores a tomar en cuenta a la hora de interpretar la composición total de la roca, ya que los fragmentos menos resistentes se desintegran antes del depósito o se transforman, originando un incremento aparente en el porcentaje de los granos más resistentes (por ejemplo: cuarzo), el tamaño de los granos, su textura y su madurez, por lo que para este estudio se tomó principalmente en consideración el diagrama ternario Q-F-L debido a que este agrupa en la variable Q (cuarzo) todos los tipos de cuarzo y ftanita separándolos de la variable L (fragmentos líticos) a diferencia del diagrama Qm-F-Lt.

La razón de esto se debe a que las muestras analizadas en ambas secciones en ciertos casos no presentaron las condiciones ideales con respecto al tamaño de grano, alteración y madurez expuestas por DICKINSON Y SUCZEK (1979) para la interpretación de la procedencia tectónica de la roca por lo que al utilizar el diagrama ternario Qm-F-Lt, el cual agrupa en el vértice de los fragmentos líticos el cuarzo policristalino y la ftanita, los resultados podrían ser poco confiables pues no se podría saber a ciencia cierta que cantidades de cuarzo podrían ser producto de la disgregación de fragmentos menos resistentes tomando en cuenta la madurez, la alteración y el transporte observado en las rocas utilizadas para este estudio.

5.2.1 PROCEDENCIA DE LA SECCIÓN EL PAO

Los resultados de procedencia para la base, el medio y el tope de la sección El Pao fueron comparados con los campos de procedencia mostrados en las figuras 104 y 105.

La representación gráfica de las muestras pertenecientes a la base de la sección El Pao, en el diagrama Q-F-L, marcaron una doble tendencia, una principal controlada por una fuente continental y otra influenciada por un orógeno reciclado. Las muestras que se ubicaron en la zona de procedencia continental se encuentran hacia el campo de basamento levantado y continental transicional (Figura 106).

En el diagrama Qm-F-Lt, no se aprecia una tendencia clara, debido a que las muestras se encuentran dispersas entre las zonas de arco magmático, orógeno reciclado y mixto (Figura 107).

La presencia de feldespatos indeterminados, plagioclasas, fragmentos de rocas ígneas, fragmentos volcánicos y metamórficos señalan la influencia de un basamento expuesto; sin embargo algunas muestras que evidenciaron fragmentos de rocas sedimentarias, poca presencia de feldespatos y una marcada alteración cuarzo-feldespática están asociadas a una fuente de orógeno reciclado.

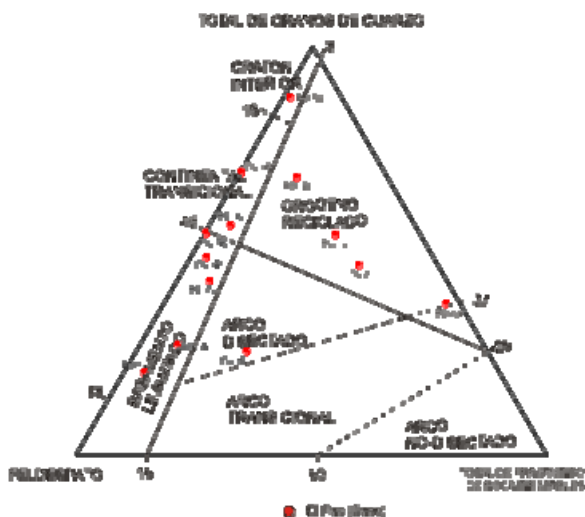


Figura 106. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente a la base de la sección El Pao.



Figura 107. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente a la base de la sección El Pao.

Al igual que en la base, las muestras pertenecientes al nivel medio de la sección, muestran una doble tendencia, la primera controlada por una fuente continental y la segunda de origen orogénico.

El diagrama Q-F-L correspondiente al nivel medio (Figura 108), muestra claramente esta doble tendencia y evidencia un aumento considerable en el porcentaje de cuarzo y ftanita hacia las muestras superiores de este nivel (P1-T, P1-V, P1-S-A), ubicándose en la zona continental de cratón interior.

En la figura 109 se observa que la tendencia de las muestras correspondientes al nivel medio de la sección El Pao en el diagrama Qm-F-Lt es dispersa, sin embargo el mayor número de muestras, se ubica principalmente hacia la zona reciclada y mixta con cierta influencia de un arco magmático de tipo disectado.

Al comparar los diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt se puede apreciar que existe una importante cantidad de cuarzo policristalino y ftanita que influye considerablemente en la clasificación del ambiente tectónico de sedimentación debido que al considerar estos como fragmentos de roca en el diagrama Qm-F-Lt, el porcentaje de cuarzo disminuye y el de fragmentos de roca aumenta considerablemente.

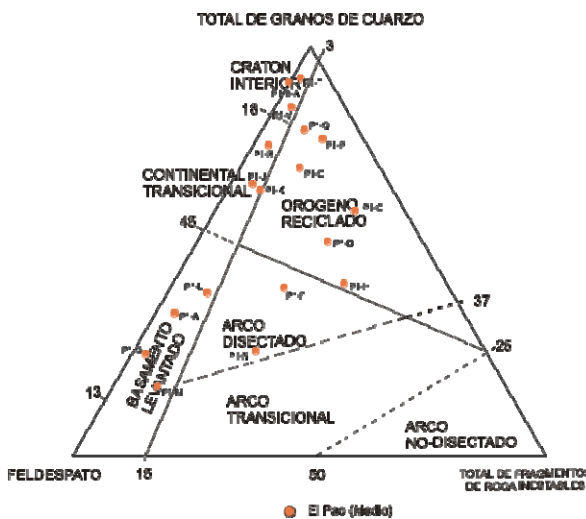


Figura 108. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al nivel medio de la sección El Pao.

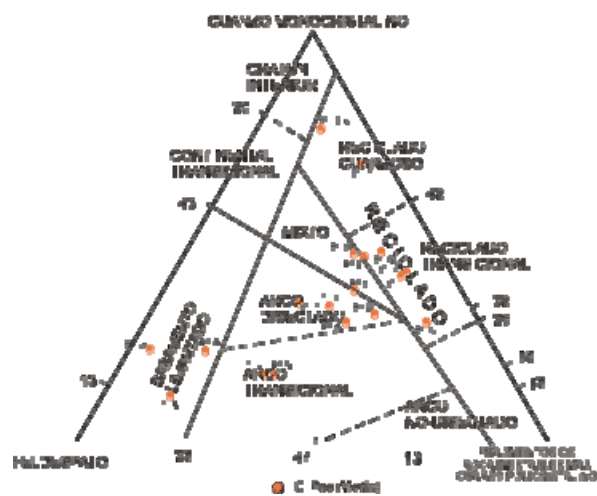


Figura 109. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al nivel medio de la sección El Pao.

Al observar los diagramas totales de la clasificación de DICKINSON Y SUCZEK (1979) para la sección El Pao (Figuras 112 y 113) se evidencia una doble tendencia, la primera proveniente de un bloque continental y la segunda de un orógeno reciclado para el triángulo Q-F-L (Figura 112), sin embargo se puede notar que las muestras de procedencia del bloque continental (basamento levantado, continental transicional y cratón interior) es mayor que la de orógeno reciclado.

Para el diagrama Qm-F-Lt (Figura 113), la tendencia no es tan clara, ubicándose hacia la zona limítrofe entre la de arco magmático disectado, zona mixta y reciclado trasicional con algunas excepciones en las que algunas muestras se ubicaron hacia los campos de arco transicional, basamento levantado y reciclado cuarzoso.



Figura 112. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al total de muestras de la sección El Pao.

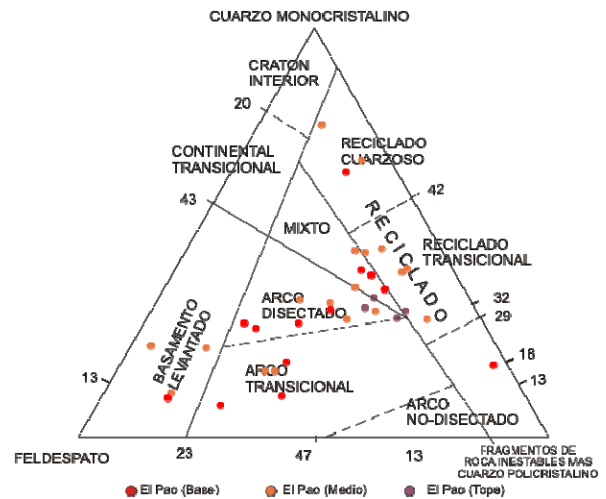


Figura 113. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al total de muestras de la sección El Pao.

En general se observa que la tendencia global para el total de las muestras pertenecientes a la sección El Pao indica una mayor procedencia continental con cierta influencia de un orógeno reciclado y menos aporte del arco magmático. La marcada alteración cuarzo-feldespática, la madurez de la roca y el gran porcentaje de cuarzo policristalino y ftanita, fueron características observadas al momento de realizar la petrografía, las cuales influyen de manera determinante en las clasificaciones del ambiente tectónico de sedimentación, es por esto que las diferencias entre las tendencias de la procedencia entre los diagramas Q-F-L y Qm-F-Lt propuestos por DICKINSON Y SUCZEK (1979) para esta sección son notables.

En la tabla 3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos correspondientes a la sección El Pao para la clasificación en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

Tabla 3. Resultados para la clasificación en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

Sección	Muestra	DICKINSON & SUCZEK, 1979 y DICKINSON <i>et al.</i> , 1983							
		Triangulo Qm - Lt - F			Zona	Triangulo Q-L-F			Zona
		Qm	Lt	F		Q	L	F	
E l P a o	PO-1A	30,42	39,29	30,29	Arco disectado	69,71	0	30,29	Orógeno reciclado
	PO-1B	63,63	25,94	10,42	Cuarzoso reciclado	87,59	1,99	10,42	Cratón interior
	PO-1C	38,45	44,07	17,48	Mezcla	53,93	28,58	17,48	Orógeno reciclado
	PO-3	35,3	48,56	16,14	Transicional reciclado	46,42	37,45	16,14	Orógeno reciclado
	PO-4A	17,06	80,44	2,49	Arco no disectado	37,03	60,48	2,49	Orógeno reciclado
	PO-4B	9,72	39,4	50,88	Arco transicional	25,19	23,93	50,88	Arco disectado
	PO-5	8,85	15,96	75,19	Basamento levantado	20,17	4,64	75,19	Basamento levantado
	PO-7B	26,85	22,97	50,18	Arco disectado	42,43	7,38	50,18	Basamento levantado
	PO-7A	17,66	36,82	45,52	Arco transicional	54,48	0	45,52	Continental transicional
	PO-9A	7,59	27,66	64,76	Arco transicional	26,51	8,74	64,76	Basamento levantado
	PO-9B	39,84	41,07	19,09	Mezcla	67,69	13,22	19,09	Orógeno reciclado
	PO-9C	26,8	34,43	38,78	Arco disectado	56,25	4,97	38,78	Continental transicional
	PO 9D	26,08	26,02	47,9	Arco disectado	48,3	3,8	47,9	Basamento levantado
	P1-A	21,33	17,04	61,63	Basamento levantado	34,39	3,98	61,63	Basamento levantado
	P1-C	28,56	60,17	11,27	Transicional reciclado	59,33	29,4	11,27	Orógeno reciclado
	P1-D	30,31	46,63	21,06	Arco disectado	51,65	27,09	21,06	Orógeno reciclado
	P1-E	45,08	37,01	17,9	Transicional reciclado	69,24	12,86	17,9	Orógeno reciclado
	P1-F	33	31,11	35,89	Arco disectado	40,07	24,04	35,89	Arco disectado
	P1-G	21,64	5,08	73,28	Basamento levantado	24,23	2,49	73,28	Basamento levantado
	P1-H	36,19	41,46	22,35	Mezcla	41,81	35,84	22,35	Orógeno reciclado
	P1-J	32,53	37,59	29,88	Arco disectado	65,3	4,82	29,88	Continental transicional
	P1-K	28,37	43,49	28,14	Arco disectado	63,98	7,88	28,14	Continental transicional
	P1-L	15,65	32	52,35	Arco transicional	39,36	8,29	52,35	Basamento levantado
	P1-M	10,16	15,07	74,76	Basamento levantado	16,04	9,19	74,76	Basamento levantado
	P1-N	15,76	34,49	49,75	Arco transicional	25,03	25,22	49,75	Arco disectado
	P1-P	40,4	49,98	9,62	Transicional reciclado	76,66	13,72	9,62	Orógeno reciclado
	P1-Q	45,63	41,97	12,39	Transicional reciclado	78,35	9,25	12,39	Orógeno reciclado
	P1-R	45,98	32,88	21,14	Mezcla	75,62	3,24	21,14	Continental transicional
P1-S-A	76,05	14,29	9,66	Cuarzoso reciclado	90,34	0	9,66	Cratón interior	
P1-T	67,09	27,14	5,77	Cuarzoso reciclado	92,09	2,14	5,77	Cratón interior	
P1-V	39,57	49,66	10,78	Transicional reciclado	84,09	5,13	10,78	Cratón interior	
P2-A	33,81	46,2	19,99	Mezcla	78,79	1,22	19,99	Continental transicional	
P2-B	31,16	46,12	22,72	Arco disectado	63,73	13,55	22,72	Orógeno reciclado	
P2-C	30,3	54,79	14,92	Transicional reciclado	77,44	7,64	14,92	Continental transicional	
P2-E	28,84	53,64	17,52	Arco disectado	65,15	17,32	17,52	Orógeno reciclado	

5.2.2 PROCEDENCIA DE LA SECCIÓN VALLE MORÍN

Los resultados de procedencia para la base, el medio y el tope de la sección Valle Morín fueron comparados con los campos de procedencia mostrados en las figuras 104 y 105.

Las muestras pertenecientes a la base de la sección Valle Morín, representadas en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979), se observa una clara tendencia hacia la zona de orógeno reciclado influenciada por un aporte proveniente de un cratón interior tanto para el diagrama Q-F-L como para el diagrama Qm-F-Lt (Figuras 114 y 115).

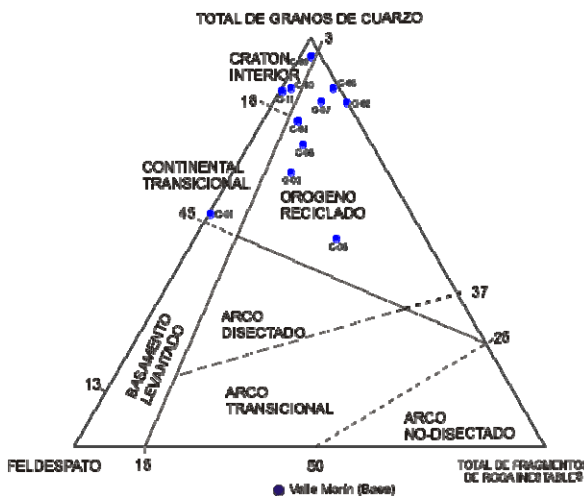


Figura 114. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente a la base de la sección Valle Morín.

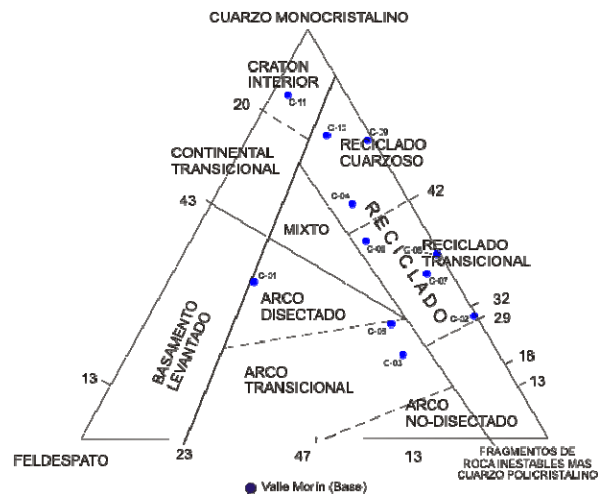


Figura 115. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente a la base de la sección Valle Morín.

Se puede apreciar en este nivel basal el gran contenido de cuarzo que presentan las muestras, el cual va en aumento hacia la parte superior de este nivel. En la figura 114 se observa que las muestras C-01, C-05 y C-03 ubicadas en la parte inferior de este nivel, presentan la menor cantidad de cuarzo del total de las muestras pertenecientes a la base y al observar estas muestras en la figura 115, se deduce que gran parte de su contenido de cuarzo corresponde a cuarzo policristalino y ftanita pues en comparación con el diagrama Q-F-L, aumenta considerablemente la cantidad de fragmentos de roca y la del cuarzo disminuye, por lo que se ubican en este diagrama hacia los campos de arco disectado y arco transicional.

Por otra parte el nivel medio de la sección Valle Morín, al igual que el nivel basal, evidencia una doble tendencia proveniente de un orógeno reciclado influenciado por un aporte continental de cratón interior.

El diagrama ternario de clasificación Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) muestra esta clara tendencia (Figura 116).

Igualmente el diagrama de clasificación Qm-F-Lt muestra esta doble tendencia, proveniente de la zona reciclada influenciada por el aporte de un cratón interior y refleja a su vez que las muestras pertenecientes a la parte inferior de este nivel tienden a ubicarse en el campo reciclado distribuidas en las subzonas de reciclado cuarzoso y reciclado transicional (Figura 117).

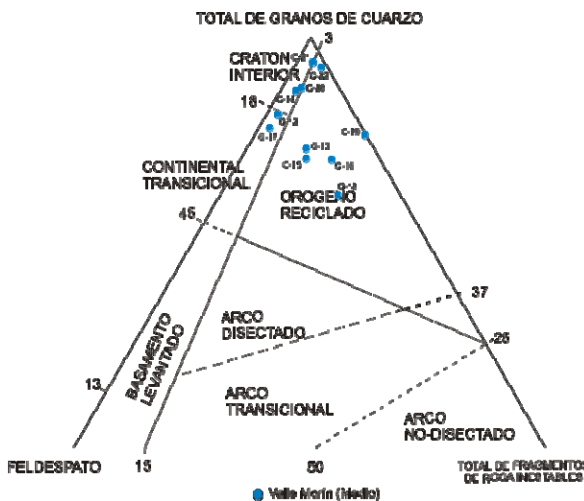


Figura 116. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al nivel medio de la sección Valle Morín.

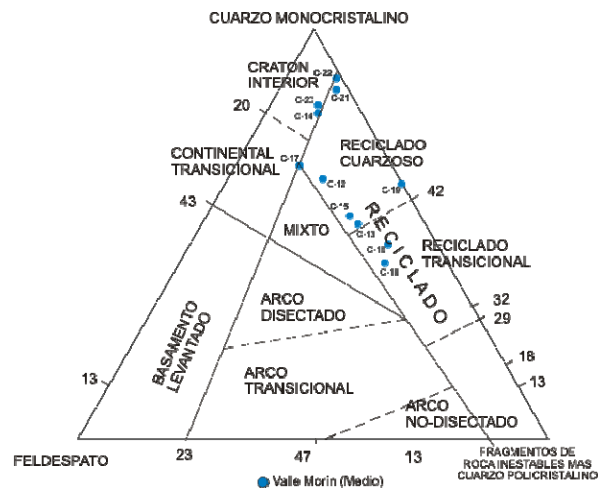


Figura 117. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al nivel medio de la sección Valle Morín.

Es importante destacar que en este nivel la cantidad total de cuarzo aumenta y los fragmentos de roca disminuyen en comparación al nivel base de esta sección, haciéndose cada vez más marcada la tendencia de un orógeno reciclado cuarzoso y un aporte secundario proveniente de un cratón interior a medida que se asciende estratigráficamente en la columna.

Observando el nivel tope de la sección Valle Morín en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) mostrado en el triángulo Q-F-L, se aprecia una tendencia controlada por un aporte continental, específicamente provenientes del cratón interior y una leve influencia de un orógeno reciclado (Figura 118).

Por otra parte, en el triángulo Qm-F-Lt (Figura 119), se observa de igual manera que en el nivel base y el nivel medio de la sección, dos fuentes de aporte, la primera proveniente de un orógeno reciclado cuarzoso y la segunda de un cratón interior.

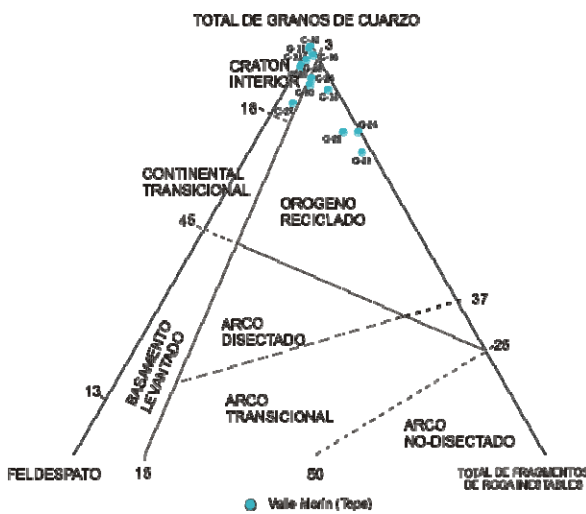


Figura 118. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al tope de la sección Valle Morín.

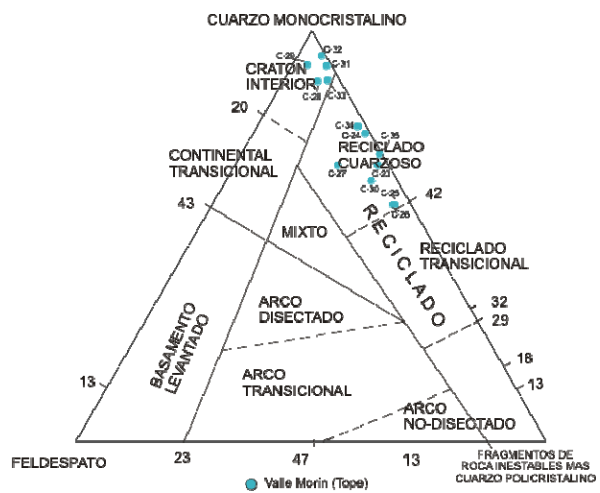


Figura 119. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al tope de la sección Valle Morín.

Es importante hacer notar que en este nivel la cantidad total de cuarzo monocristalino aumenta y controla significativamente la composición de las muestras, disminuyendo el contenido de fragmentos de roca y el contenido feldespático, en comparación con los porcentajes observados en el nivel medio y base de la sección.

Los diagramas ternarios Q-F-L y Qm-F-Lt totales de DICKINSON Y SUCZEK (1979) pertenecientes a la sección Valle Morín, muestran una doble tendencia proveniente de un orógeno reciclado y otra proveniente de un cratón interior, como lo muestran las figuras 120 y 121.

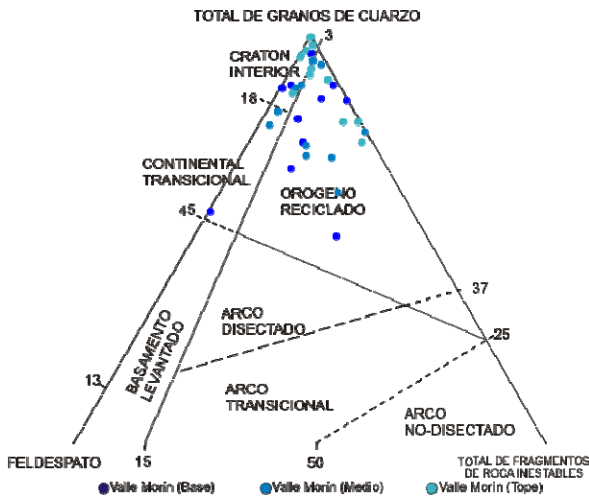


Figura 120. Diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al total de muestras de la sección Valle Morín.

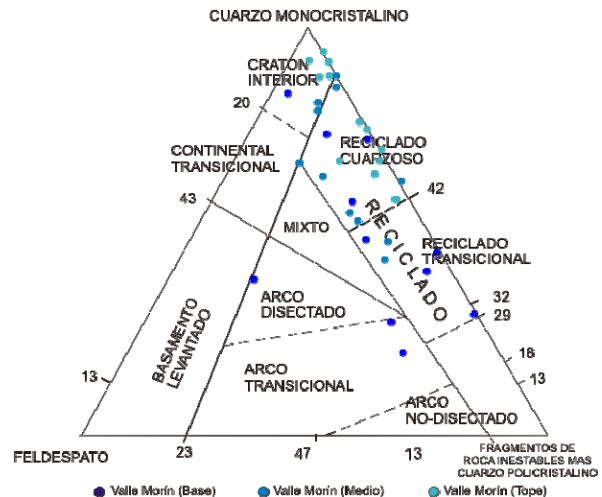


Figura 121. Diagrama ternario Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979) correspondiente al total de muestras de la sección Valle Morín.

El diagrama Q-F-L muestra una tendencia principal asociada a sedimentos provenientes de un orógeno reciclado con influencia de un bloque continental, mientras que el diagrama Qm-F-Lt muestra una tendencia similar.

Una característica importante en los resultados de procedencia para la sección Valle Morín es que a medida que se asciende estratigráficamente hacia el tope de la secuencia, se evidencia un aumento en el contenido de cuarzo monocristalino y una disminución en los fragmentos de roca y feldespatos.

Finalmente, se puede observar como las muestras pertenecientes a los niveles inferiores tienden a mostrar una procedencia de orógeno reciclado transicional y debido a este aumento gradual en el porcentaje de cuarzo monocristalino, las muestras de los niveles superiores tienden a ocupar el campo de procedencia de orógeno reciclado cuarzoso, abandonando por completo el campo reciclado transicional.

En la tabla 4 se presenta un resumen de los resultados obtenidos correspondientes a la sección Valle Morín para la clasificación en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

Tabla 4. Resultados para la clasificación en los diagramas ternarios de DICKINSON Y SUCZEK (1979) y DICKINSON *et al.* (1983).

Sección	Muestra	DICKINSON & SUCZEK, 1979 y DICKINSON <i>et al.</i> , 1983							
		Triangulo Qm - Lt - F			Zona	Triangulo Q-L-F			Zona
		Qm	Lt	F		Q	L	F	
V a l l e M o r í n	C-01	37,52	19,82	42,66	Arco disectado	57,34	0	42,66	Continental transicional
	C-02	29,06	70,87	0,07	Transicional reciclado	83,7	16,24	0,07	Orógeno reciclado
	C-03	19,78	60,08	20,14	Arco transicional	66,72	13,15	20,14	Orógeno reciclado
	C-04	56,44	31,15	12,42	Cuarzoso reciclado	79,21	8,37	12,42	Orógeno reciclado
	C-05	27,21	53,95	18,84	Arco transicional	50,31	30,85	18,84	Orógeno reciclado
	C-06	46,89	38,75	14,36	Transicional reciclado	73,25	12,38	14,36	Orógeno reciclado
	C-07	39,25	55,49	5,27	Transicional reciclado	84,18	10,55	5,27	Orógeno reciclado
	C-08	43,78	55,31	0,91	Transicional reciclado	87,53	11,56	0,91	Orógeno reciclado
	C-09	71,4	26,8	1,81	Cuarzoso reciclado	95,27	2,93	1,81	Cratón interior
	C-10	72,72	17,46	9,83	Cuarzoso reciclado	87,43	2,75	9,83	Cratón interior
	C-11	32,57	4,61	12,83	Cratón interior	86,79	0,39	12,83	Cratón interior
	C-12	62,99	20,93	16,08	Cuarzoso reciclado	80,58	3,33	16,08	Continental transicional
	C-13	52,32	33,78	13,9	Cuarzoso reciclado	72,62	13,49	13,9	Orógeno reciclado
	C-14	79,24	11,7	9,06	Cratón interior	86,47	4,47	9,06	Cratón interior
	C-15	54,02	31,02	14,96	Cuarzoso reciclado	70,24	14,8	14,96	Orógeno reciclado
	C-16	47,04	42,86	10,1	Transicional reciclado	70	19,9	10,1	Orógeno reciclado
	C-17	66,56	14,05	19,39	Continental transicional	77,74	2,87	19,39	Continental transicional
	C-18	42,65	44,38	12,98	Transicional reciclado	60,99	26,03	12,98	Orógeno reciclado
	C-19	81,81	38,19	0	Cuarzoso reciclado	75,65	24,32	0	Orógeno reciclado
	C-20	80,96	11,06	7,98	Cratón interior	87,3	4,72	7,98	Cratón interior
	C-21	84,76	13,17	2,07	Cuarzoso reciclado	93,5	4,43	2,07	Cratón interior
	C-22	87,78	11,58	0,64	Cuarzoso reciclado	92,5	6,86	0,64	Orógeno reciclado
	C-23	66,68	31,31	2,01	Cuarzoso reciclado	73,37	24,61	2,01	Orógeno reciclado
	C-24	74,8	25,2	0	Cuarzoso reciclado	78,2	21,8	0	Orógeno reciclado
	C-25	57,23	39,4	3,37	Cuarzoso reciclado	78,12	18,51	3,37	Orógeno reciclado
	C-26	57,3	39,03	3,67	Cuarzoso reciclado	91,65	4,68	3,67	Cratón interior
	C-27	56,73	22,85	10,42	Cuarzoso reciclado	85,38	4,2	10,42	Cratón interior
	C-28	87,66	8	4,34	Cratón interior	94,85	0,81	4,34	Cratón interior
	C-29	91,56	3,66	4,77	Cratón interior	94,78	0,45	4,77	Cratón interior
	C-30	83,87	31,56	4,57	Cuarzoso reciclado	90,13	5,29	4,57	Cratón interior
	C-31	91,4	8,53	0,07	Cuarzoso reciclado	99,85	0,08	0,07	Cratón interior
	C-32	93,46	6,54	0	Cratón interior	100	0	0	Cratón interior
	C-33	87,91	9,96	2,13	Cratón interior	95,96	1,91	2,13	Cratón interior
	C-34	76,4	22,33	1,27	Cuarzoso reciclado	88,79	9,94	1,27	Orógeno reciclado
	C-35	69,83	29,96	0,22	Cuarzoso reciclado	97,06	2,72	0,22	Cratón interior

5.3 PROCEDENCIA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO

La gran parte de las muestras estudiadas en este trabajo, tanto en la sección de El Pao como en la sección Valle Morín, mostraron una doble tendencia y se ubicaron en los campos pertenecientes a un orógeno reciclado (reciclado cuarzoso y reciclado transicional) y a los campos pertenecientes a un bloque continental (basamento levantado, continental transicional y cratón interior) tanto en el diagrama Q-F-L como en el diagrama Qm-F-Lt, sin embargo hacia el nivel base y medio de la sección El Pao en algunos casos las muestras se ubicaron en los campos correspondientes al arco magmático (arco disectado, arco transicional y arco no disectado).

Para estos casos aislados, donde las muestras presentaron importantes cantidades de fragmentos de roca, entre ellos fragmentos de tipo volcánico y se ubicaron hacia los campos de arco magmático en los diagramas de clasificación de DICKINSON Y SUCZEK (1979), existe una posible explicación ya que gran parte de estos sedimentos son espículas o cenizas volcánicas las cuales se sabe pueden viajar cientos de kilómetros antes de depositarse por vía aérea.

Esta doble tendencia entre los campos continentales y los campos de orógeno reciclado en las secciones El Pao y Valle Morín, pertenecientes a la Formación Guárico podría deberse a la diagénesis.

En el capítulo anterior se hace referencia a los procesos diagenéticos observados al momento de realizar el estudio petrográfico modal, donde la disolución de fragmentos lábiles y los feldespatos, fue uno de los procesos diagenéticos más frecuentes y en consecuencia esto generaría un incremento significativo en la fracción de cuarzo.

Otra explicación a esta doble tendencia sería el retrabajo de los sedimentos en un ambiente de energía variable que ocasionaría la destrucción de gran parte de la fracción de lábiles. Diversos autores le atribuyen a la Formación Guárico un ambiente de surco marino profundo, donde generalmente la energía del medio es baja, sin embargo, presenta en su morfología valles submarinos (cañones, canales, cárcavas, etc...) los cuales representan las principales vías de transferencia de sedimento hacia los ambientes marinos profundos.

Estos valles presentan una morfología abrupta, son estrechos con paredes de gran pendiente y con un corte transversal en forma de "V" y "U", donde la mayoría del material que se acumula en el talud superior es generalmente inestable y tiende a moverse mar adentro en forma de deslizamientos, en los cuales la deformación es mínima y en forma de corrientes de turbidez, en los que el sedimento se desplaza como una suspensión turbulenta de alta energía y en este caso estarían dadas las condiciones necesarias para que existan procesos de retrabajo en los sedimentos y explicaría la gran proporción de granos de cuarzo y las aparentes discrepancias entre los diagramas Q-F-L y Qm-F-Lt, donde para el primero, los porcentajes de cuarzo policristalino y ftanita forman parte del cuarzo total y para el segundo se suman al vértice de los fragmentos de roca.

También podría pensarse en una acción combinada de ambos procesos en la cual actuaría primero el retrabajo y otros factores mecánicos asociados al transporte de los sedimentos y posteriormente la diagénesis.

Si se afirma lo expuesto anteriormente, no solo se explicarían los casos aislados, también se concluiría que la proporción de fragmentos lábiles y feldespatos original para las otras muestras era mayor.

En las figuras 122 y 123, se muestran en un mapa esquemático la localización de las muestras y sus respectivos resultados de procedencia para las secciones El Pao y Valle Morín respectivamente.

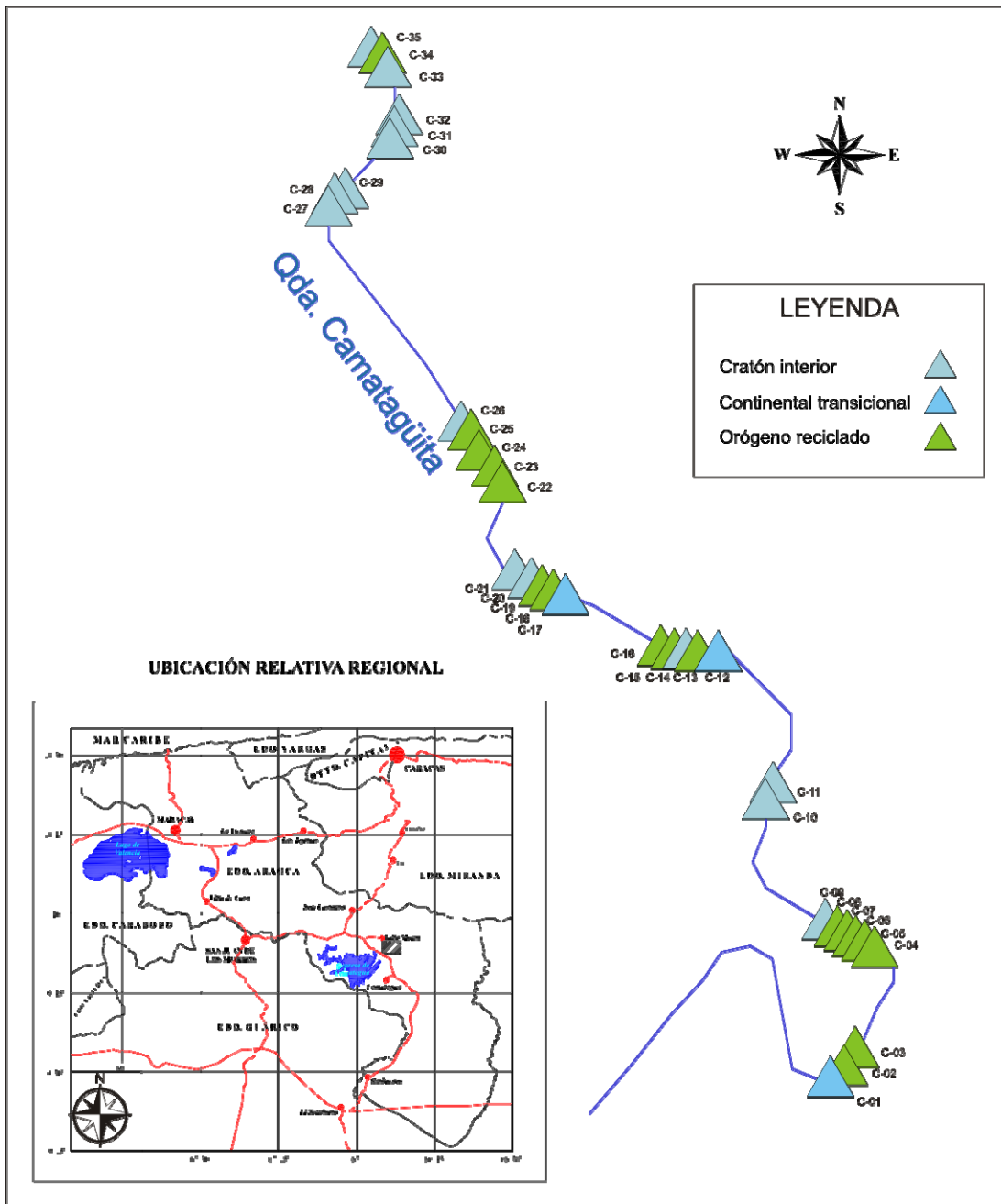


Figura 123. Mapa esquemático donde se aprecia la localización de las muestras de la sección Valle Morín con su respectivo resultado de procedencia.

5.4 TERRENOS EXPUESTOS Y PROCEDENCIA TECTÓNICA

Para el momento de la depositación, en el área de estudio, de las secciones correspondientes a la Formación Guárico, se sugiere la existencia de cuatro posibles fuentes.

El Escudo de Guayana, ubicado al sur-sureste de la zona, el mismo comprende La Provincia de Imataca, La Provincia de Pastora y La Provincia de Cuchivero. A parte de la mineralogía diagnóstica de este terreno es principalmente circón, turmalina, epidoto y apatito (Tabla 5).

El Arco de Mérida y rocas de la plataforma cretácica expuestas, ubicados al oeste-suroeste de la zona, donde se encuentran involucradas las formaciones Mucuchachí, El Águila, Río Monboy y Sabaneta. Se presentan algunas intrusiones graníticas y rocas sedimentarias de las Formaciones La Luna, Colón y parte del Grupo Cogollo (formaciones Apón, Lisure y Maraca). Los minerales diagnósticos para esta fuente son esencialmente granate, micas, clorita, estaurolita y fragmentos sedimentarios (Tabla 5).

La Cadena Caribe, ubicada al norte-noroeste para el tiempo de la depositación de la Formación Guárico, representa la fuente de aporte más importante y está compuesta por los cinturones de la Cordillera de la Costa, Caucagua-El Tinaco, Paracotos, Villa de Cura, el complejo de peridotitas de Tinaquillo y las Ofiolitas de Siquisique. La mineralogía diagnóstica para este terreno esta conformada por granate, cianita, fragmentos volcánicos y sedimentarios, circón, turmalina, clinozoicita, estaurolita, espinela y glaucofano (Tabla 5).

El Macizo de El Baúl, ubicado al sur de la zona para el tiempo de la depositación. En él se encuentran involucradas las formaciones Mireles, Cerrajón, Cañaote y algunas intrusiones ígneas como el Granito de El Baúl y las Volcánicas de Guacamaya (Tabla 5).

Tabla 5. Ubicación y composición de los posibles terrenos expuestos para el Maastrichtiense-Eoceno y su mineralogía diagnóstica. Tomado y modificado de QUINTERO (1998).

NOMBRE	UBICACIÓN*	COMPOSICIÓN	MINERALOGÍA DIAGNÓSTICA
Eseudo de Guayana	Sur-Sureste	<ol style="list-style-type: none"> Provincia de Imatá ca: Gneis graníticos migmatíticos y no migmatíticos; granulitas félsicas rojas y verdes; Gneis oligoclástico-cuarzo-biotítico; gneis granítico. Provincia de Pastora: (Complejo Supremo) Metalmolitas de origen volcánico, metareniscas félsopáticas: trochilinitas, granodioritas, cuarzo-dioritas. (Grupo Carracho) anfibolitas esquistos arfibolíticos-biotíticos-epidóticos-alfidicos (basalto Yucvan Curao) cuarzozonzoalta-biotitas. Provincia de Cuchivero (rocas plutónicas) Granitos alcalinos, granitos y cuarzozonzoalta, granulitas, tonalitas, dioritas, rocas volcánicas, tobas de composición riolítica alcalina, riolita, dacita y latita cuarceifera. 	Circón, Turmalina, Epidoto, Apatito.
Aren de Mérida y Rocas de la Plataforma Cratónica	Oeste-Suroeste	<ol style="list-style-type: none"> Fn. Musushachi: Varta de pizarras con tendencias filíticas y brillo sericitico, fasilifera a pizarras de color gris oscuro a verdosas con tendencias filíticas. Metareniscas. Fn. El Aguila: Cuarcitas, filitas y metalmolitas micáceas cloríticas y algunas de ellas muestra porfiroblastos de granate (Miembro El Balcón). Fn. Río Mombuy: Filitas con biotita generalmente en porfiroblastos y cuarcitas. Intrusiones graníticas. Rocas sedimentarias de las formaciones La Luna, Colón y parte del grupo Cogollo (Apón -Lisur y Mirasa). 	Granate, mica, clorita, turmalina, ciorita, fragmentos sedimentarios y metamórficos.
Terrenos de Cadena Caribe	Norte-Noroeste	<ol style="list-style-type: none"> Cordón Cordillera de la Costa: (Complejo Sebastopol) Gneis graníticos; (Fn. Tacagua) esquistos sericiticos-epidóticos, esquistos cuarzo - grafíticos, arfibolitas, esquistos cuarzo -grafíticos - cloríticos y metacuarcitas granulíferas-epidóticas. Cordón de Cauayan -El Tinaco gneis hornblenda feldspático-plagioclásico. Gneis plagioclásico - cuarzo, arfibolitas, metavolcánicas alcalinas no orgénicas, intrusiones metadálticas y metatufocliticas. Cordón Paracota: Napas olistolíticas: harzburgitas, serpentinitas y gabros (Porfiroblasto de Loma de Hierro); lavas almohadilladas y brechas volcánicas. Lavas intrusivas por diques gabroides (Fn. Tiara), volcánicas sin metamorfizar y volcániclasticas (Fn. Dos Hermanas). Cordón Villa de Cura: Metasedimentos (mayormente volcániclasticas) y metavolcánicas. Complejo de Ultrabásicas de Chuear: Piroxenitas olivíferas, magnetita-olivíferas y magnetita - isomblándica. Gabro biopixénico, amblendítico y diques de gabro. Complejo de peridotitas de Tinaikillo: Está compuesto por harzburgitas, dunitas serpentinitas, metagabros y piroxenita. Ofolitos de Siquisique: Consiste de gabros y lavas almohadilladas con lentes de latita. 	Fragmentos volcánicos álficos, intermedios y sedimentarios, circón, turmalina dravita.
Macizo de El Baúl	Sur	<ol style="list-style-type: none"> Fn. Mirles: Filitas carbonílicas y gris verdosas, metalmolitas filíticas de color gris verdoso, macetas y ligeramente esquistosas intercaladas con cuarcitas micáceas. Fn. Cerujón. Filitas y metalmolitas que pasan a cuarcitas micáceas, esquistos clorítico s-cuarzosos y cuarcitas. "Harzburg" con intercalaciones de cuarcita blanca y negra, diaclasadas. Fn. Cahote: Cuarcitas micáceas, metareniscas arcólicas y lortos conglomeráticos. Granito El Baúl: Intrusión granítica alcalina de tipo rhyolite. Volcánicas de Guacamaya: Riolita, tobas híbridas y latitas cuarceiferas. 	Muscovita, biotita, clorita, Turmalina, fragmentos volcánicos félsicos y sedimentarios, circón y apatito.

(*) Respecto a la subcuena de Guárico

Los diferentes eventos tectónicos ocurridos durante la evolución del surco de Guárico, son los responsables del tipo de cuenca allí formada. Para este trabajo se tomó en cuenta la clasificación realizada por BALLY Y SNELSON (1980), la cual permite definir el tipo de cuenca basándose en la estratigrafía, paleogeografía y el modelo tectónico del área, que dominó y controló la cuenca durante la sedimentación. Esta clasificación divide en tres grupos los distintos tipos de cuencas:

- Cuencas ubicadas sobre la litosfera y no asociadas a la formación de megasuturas. Estas incluyen a los márgenes continentales pasivos, márgenes tipo Atlántico y cuencas cratónicas.
- Cuencas perisuturales ubicadas sobre la litosfera y asociadas a la formación de megasuturas compresionales. Estas incluyen las cuencas asociadas a subsidencia de fosa marina profunda y cuencas de subsidencia de “*foredeep*”, también conocidas como cuencas “*foreland*”.
- Cuencas episuturales ubicadas sobre la litosfera y contenidas en megasuturas compresionales. Estas incluyen cuencas de tipo “*forearc*” y “*backarc*”.

Como se explicó anteriormente en este capítulo, el tipo de cuenca que caracteriza al surco de Guárico, se encontraba controlado por el choque oblicuo del arco volcánico del Caribe con la placa Suramericana. Esto trajo como consecuencia un cinturón de corrimientos con vergencia sureste desde el Maastrichtiense hasta el Neógeno, el avance de este frente de corrimientos es denominado frente de deformación Caribe. El mismo produjo en el occidente del país, cuencas tipo “*foreland*”, cuyos “*foredeep*” fueron migrando hacia el sur-sureste a medida que el avance del frente de deformación ocurría (Figura 124).

Por todo lo anteriormente expuesto, la cuenca que dio origen a la secuencia sedimentaria correspondiente a la Formación Guárico, sería una cuenca perisutural y estaría asociada a una subsidencia de fosa marina profunda, donde los sedimentos que la rellenan derivan mayoritariamente de las cadenas montañosas asociadas a los cinturones plegados.

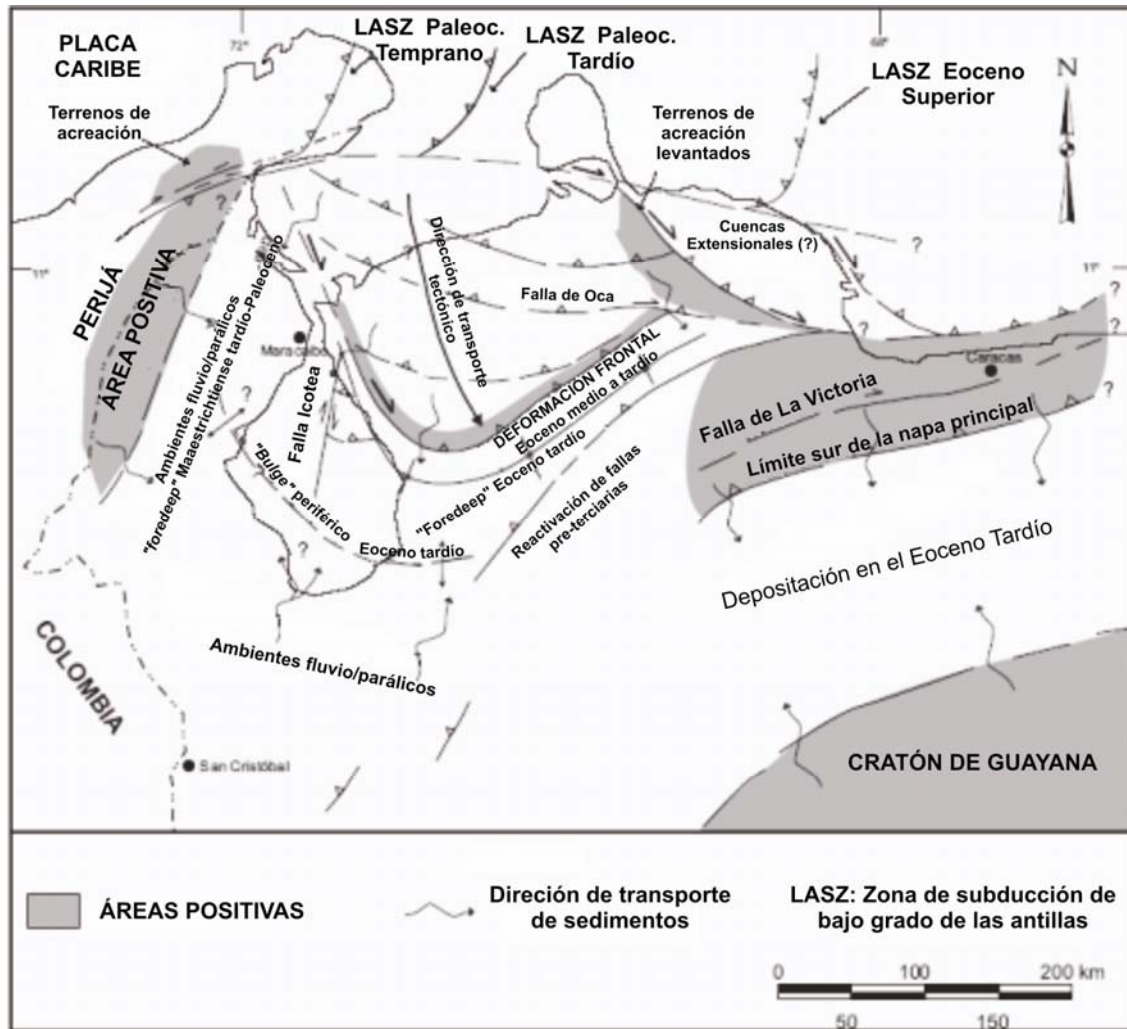


Figura 124. Evolución tectónica diacrónica del frente de deformación Paleoceno-Eoceno en el noroeste de Sur América, el cual está relacionado a la interacción entre la placa Caribe y el norte de la placa suramericana. Tomado de YORIS *et. al.* (2004).

Los resultados del análisis petrográfico realizados en este estudio, indican claramente una diferencia en cuanto a las características texturales y mineralógicas, entre la sección El Pao y la sección Valle Morín, pertenecientes a la Formación Guárico, por lo que asumir una depositación diacrónica de los sedimentos que la componen explicaría estas diferencias debido a la ubicación geográfica de ambas secciones, siendo la sección El Pao más antigua que la sección Valle Morín por encontrarse más al oeste.

La influencia de este proceso en la sección El Pao se evidencia por la presencia de fragmentos volcánicos y sedimentarios en los niveles inferiores de esta sección, los cuales indicarían las primeras manifestaciones del emplazamiento de los terrenos Caribe, mientras que hacia los niveles superiores, los niveles de cuarzo mono y policristalino aumentan en detrimento de los fragmentos volcánicos y sedimentarios.

Esta doble tendencia en la procedencia de los sedimentos de la sección El Pao, podría interpretarse como un primer aporte proveniente del nor-noroeste, específicamente del arco de islas extinto de Villa de Cura y el cinturón de Paracotos, el cual explicaría los porcentajes de fragmentos de roca volcánica ubicados en los niveles inferiores y un segundo aporte proveniente igualmente del nor-noroeste, específicamente de la erosión del bloque o “microcontinente” de Sebastopol, el cual explicaría el incremento en los porcentajes de cuarzo hacia los niveles superiores de la sección, ya que este se compone esencialmente de gneises graníticos.

En la figura 125 se puede observar la disposición de los terrenos caribe para el Maastrichtiense-Paleoceno y como el emplazamiento de las napas de Villa de Cura desarrollaron la cuenca “foreland” donde se depositó la Formación Guárico.

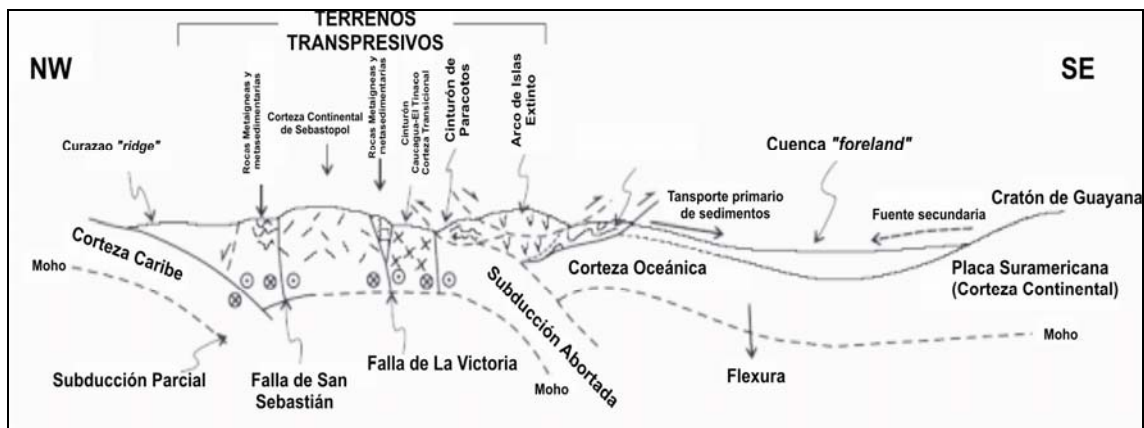


Figura 125. Durante la transición Maastrichtiense-Paleoceno, la colisión transpresiva de la placa Caribe transportó numerosos cinturones deformados, luego de la formación de la cuenca marginal del Protocaribe, el Microcontinente de Sebastopol produjo los cinturones de Cucagua-El Tinaco y de la Cordillera de la Costa y la reliquia del prisma de acreación lo componen los cinturones de Paracotos y el arco de islas extinto de Villa de Cura, según la nomenclatura de MENÉNDEZ (1966). Hacia el sur, el emplazamiento de las napas de Villa de Cura desarrollaron una cuenca “foreland” con su primera depositación en el Maastrichtiense. Tomado de YORIS *et. al.* (2004).

Para la sección Valle Morín, los resultados petrográficos mostraron igualmente una doble tendencia proveniente de un orógeno reciclado influenciada por terrenos continentales, sin embargo, en comparación con la sección El Pao, las cantidades de cuarzo monocristalino, policristalino y los fragmentos de ftanita y/o meta-ftanita aumentan considerablemente, mientras que los fragmentos de roca volcánica disminuyen.

La fuente principal de aporte de estos sedimentos se ubicaría de igual manera que para la sección El Pao, hacia el nor-noroeste, proveniente mayoritariamente de los bloques pertenecientes a los terrenos Caribe de composición granítica y cuarzo-feldespática como lo son por ejemplo, el bloque de Sebastopol y el augengneis de Peña de Mora. Los fragmentos de tipo sedimentario, estarían asociados al avance del sistema de corrimientos, que originaría la meteorización y depositación de parte de las secuencias sedimentarias expuestas.

Estas interpretaciones realizadas a partir de los resultados de procedencia mineralógica, junto con los datos obtenidos del análisis petrográfico, además de la presencia de secuencias turbidíticas tipo “*flysch*” en ambas secciones, refuerzan la teoría en la cual la sedimentación de la Formación Guárico se desarrolló en la zona proximal de una cuenca “*foreland*”, donde la mayor parte de sus sedimentos provienen de los terrenos ubicados al norte, representados por los terrenos de la cadena Caribe, con muy poca influencia de los terrenos expuestos ubicados al sur y al suroeste como el Escudo de Guayana, el arco de El Baúl y el arco de Mérida.

Estos terrenos expuestos para la época enmarcaban la periferia de la cuenca generando una sedimentación, la cual se formaba diacrónicamente hacia el este y donde el paso de las corrientes litorales que avanzan desde el noreste se asocian al avance del “*foredeep*” desde el noroeste e influyen de manera determinante en el transporte y retrabajo de los sedimentos observándose variaciones laterales de facies a lo largo del rumbo de la cuenca.

6 SUMARIO Y CONCLUSIONES

El análisis petrográfico cuantitativo modal realizado en este trabajo arrojó según la clasificación de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972) para la sección El Pao que las areniscas son en orden descendente de abundancia, arenita lítica, grauwaca feldespática y grauwaca lítica, mientras que para la sección Valle Morín son, sublitarenita, subarcosa y arenita lítica.

Cabe destacar que a pesar de estos resultados, las diferencias entre las rocas que componen ambas secciones pertenecientes a la Formación Guárico, viene dada por el tipo y la abundancia relativa de los minerales accesorios y los fragmentos de roca.

La correlación con el diagrama ternario Q-F-L de DICKINSON Y SUCZEK (1979) de las muestras pertenecientes a la sección El Pao, indica una doble tendencia de procedencia, una de mayor aporte continental y otra con cierta influencia de un orógeno reciclado; sin embargo hacia los niveles inferiores de la sección se pudo apreciar cierto aporte del arco magmático.

Para el diagrama Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979), las muestras pertenecientes a la sección El Pao no muestran una tendencia clara, ubicándose hacia la zona limítrofe entre la de arco magmático disectado, zona mixta y reciclado trasicional con algunas excepciones en las que algunas muestras se ubicaron hacia los campos de arco transicional, basamento levantado y reciclado cuarzoso.

Correlacionando las muestras pertenecientes a la sección Valle Morín con el diagrama ternario Q-F-L y Qm-F-Lt de DICKINSON Y SUCZEK (1979), los resultados de procedencia arrojan una doble tendencia, una proveniente de un orógeno reciclado y otra proveniente de un cratón interior.

En la sección Valle Morín, el aumento en la fracción de cuarzo es notable en comparación con la sección El Pao, sin embargo este aumento es gradual de base a tope en ambas secciones.

En cuanto a las características texturales y mineralógicas, se observa una diferencia entre la sección El Pao y la sección Valle Morín. Esta diferencia es evidente en aspectos tales como porosidad, madurez, tamaño de grano, alteración, feldespatos y otros tipos mineralógicos específicos. Esto puede deberse a una variación en los patrones de drenaje en la cuenca y en sus fuentes de aporte debido al emplazamiento diacrónico de terrenos Caribe al norte de la cuenca.

A nivel petrográfico, se pudo observar un aumento gradual del tamaño de grano de base a tope, representando la sección El Pao lo más antiguo y la sección Valle Morín lo más joven, asumiendo el diacronismo en la depositación de los sedimentos de la Formación Guárico.

De acuerdo con los resultados de este estudio se concluye que la procedencia de las rocas correspondientes a la Formación Guárico en las zonas de estudio, se encuentra ubicada al norte (Cadena Caribe) y las diferencias entre las secciones El Pao y Valle Morín se corresponden al cambio sistemático en los patrones de aporte y drenaje consecuentes con el emplazamiento diacrónico de oeste a este de los terrenos Caribe.

Las características sedimentarias observadas en campo se corresponden con un ambiente turbidítico tipo “*flysch*”, corroborando lo anteriormente planteado por diversos autores para la Formación Guárico.

Durante el Maastrichtiense Tardío–Paleoceno, el surco de Guárico se comportó como una cuenca perisutural asociada a subsidencia de fosa marina profunda y de subsidencia de “*foredeep*”, ubicada sobre la litósfera y asociada a la formación de megasuturas compresionales. Según BALLY Y SNELSON (1980), esta se clasificaría como una cuenca “*foreland*”.

La Formación Guárico se desarrolló en la zona proximal de una cuenca “*foreland*”, donde la mayor parte de sus sedimentos provienen de los terrenos ubicados al norte, representados por los terrenos de la cadena Caribe, con muy poca influencia de los terrenos expuestos ubicados al sur y al suroeste como el Escudo de Guayana, el arco de El Baúl y el arco de Mérida.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios bioestratigráficos detallados con la finalidad de establecer las edades relativas de las diferentes secciones correspondientes a la Formación Guárico.

Con el objeto de esclarecer aspectos relacionados con los ambientes sedimentarios y las direcciones preferenciales de aporte de sedimentos, se recomienda realizar estudios sedimentológicos y de paleocorrientes a nivel local.

Debido a la fuerte deformación tectónica que presenta la Formación Guárico, es recomendable realizar estudios estructurales locales y regionales que permitan definir los diferentes tipos de estructuras y contactos que presenta la formación y establecer su espesor real.

Por encontrarse las secciones estudiadas hacia la parte oeste de la formación, se recomienda continuar estos estudios de procedencia siguiendo la misma metodología empleada hacia la parte este de la subcuenca de Guárico y así completar la información de procedencia para las rocas que componen la Formación Guárico.

8 BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTOS DE YORIS, M. A.** (1987) Estudio geológico de las secciones: Altigracia de Orituco-Agua Blanca y Gamelotal-San Francisco de Macaira (Estados Guárico y Miranda). Análisis petrográfico y estadístico de la Formación Guárico. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 274 p.
- ALBERTOS DE YORIS, M. A.; YORIS, F. G. y URBANI, F.** (1989) Estudio geológico y análisis petrográfico estadístico de la Formación Guárico y sus equivalentes en las secciones Altigracia de Orituco-Agua Blanca Y Gamelotal-San Francisco de Macaira, Estados Guárico y Miranda. Memorias VII Congreso Geológico Venezolano. Soc. Ven. Geol. (Caracas) 1: 289-314 p.
- BANGS R., C. y BASU A.** (1994) Provenance analysis of muddy sandstones. Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes (Enero 1994), 64(1):2-7p.
- BASU, A.** (1986) Influence of climate and relief on composition of sand released at source areas, En "Provenance of arenites" (editado por G.G. Zuffa): 1-18. D. Reidel Publishing Company.
- BASU, A.,** (1976) Petrology of Holocene fluvial sand derived from plutonic source rocks: implications to paleoclimatic interpretation, Jour. Sedim. Petrol. 46 (3) 694-709p.
- BELL, J. S.** (1968-b) Geología de la región de Camatagua Estado Aragua, Venezuela. Asoc. Ven. Geol. Min., y Pet.; Bol. Inf. 8 (18): 291-240 p.
- BALLY, A. W. Y SNELSON, S.** (1980) Reals of subsidence. Facts and principles of world petroleum occurrence, Miall, A. D. (Ed.), Can. Soc. Petrol. Geol. Mem. 6, 9-94pp.
- BLASI, A. M y MANASSERO, M.J.** (1989) The Colorado River of Argentina: source, climate and transport as controlling factors in plate tectonic sand composition. Journal of South America Earth Sciences 3: 65-70.
- BOUMA, A. H.** (1962) Sedimentology of some Flysch Deposits. Elsevier Amsterdam.
- CARDOZO, L.** (1996) Procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y relación con la tectónica del Caribe. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 266 p.

- CARRILLO, P. E.** (1999) Estratigrafía y sedimentología de rocas clásticas del Cretácico Superior y Terciario al sur del anticlinal de Mundo Nuevo, Estado Monagas. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 275 p.
- CASTILLO, M. V.** (1995) Procedencia de las rocas clásticas del Eoceno en el sector oriental de la cuenca de Maracaibo y su relación con la tectónica del Caribe y Andina, Estado Zulia. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 229 p.
- COMISIÓN VENENOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA** (1970) Léxico Estratigráfico de Venezuela. Bol. Geol.; Public. Espe. 4 : 756 p.
- DECKER, J. y HELMOLD, K. P.,** (1985) The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method-Discussion: Journal of Sedimentary Petrology, v. 55. 0618-0620p.
- DI CROCE, J.** (1999) Eastern Venezuela Bassins: Sequence Stratigraphy and Structural Evolución. Trabajo de Ascenso. 255p.
- DICKINSON, W. R.** (1970) Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. Journal of Sedimentary Petrology. V. 40 : 695-707p.
- DICKINSON, W. R.** (1985) Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. En Provenance of arenitas (Zuffa, G. editor): 333-361. Reidel Publishing Company.
- DICKINSON, W. R. y SUCZEK, C.** (1979) Plate tectonics and sandstone compositions. Amer. Asoc. Petrol. Geol. Bull.; 63 (12): 2164-2182.
- DICKINSON, W. R. y VALLONI, R.** (1980) Plate settings and provenance of sands in modern ocean basins. Geology (Boulder), 8(2):82-86p.
- DICKINSON, W. R.; BEARD, L.; BRAKENRIDGE, G.; ERJAVEC, J.; FERGUSON, R.; INMAN, K.; KNEPP, R.; LINDBERG, L.; RYBERG, P.** (1983) Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. Geol. Soc. Amer. Bull.; 94 : 222-235.
- ERLICH, R. N. y BARRETT, S. F.** (1990) Cenozoic plate tectonic history of the northern Venezuela-Trinidad area. Tectonics, 9 (1): 161-184p.
- ERLICH, R. N. y BARRETT, S.F.** (1992) Petroleum Geology of the Eastern Venezuelan Foreland Basin. AAPG Mem. 55, 341-362p.

- ESPEJO, I. S. y LÓPEZ-GAMUNDI, O. R.** (1994) Source versus depositional controls on sandstone composition in a foreland basin; the El Imperial Formation (Mid Carboniferous-Lower Permian), San Rafael Basin, western Argentina. *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes*. 64(1):8-16p.
- EVA, A. N., BURKE, K., MANN, P., WADGE, G.** (1989) Four-Phase tectonostratigraphic development of the Southern Caribbean. *Marine and Petroleum Geology* 6, 9 –21p.
- FOLK, R. L. y WARD, W. C.** (1957) Brazos River bar (Texas); a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):3-26p
- FOURNIER, H.** (1999) Estudio de los minerales de arcilla en la sección de Agua Blanca-Altigracia de Orituco, Estados Guárico y Miranda. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 182p.
- GAZZI, P.** (1966). Le arenarie del flysch sopracretaceo dell'Appennino modenese; Correlazioni con il flysch di Monghidoro: *Mineralogiez e Petrografica, Acta*, 12: 69-97p.
- GONZALEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE DE AROZENDA, J. y PICARD, X.** (1980) Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ed. FONINVES, Caracas; 1ª Ed.; 2 tomos: 1031p.
- GUILLÉN, W. y TORIBIO, E.** (2006) Compilación, digitalización y actualización geológica-cartográfica de la zona nor-central de Venezuela, estados Guárico y Aragua. UCV. Fac. Ingeniería. Dpto. Geología. Lab. de Petrografía Ígneo-Metamórfico. Caracas.
- HEDBERG, H. D.** (1950) Geology of the eastern Venezuela Basin (Anzoátegui-Monagas-Sucre-eastern Guárico portion). *Geological Society of America Bulletin*, 61(11):1173-1215p.
- INGERSOLL, R. V., FULLARD, T. F., FORD, R. L., GRIMM, J. P., PICKLE J. D., Y SARES, S. W.** (1984) The effect of grain size on detrital modes; a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54(1):103-116p.
- JOHNSON, M. J. y STALLARD, R. F.** (1989) Physiographic controls on the composition of sediments derived from volcanic and sedimentary terrains on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59(5):768-781p.

- KONIGSMARK, T. A.** (1965) Geología del área de Guárico septentrional-Lago de Valencia, Venezuela. M.E.M., Dirección General Sectorial de Minas y Geología, Caracas, Venezuela Boletín de Geología (Caracas), 6 (11): 209-285p.
- KRUMBEIN, W. C. y PETTIJOHN, F. J.** (1938) Manual of sedimentary petrography.
- MACK, G. H.** (1984) Exceptions to the relationship between plate tectonics and sandstone composition. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54(1):212-220p.
- MACK, G. H. y SUTTNER, L. J.** (1977) Paleoclimate interpretation from a petrographic comparison of Holocene sands and the Fountain Formation (Pennsylvanian) in the Colorado Front Range. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47(1):89-100p.
- MARSAGLIA, K. M. e INGERSOLL, R. V.** (1992) Compositional trends in arc-related, deep-marine sand and sandstone; a reassessment of magmatic-arc provenance; with Suppl. Data 92-36. *Geological Society of America Bulletin*, 104(12):1637-1649p.
- MATHIEU, X.** (1989) La Serranía de Trujillo-Ziruma aux confins du bassin de Maracaibo, de la sierra du Falcón et de la Chaîne Caraïbe. Lithostratigraphie, tectonique (surface-subsurface) et evolution geodynamique. Dissertation L'Université de Bretagne Occidentale, Bretagne, 264 pp.
- MENCHER, E.** (1950) Sucesos Cretácicos Eocénicos en el norte de Venezuela. *Asoc. Ven. Geol. Min., y Pet.; Bol. Inf.* 2 (1): 91-96p.
- MENCHER, E.; DALLMUS, K. F.; FICHTER, H. J.; GONZALEZ DE JUANA, C.; PONTE, R. L.; RENZ, H. H. y SCHUMECHER, P.** (1951) Cuadro de correlación de las formaciones geológicas de Venezuela. *Bol. Asoc. Venez. Geol., Min. Y Petrol.*; 2 : 182. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 37 (4): 774-775p.
- MENDEZ, A.** (1965) Geología del área de El Tinaco, centro-norte del estado Cojedes, Venezuela. *Bol. Geol., Caracas*; 6 (12): 417-543p.
- MENÉNDEZ, A.** (1966) Structural geology of the Tinaco area - overthrusting in the Serrania del interior of Central Venezuela. *Abstr, Bol. Inform. Asoc. Venezolana Geol., Miner., Petrol.*, 8(3): 83-84pp.
- MILIÁN F., C. D.** (1998) Procedencia de las rocas clásticas del paleógeno en los bloques V, IX y VI del Lago de Maracaibo y su relación con la tectónica caribe. Trabajo Especial de Grado. *Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV.*: 156p.

- MORENO, J. y CASAS, J.** (1986) Estudio petrográfico y estadístico de la secuencia flysch Eocena de la Isla de Margarita. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV.: 177 p.
- OSTOS, M.** (1977) Geología de una zona al noreste de Altigracia de Orituco, Estado Guárico. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 172 p.
- PARNAUD, F.; GOU, Y.; PASCUAL, J. C.; CAPELLO, M. A.; TRUSKOWSKI, Y.; PASSALACQUA, H. Y ROURE, F.** (1995) Stratigraphic Synthesis of Western Venezuela. En: Tankard, A; Suárez, R. y Welsink, H. J.: Petroleum Basins of South America. AAPG Mem. 62: 681-698p.
- PEIRSON, A. L.** (1965) Geology of the Guárico mountain front. Asoc. Ven. Geol. Min., y Pet.; Bol. Inf. 8 (7): 183-212p.
- PEIRSON, A. L.; SALVADOR, A. y STAINFORTH, R. M.** (1966) The Guárico Formation of north-central Venezuela. Asoc. Ven. Geol. Min., y Pet.; Bol. Inf. 9 (7): p 183-224p.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. y SIEVER, R.** (1972) Sand and sandstone. New York: Springer-Verlag, 618p.
- PINDELL, J. L. y BARRETT, S. F.** (1990) Geological evolution of the caribbean region; a plate-tectonic perspective. GSA Decade N. Amer. Geol. Vol. H (The Caribbean Region) p. 405-432
- PINDELL, J. y DEWEY, J. F.** (1991) Cenozoic Transspresional Model for the tectonic and basinal development of Venezuela and Trinidad. AAPG Bulletin, 75(3): 654p.
- POLANCO, R.** (2004) Estudio estructural del borde norte de la subcuena de Guárico en la región de Altigracia de Orituco, Estado Guárico. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 109 p.
- POTIE, G.** (1989) Contribution á l'etude géologique de la frontière sud-est de la Plaque Caräibes: La serrania del Interior orientat sur le transect Cumaná-Urica et le bassin de Maturín (Vénézuéla). Tésis PhD, Univ. Bretagne Occidentale, Brest, Francia. 266 p.
- QUINTERO G., J. C.** (1998) Significado tectónico y procedencia mineralógica de las rocas clásticas de la Formación Gobernador, Flanco surandino. Barinas. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 164 p.

- RENZ, O. y SHORT, K. C.** (1960) Estratigrafía de la region comprendida entre El Pao y Acarigua, estados Cojedes y Portuguesa. III Congreso Geológico Venezolano, Boletín de Geología Publicación Especial, Vol. 3, No. 1. 277-301 p.
- RODRÍGUEZ, N. y RUIZ, A.** (2000) Caracterización química por fluorescencia de rayos X y radioisotópica por espectrometría gamma multicanal de dos secciones estratigráficas de la Formación Guárico, El Pao, Estado Cojedes. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 263 p.
- ROMERO, P.** (1996) Significado tectónico y procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en el sector norte de la cuenca del Lago de Maracaibo. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 129 p.
- ROSSI, T** (1985) La Serranía del Interior Oriental sur le transect Cariaco-Maturín. Univ. Bretagne Occidentale, Dr. Thesis. 340p.
- SCASSO, R. A. y LIMARINO, C. O.** (1997) Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. Buenos Aires, Asociación Argentina de Sedimentología, Publicación Especial N° 1.
- STEPHAN, J. F. BLANCHET, R. y MERCIER DE L., B.** (1985) Les festons nord et sud-Caraibe (Hispaniola-Porto Rico, Panama et Colombie-Venezuela): des pseudo-subductions induites par le raccourcissement Est-Quest du bâti continental peri-Caraibe. Symposium Geod. des Caraibes, Ed. Technip, 35-52p.
- SUTTNER, L. J., BASU, A., y MACK, G. H.** (1981) Climate and the origin of quartz arenites. Jour. Sed. Petrology, v. 51, 1235-1246 p.
- UZCÁTEGUI R., D. M.** (2002) Estimación de espesores sedimentarios en el grabado de Espino a lo largo de los transeptos regionales entre Guárico y Anzoátegui, área Santa Maria de Ipire. Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 107 p.
- VAIL, P. R., MITCHUM JR., R. M., TODD, R. G., WIDMIER, J. M., THOMPSON III, S., SANGREE, J. B., BUBB, J. N. y HATELID, W. G.** (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: Payton (Ed.), Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG, Memoria 26: 49-213, Tulsa.
- VAN WAGONER, J. E.** (1995) Sequence stratigraphy of Foreland Basin Deposits: outcrop and subsurface examples from the Cretaceous of North America. A.A.P.G. Memoir 64

- VON DER OSTEN, E.** (1957) Lower Cretaceous Barranquín Formation of northeastern Venezuela. AAPG Bulletin, 41(4): 79-708p.
- OSTOS, M. y YORIS, F. G.** (1997). Conferencia Evaluación de Pozos. Schlumberger - Surencó C.A. 1^{ra}. Ed. Español ; Jolley Printing (Texas) : Cap. 1 : 1 - 17 ; 24 - 44.
- YORIS, F. G.** (1984) Definición de la Formación Chimana en la Serranía del Interior, Venezuela nororiental. XXXIV Conv. Anual ASOVAC, Cumaná.
- YORIS, F. G.** (1986) Proposición de un nuevo método para el análisis por conteo puntual en secciones finas de areniscas. XXXVI Convención Anual de ASOVAC. Libro de Resúmenes, Pp.
- YORIS, F. G.** (1986) Provenance analysis and tectonic ubication for sandstones of Sucre Group, northeastern Venezuela. 11th Caribbean Geological Conference, Barbados (Abstract): 121-122p.
- YORIS, F. G.** (1987a) Estudio comparativo preliminar sobre las cuencas de las Formaciones Guárico, San Juan, Caratas, Punta Carnero y Pampatar; Venezuela central y nororiental. 1as Jornadas de Investigación en Ingeniería, Fac. Ing. UCV, Caracas : 52-57.
- YORIS, F. G.** (1989)..Consideraciones sobre la Formación Querecual de Venezuela oriental. Geos, 29, p. 126-138
- YORIS, F. G.** (1992) Análisis de secuencias clásticas por métodos petrográficas y estadísticos (Tesis de Doctorado). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología.
- YORIS, F. G.** (1992) Análisis estadístico de las formaciones Guárico (Estado Guárico), Punta Camero y Pampatar (Isla de Margarita). XLII Convención Anual de ASOVAC (U.C.V.). Libro de Resúmenes.
- YORIS, F. G. y DE YORIS, M. A.** (1988) Medidas de paleocorriente en las secuencias de la Formación Guárico y sus equivalentes en las secciones: Altagracia de Orituco-Guatopo y Gamelotal-San Francisco de Macaira, Estados Guárico y Miranda. Jornadas 50 Aniversario. Esc. Geol.; Min. y Geof.; Fac. Ing. UCV. GEOS 29 : 152-159.
- YORIS, F. G., OSTOS, M. y AVÉ L., H. G.** (2004) Overview of the southeast Caribbean / South American plate boundary zone. Litos, Inc.

- ZAPATA, E.** (1976) Estudio de la Formación Guárico en el área de la Laguna de Unare Estado Anzoátegui. (Análisis de facies y geoestadístico de facies sedimentarias). Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 162 p.
- ZAPATA, E.** (1976) Estudio de la Formación Guárico en el área de la Laguna de Unare Estado Anzoátegui. (Análisis de facies y geoestadístico de facies sedimentarias). Trabajo Especial de Grado. Esc. Geol. Min. y Geof.; UCV: 162 p.
- ZUFFA, G. G., CIBIN, U., y DI GIULIO, A.** (1995) Arenite petro-graphy in sequence stratigraphy. *Journal of Geology* 103: 451-459.

ANEXOS