

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA-MINERALÓGICA DE UNA
SECCIÓN DE LA PARED SUR DEL TEPUY PADAPUE, UBICADO
AL ESTE DEL CERRO AUYAN, GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Colina S. Marcos E.
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, Mayo 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA-MINERALÓGICA DE UNA SECCIÓN DE LA PARED SUR DEL TEPUY PADAPUE, UBICADO AL ESTE DEL CERRO AUYAN, GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ricardo Alezones.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Ricardo Vélez.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Colina S. Marcos E.
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, Mayo 2016

DEDICATORIA

A mi familia

Inés Elena González

María de la Cruz Colina

A la UCV

A la alegría que florece

a la sombra de las horas azules del reloj

Marcos E. Colina S.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen, por sus abundantes bendiciones, por guiarme y no dejar que nunca me rindiera.

A mis padres, Marcos Colina y María E. Sánchez, por ser incondicionales, por siempre estar allí, sin su apoyo, amor y comprensión esto no sería posible, gracias por su valor y dedicación, por enseñarme a pelear en lo que creo. Siempre orgulloso de ser su hijo, los amo.

A Andreina León, por ofrecerme su amor, apoyo y comprensión, por ser mi fuente de inspiración, por siempre creer en mí, por ser mi alegría y mi soporte en los momentos más difíciles. Gracias por ser parte de mi vida.

Al Prof. Ricardo Alezones, por ser mi mentor, tutor y amigo, a lo largo de este camino, nunca dejare de agradecerle.

Al Prof. Lenín González, sin su apoyo y ayuda este proyecto no hubiese sido posible.

Al Prof. Alí Gómez, gracias por creer en este proyecto y la ayuda brindada.

A mis amigos, Jesús Paredes y Carmen Barreto, por su apoyo, ayuda y comprensión.

A Sra. María T. Espinoza y Morella Mikaty, gracias por su inmenso apoyo.

A mis compañeros que hicieron que este camino fuera un ameno recorrido, Yessy Palacios, Fernando Nevado, Josué Sulbaran, Elvi Montero, Ana Cuba, Daniel Méndez, Armando Natera, Ricardo Macero, Henry Cárdenas, Karen Montoya, Steffany Carmona, Danilo Bastidas, Naylet Aguirre y Cinthia Hernández.

A la UCV mi Alma Mater, por ser mi hogar, por enseñarme la belleza de cada uno de tus espacios, por enseñarme que en la tempestad aún se puede permanecer erguido, orgulloso e imponente, gracias por ser mi lugar seguro y mi sitio de paz.

Marcos E. Colina S

Caracas, Mayo de 2016

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Marcos E. Colina S., titulado:

“Caracterización petrografía-mineralógica de una sección de la pared sur del tepuy Padapue, ubicado al este del cerro Auyan, Gran Sabana, estado Bolívar”

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

Prof. :Lenín González
Jurado

Prof. : Luis Fajardo
Jurado

Prof. : Ricardo Alezones
Tutor Académico

Colina S, Marcos E.

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA-MINERALÓGICA DE UNA SECCIÓN DE LA PARED SUR DEL TEPUY PADAPUE, UBICADO AL ESTE DEL CERRO AUYAN, GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR

Tutor Académico: Prof. Ricardo Alezones. Tutor Industrial: Ing. Ricardo Vélez. Tesis. Caracas U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, 153p.

Palabras Claves: Tepuy, Procedencia, Petrografía, Mineralogía, Dickinson, Diagenesis

Resumen. El siguiente proyecto procuro generar una caracterización petrográfica-mineralogía, con el fin de obtener en detalle la secuencia sedimentaria y la procedencia tectono-sedimentologica del Tepuy Padapue, La secuencia analizada pertenece a una sección de la pared sur del tepuy Padapue, ubicado en la Gran Sabana, estado Bolívar, al este del Auyan tepuy. Las muestras de la sección de pared fueron caracterizadas para así definir unidades litoestratigráficas. A las muestras se les realizaron estudios petrográficos detallados, identificando tanto los componentes principales: granos, matriz, cemento, como los efectos diagenéticos, bajo la clasificación de los triángulos de **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)**, posteriormente se realizó un análisis modal del cual se establecieron los porcentajes de los elementos minerales, para luego usar los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, **DICKINSON, y otros (1983)** y **DICKINSON W. (1985)** los cuales relacionan las variables minerales, con el fin de interpretar la procedencia de los elementos en relación a los terrenos emergidos para el momento de la depositación. Se seleccionaron 24 muestras, a estas se les realizo estudios de difracción de rayos x. Se determinaron los litotipos de la sección estratigráfica, esto en función de los parámetros establecidos por **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)**, y bajo la metodología y uso de las herramientas establecidas por **YORIS (1989)**. Las Areniscas Subarcosicas, Grauvacas Líticas y lutitas, representan en porcentaje la fracción mayoritaria de los litotipos. Se observaron las variaciones mineralógicas, donde se identificó al cuarzo como el elemento predominante, del mismo se diferenciaron dos poblaciones bien definidas en función de su forma, hecho que indica dos posibles fuentes de aporte del material silicio. Otro de los aspectos que indican múltiples fuentes es la existencia de dos marcados grupos de fragmentos de rocas, fragmentos sedimentarios y fragmentos ígneos. Se establecieron dos unidades informales en función de las características texturales, litotipos y ambiente tectónico de procedencia. Se observa para la sección como varían los porcentajes de matriz a lo largo de la misma, definiéndose dos grupos que coinciden con las unidades informales descritas. Se determinó que la sección pertenece a un régimen **MESOGÉNICO**. De los análisis de los grafios ternarios obtenidos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**, se determinaron dos secuencia: la primera de ella corresponde a una secuencia asociada a actividad de un arco magmático, que posiblemente refleje el aporte de áreas relacionadas a márgenes activos y a su vez a cinturones de rocas verdes asociados a la Provincia de Pastora, la siguiente secuencia describe el campo de orógenos reciclados relacionados con la colisión Imataca-Pastora.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. UBICACIÓN.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.5. ALCANCES.....	7
1.6. TRABAJOS PREVIOS.....	7
1.6.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.....	7
1.6.2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS.....	10
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA.....	13
2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	13
2.2. FASE DE LABORATORIO.....	14
2.2.1. ANÁLISIS PETROGRÁFICO.....	14
2.2.2. LIMITACIONES PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PROCEDENCIA.....	16
2.2.3. DIFRACCIÓN DE RAYOS X.....	17
2.3 FASE DE OFICINA.....	20
2.3.1. GENERACIÓN DE TABLAS, GRÁFICOS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	20
2.3.2. ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES.....	20
CAPÍTULO III	21
GEOLOGÍA REGIONAL.....	21
3.1. FISIOGRAFIA DE LA PROVINCIA DE GUAYANA.....	21
3.2. EVOLUCION GEOTECTÓNICA.....	24
3.3. PROVINCIAS GEOLÓGICAS DEL ESCUDO DE GUAYANA.....	31
3.3.1. PROVINCIA GEOLÓGICA DE IMATACA.....	31
3.3.2. PROVINCIA GEOLÓGICA DE PASTORA.....	33
3.3.3. PROVINCIA GEOLÓGICA DE CUCHIVERO-AMAZONAS.....	36
3.3.4. PROVINCIA GEOLÓGICA RORAIMA.....	37
3.4. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL GRUPO RORAIMA.....	46
3.4.1. AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN Y EDAD DE RORAIMA.....	46
3.5. ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	49
3.5.1. FALLA DE GURI.....	49
3.6. GEOMORFOLOGÍA DE LA GRAN SABANA.....	51
3.6.1. SUPERFICIES DE EROSIÓN.....	51
3.6.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	54
3.6.3. DRENAJE.....	56
3.6.4. EVOLUCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE MESA DE MONTAÑA.....	58

CAPÍTULO IV	62
4. MARCO TEORICO	62
4.1. PETROGRAFÍA SEDIMENTARIA	62
4.2. PROCEDENCIA SEDIMENTARIA Y AMBIENTE TECTÓNICO	63
CAPÍTULO V	90
ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
5.1. ANÁLISIS PETROGRÁFICO	90
5.1.1. COMPONENTES PRINCIPALES DE ARENISCAS, GRAUVACAS Y LUTITAS.....	90
5.1.2. CEMENTO	89
5.1.3. POROSIDAD	91
5.2. PROCESOS DIAGENÉTICOS	92
5.2.1. COMPACTACIÓN	92
5.2.2. CEMENTACIÓN	93
5.2.3. DISOLUCIÓN	97
5.2.4. LA ALTERACIÓN	97
5.2.5. PRESIÓN-SOLUCIÓN	98
5.3. ETAPAS DIAGENÉTICAS.....	102
5.4. PETROGRAFÍA SEDIMENTARIA	106
5.4.1. ARENISCA SUBARCÓSICA	110
5.4.2. ARENISCA LÍTICA	115
5.4.3. ARENISCA SUBLÍTICA.....	120
5.4.4. GRAUVACAS LÍTICAS	122
5.4.5. GRAUVACAS FELDESPÁTICAS	127
5.4.6. LUTITAS	130
5.5. AMBIENTE TECTÓNICO Y PROCEDENCIA	131
5.5.1. Qt-L-F	131
5.5.2. Qm-Lt-F	132
5.5.3. Qp-Ls-Lv.....	134
5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PROCEDENCIA	136
5.7. ANALISIS MINERALOGICO POR DIFRACCION DE DRX	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	
APÉNDICE A	
APÉNDICE B	
APÉNDICE C	

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS METODOLÓGICOS.	13
GRÁFICO 2. PORCENTAJE PROMEDIO DE LA TOTALIDAD DE COMPONENTES MINERALES CONTADOS	73
GRÁFICO 3. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE CUARZO MONOCRISTALINO CON EXTINCIÓN ONDULATORIA Y CUARZO MONOCRISTALINO DE EXTINCIÓN RECTA, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989)	75
GRÁFICO 4. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE PLAGIOCLASAS (ALBITA Y MICROCLINO), DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).	77
GRÁFICO 5. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE FRAGMENTOS DE ROCAS TOTALES, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).....	79
GRÁFICO 6. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE FRAGMENTOS DE ROCAS DE ARENISCAS ARCILLOSAS, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS, 1989.....	82
GRÁFICO 7. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE EPIDOTO, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).	84
GRÁFICO 8. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE ZIRCON, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).	86
GRÁFICO 9. VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE MATRIZ, DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).	88
GRÁFICO 10 VARIACIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA SEDIMENTARIA DE LOS PORCENTAJES DE SÍLICE AUTIGÉNICO (CEMENTO SILICIO), DEFINIDOS BAJO LOS PARÁMETROS DE YORIS (1989).....	95
GRÁFICO 11. VARIACIÓN VERTICAL DEL CONTRASTE QUE EXISTE ENTRE LOS PORCENTAJES DE MATRIZ Y CEMENTO SILICIO, ADEMÁS DE LAS DIFERENCIAS EN LAS MUESTRAS EN LA BASE Y EL TOPE RESPECTO AL TIPO DE CONTACTOS Y SU RESPECTIVO PORCENTAJE DE MATRIZ. TOMADO DE WORDEN & BURLEY (2003)	101
GRÁFICO 12. DIAGRAMA DE FLUJO QUE MUESTRA LOS VÍNCULOS ENTRE LOS REGÍMENES DIAGENÉTICOS. EL CAMBIO DE MESOGÉNESIS A TELOGÉNESIS PUEDE OCURRIR EN CUALQUIER MOMENTO DURANTE EL	

ENTIERRO. TELOGÉNESIS (PROCESO RELACIONADO CON EL LEVANTAMIENTO), SOLO OCURRE CUANDO LAS AGUAS SUPERFICIALES PENETRAN EN LA CUENCA INVERTIDA Y CAUSAN DIVERSAS REACCIONES MINERALES.	103
GRÁFICO 13. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS LITOTIPOS OBTENIDOS, CLASIFICADAS SEGÚN LOS PARÁMETROS DE PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)	106
GRÁFICO 14. DETALLE DE LITOTIPOS SEGÚN EL TRIÁNGULO Q-F-L, DONDE $Q = Q_M + Q_P$. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973.....	108
GRÁFICO 15. DETALLE DE LITOTIPOS SEGÚN EL TRIÁNGULO Q-F-L;'L' INCLUYENDO QP Y FTANITA. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973.....	108
GRÁFICO 16. DIAGRAMA TRIANGULAR. ARENISCAS SUBARCOSICAS. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)	110
GRÁFICO 17. VARIACIÓN VERTICAL DEL PORCENTAJE DE MATRIZ EN ARENISCAS SUBARCOSICAS	111
GRÁFICO 18. DIAGRAMA TRIANGULAR. ARENISCAS LITICAS. PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER, 1973	116
GRÁFICO 19. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL ESTIMADA DE FRAGMENTOS DE ROCA SEDIMENTARIA (FRAGMENTO DE ARENISCA ARCILLOSA, SEGÚN PARAMETROS DE YORIS (1989) EN LAS ARENISCAS LITICAS DEL ESTUDIO	117
GRÁFICO 20. PORCENTAJE ESTIMADO DE DISTRIBUCION DE LOS FRAGMENTOS DE ROCAS EN ARENISCAS LITICAS.....	83
GRÁFICO 21. DIAGRAMA TRIANGULAR.MUESTRA 1.27 BASE. ARENISCAS SUBITICAS. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)	121
GRÁFICO 22. DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES. Q:CUARZO,F:FELDESPATO Y L:LITICOS. MUESTRA 1.27 BASE. ARENISCA SUBLITICA.	121
GRÁFICO 23. DIAGRAMA TRIANGULAR.MUESTRA 1.38 (6). ARENISCAS SUBITICAS. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)	121
GRÁFICO 24. DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS PRINCIPALES. Q:CUARZO,F:FELDESPATO Y L:LITICOS. MUESTRA 1.38 (6) BASE. ARENISCA SUBLITICA.....	121
GRÁFICO 25. DIAGRAMA TRIANGULAR. GRAUVACAS LITICAS. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973	123

GRÁFICO 26. PORCENTAJE ESTIMADO DE DISTRIBUCION DE LOS FRAGMENTOS DE ROCAS EN GRAUVACAS LITICAS.....	89
GRÁFICO 27. VARIACION VERTICAL RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DE LOS FRAGMENTOS DE ROCAS DE ARENISCAS ARCILLOSAS EN LAS GRAUVACAS LITICAS DEL ESTUDIO.	125
GRÁFICO 28. DIAGRAMA TRIANGULAR. GRAUVACAS FELDESPATICAS . PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)	128
GRÁFICO 29. DIAGRAMA QT-L-F	131
GRÁFICO 30. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS MUESTRAS BAJO LOS PARAMETROS DE DICKINSON & SUCZEK (1979) Y DICKINSON Y OTROS (1983), PARA DIAGRAMA TRIANGULAR QT-L-F	132
GRÁFICO 31. . DIAGRAMA QM-LT-F.....	133
GRÁFICO 32. . DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS MUESTRAS BAJO LOS PARÁMETROS DE DICKINSON & SUCZEK (1979) Y DICKINSON Y OTROS (1983), PARA DIAGRAMA TRIANGULAR QM-LT-F	133
GRÁFICO 33. DIAGRAMA QM-LS-LV.....	134
GRÁFICO 34. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS MUESTRAS BAJO LOS PARÁMETROS DE DICKINSON & SUCZEK (1979) Y DICKINSON Y OTROS (1983), PARA DIAGRAMA TRIANGULAR QP-LS-LV.	135

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN. ORTOIMAGEN RADAR 1:50.000. HOJA 7733-I.....	4
FIGURA 2. DETALLE ORTOIMAGEN. TEPUY PADAPUE.	5
FIGURA 3. DETALLE MAPA TOPOGRÁFICO. TEPUY PADAPUE.....	5
FIGURA 4. IMAGEN EN 3D TEPUY PADAPUE.....	6
FIGURA 5. FOTOGRAFÍA DE LA PARED SUR DEL TEPUY PADAPUE.....	6
FIGURA 6. HOJA DE DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA ANÁLISIS MODAL.	15
FIGURA 7. EQUIPO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X, LABORATORIO DE DIFRACCIÓN RAYOS X, DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, UCV.	17
FIGURA 8. FOTOGRAFÍA DE MUESTRA.....	18
FIGURA 9. PROCESO GENERAL DE MOLIENDA.....	19
FIGURA 10. MAPA GEOLÓGICO DE VENEZUELA A ESCALA 1:750.000.PROVINCIAS GEOLÓGICAS DE GUAYANA	23
FIGURA 11. MODELO ESQUEMÁTICO DE LA FORMACIÓN DE SUPERFICIES DE EROSIÓN EN EL ESCUDO DE GUAYANA. MODIFICADO DE BRICEÑO Y SCHUBERT, 1990.....	52
FIGURA 12. MAPA GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO. PROVINCIAS DE GUAYANA. MODIFICADO DE BRICEÑO & SHUBERT (1990).....	54
FIGURA 13. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS ELEMENTOS DE UN TEPUY. MODIFICADO DE BRICEÑO Y SCHUBERT, 1990.....	55
FIGURA 14. CORTE ESQUEMÁTICO DE LA FORMACIÓN DE UN TEPUY POR INVERSIÓN TOPOGRÁFICA.	59
FIGURA 15. MODELO DE FORMACIÓN DE TEPUYES POR EROSIÓN DIFERENCIAL.	60
FIGURA 16. ESQUEMA DE ASOCIACIÓN TECTÓNICA EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DICKINSON & SUCZEK (1979).....	66
FIGURA 17. DIAGRAMA QT-F-L	67
FIGURA 18. DIAGRAMA QM-F-LT.....	68
FIGURA 19. . DIAGRAMA QP-LS-LV	69

FIGURA 20. FOTOMICROGRAFÍAS. ARENISCAS SUBARCOSICAS CON PROMEDIO DE MATRIZ 2%	112
FIGURA 21. FOTOMICROGRAFÍAS. ARENISCAS SUBARCOSICAS CON PROMEDIO DE MATRIZ 10%	113
FIGURA 22. FOTOMICROGRAFÍAS. ARENISCAS LÍTICAS. FRAGMENTOS DE ROCAS MAYOR AL 81%	119
FIGURA 23. FOTOMICROGRAFÍAS. ARENISCAS LÍTICAS. FRAGMENTOS DE ROCAS MENOR AL 60%	119
FIGURA 24. FOTOMICROGRAFÍAS. GRAUVACAS LÍTICAS	126
FIGURA 25. MICROGRAFÍAS. GRAUVACAS FELDESPÁTICAS	129
FIGURA 26. FOTOMICROGRAFÍAS LUTITAS	130
FIGURA 27. MICROFOTOGRAFÍAS LUTITAS	130

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. SECUENCIA RESUMIDA DE EVENTOS LITOTECTÓNICOS DEL ESCUDO DE GUAYANA. MODIFICADO DE MENDOZA (2012)	30
TABLA 2. DIFERENTES AMBIENTES TECTÓNICOS DE PROCEDENCIA PARA LA CLASIFICACIÓN DE	71
TABLA 3. VARIACIÓN DEL CUARZO EN FUNCION DEL CONTEO MODAL BAJO LOS PARAMETROS DE YORIS, (1989).	74
TABLA 4. TABLA RESUMEN DE LITOTIPOS, EN FUNCION DE LOS PARAMETROS DE PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER, 1973.	107
TABLA 5. PORCENTAJE DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS CORRESPONDIENTES A ARENISCAS LITICAS, EN FUNCION DE LOS PARAMETROS DE. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973	115
TABLA 6. TABLA RESUMEN DE LOS CÁLCULOS DE PROCEDENCIA SEGÚN PARÁMETROS DE DICKINSON Y SUCZEK (1979) Y DICKINSON, Y OTROS (1983) Y SU CORRELACIÓN CON LA TABLA RESUMEN DE LITOTIPOS, EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973).	138
TABLA 7. RESUMEN DE LOS COMPONENTES MINERALES ENCONTRADOS POR DIFRACCION DE RAYOS X....	139
TABLA 8. ELEMENTOS DE LA MUESTRA 1.37 TOPE	214

ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFÍAS

FOTOMICROGRAFÍAS 1. CUARZO MONOCRISTALINO. MUESTRAS 1.38(4). QM:CUARZO MONOCRISTALINO.	74
FOTOMICROGRAFÍAS 2. . CUARZO POLICRISTALINO. MUESTRAS 1.25 TOPE. QP:CUARZO POLICRISTALINO..	76
FOTOMICROGRAFÍAS 3. IZQUIERDA.ALBITA. MUESTRA 1.34. ALB: ALBITA.DERECHA . MICROCLINO. MUESTRA 1.27 BASE. MCR: MICROCLINO.....	78
FOTOMICROGRAFÍAS 4. FRAGMENTO DE ROCA VOLCÁNICO NO METAMÓRFICO. MUESTRA 1.5. FR.VNM: FRAGMENTO DE ROCA VOLCÁNICO NO METAMÓRFICO	80
FOTOMICROGRAFÍAS 5. FRAGMENTO DE ROCAS ÍGNEAS FÉLSICAS MUESTRA 1.2 TOPE (2)	80
FOTOMICROGRAFÍAS 6. FRAGMENTO DE ROCA DE ARENISCAS ARCILLOSAS. MUESTRA 1.7 BASE.....	81
FOTOMICROGRAFÍAS 7. EPIDOTO. MUESTRA 1.34. EPDT: EPIDOTO	83
FOTOMICROGRAFÍAS 8. EPIDOTO. MUESTRA 1.31. EPDT: EPIDOTO	83
FOTOMICROGRAFÍAS 9. EPIDOTO. MUESTRA 1.27 BASE. EPDT: EPIDOTO	83
FOTOMICROGRAFÍAS 10. MUSCOVITA. MUESTRA 1.1 BASE. MUS: MUSCOVITA	85
FOTOMICROGRAFÍAS 11. ZIRCÓN. MUESTRA 1.38 (6). ZR: ZIRCÓN.	85
FOTOMICROGRAFÍAS 12. CALCITA. MUESTRA 1.1 TOPE. CAL: CALCITA.....	89
FOTOMICROGRAFÍAS 13. CEMENTO SILICIO.MUESTRA 1.38 (6). CMS: CEMENTO SILICIO	90
FOTOMICROGRAFÍAS 14. CEMENTO SILICIO, DE LA MUESTRA 1.38 (5).....	94

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto se considera un trabajo pionero y novedoso, ya que no existe ninguna otra publicación hasta ahora en la cual hayan estudiado las muestras de un tepuy directamente de una de las secciones de su pared, en específico de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, ubicado al este del cerro Auyan Gran Sabana, estado Bolívar. Los análisis que se realizaron arrojaron resultados de las variaciones verticales de los elementos geológicos en ese punto; otra de las razones por las cuales el proyecto se considera novedoso es por la forma que fueron obtenidas las muestras (*véase Apéndice B*); éstas como elementos esenciales para la realización de este trabajo fueron adquiridas por el Ing. Geólogo y escalador Ricardo Vélez perteneciente al equipo de Tierra de sueños, equipo que está conformado por un grupo de escaladores venezolanos quienes tienen como *objetivo* abrir nuevas vías de escalada, siendo una de las primeras vías *La diosa mapanare (200m, 6 largos, A3, 5.11+ [7A]), aperturada en la pared sur del Tepuy Padapue*. Las muestras cuentan con un trabajo previo, realizado por el Ing. Ricardo Vélez en pared, que consistió en una descripción de las características físicas y macroscópicas de las rocas, que coincidieron con la ruta de ascenso, caracterizándolas y definiendo unidades litoestratigráficas.

Una vez se encontraron las muestras en la Universidad Central de Venezuela se procedió a orientar el estudio de las mismas en una investigación aplicada, de donde se obtuvieron las primeras doce secciones finas. Posteriormente se consiguió el aval para que dicha investigación derivara en este proyecto.

Las muestras fueron registradas y rotuladas, se les realizaron estudios petrográficos detallados, identificando tanto los componentes principales: granos, matriz, cemento, como los efectos diagenéticos, bajo la clasificación de los triángulos de **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)** posteriormente se realizó un análisis modal el cual se basó en un conteo sistemático del cual se establecieron los porcentajes de elementos minerales en la muestras, para posteriormente usar los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, **DICKINSON, y otros (1983)** y **DICKINSON W. (1985)** los cuales relacionan las variables Cuarzo, Feldespato y fragmentos de rocas con el fin de interpretar la procedencia

de los elementos en relación a los terrenos emergidos para el momento de la depositación. También realizó una selección de un conjunto de muestras para ser analizadas en el equipo de difracción de rayos X, del Laboratorio de Difracción de Rayos X en el Departamento de Geología, UCV.

Es importante resaltar que los resultados se esperan que impacten en la comunidad científica de manera tal que sean avalados más proyectos de este tipo, los cuales serían la clave para reconstruir las relaciones con rocas expuestas en otras secciones de pared del grupo Roraima para de esta manera armar con mayor precisión la historia geológica y así obtener datos que nos ayuden a entender mejor la evolución geológica de la región.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización petrográfica-mineralógica de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, ubicado al este del cerro Auyan Gran Sabana, estado Bolívar.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar, identificar y analizar las variaciones verticales de las características texturales, granulometría, porosidad y relación entre granos de las rocas de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, mediante el análisis petrográfico de cuarenta (40) secciones finas.
- Establecer las variaciones verticales de las características mineralógicas de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, mediante el estudio de difracción de rayos X y el análisis petrográfico de cuarenta (40) secciones finas.
- Establecer las etapas diagenéticas de las rocas de una sección de la cara sur del Tepuy Padapue, mediante el análisis petrográfico de cuarenta (40) secciones finas.
- Clasificar las cuarenta (40) muestras de rocas de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue según la clasificación de areniscas de PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)
- Realizar el análisis modal a cada una de las cuarenta (40) muestras de rocas de la cara sur del Tepuy Padapue y realizar sus respectivos diagramas triangulares de

DICKINSON & SUCZEK (1979) y **DICKINSON, y otros (1983)** con la finalidad de determinar el ambiente tectónico de sedimentación.

- Compilar los datos dentro de un diagrama donde se muestren las relaciones verticales entre las cuarenta (40) muestras de rocas de la sección de la pared sur del Tepuy Padapue.

1.3. UBICACIÓN

El Padapue Tepuy se ubica en la Gran Sabana, estado Bolívar, al este del Auyan Tepuy, formando parte de una cadena de cerros testigos que se orientan al oeste, forma una dupla con el Amauray Tepuy, ambos conocidos como “Los Hermanos” por la similitud de su forma (*ver figura 1*). Ubicado relativamente al centro del área que ocupa el Grupo Roraima. El área de estudio está comprendida de una sección de la pared sur de 132m del Tepuy Padapue (*véase figuras 4 y 5*) el cual promedia una extensión geográfica de 8km² y 1.000 m de altura.

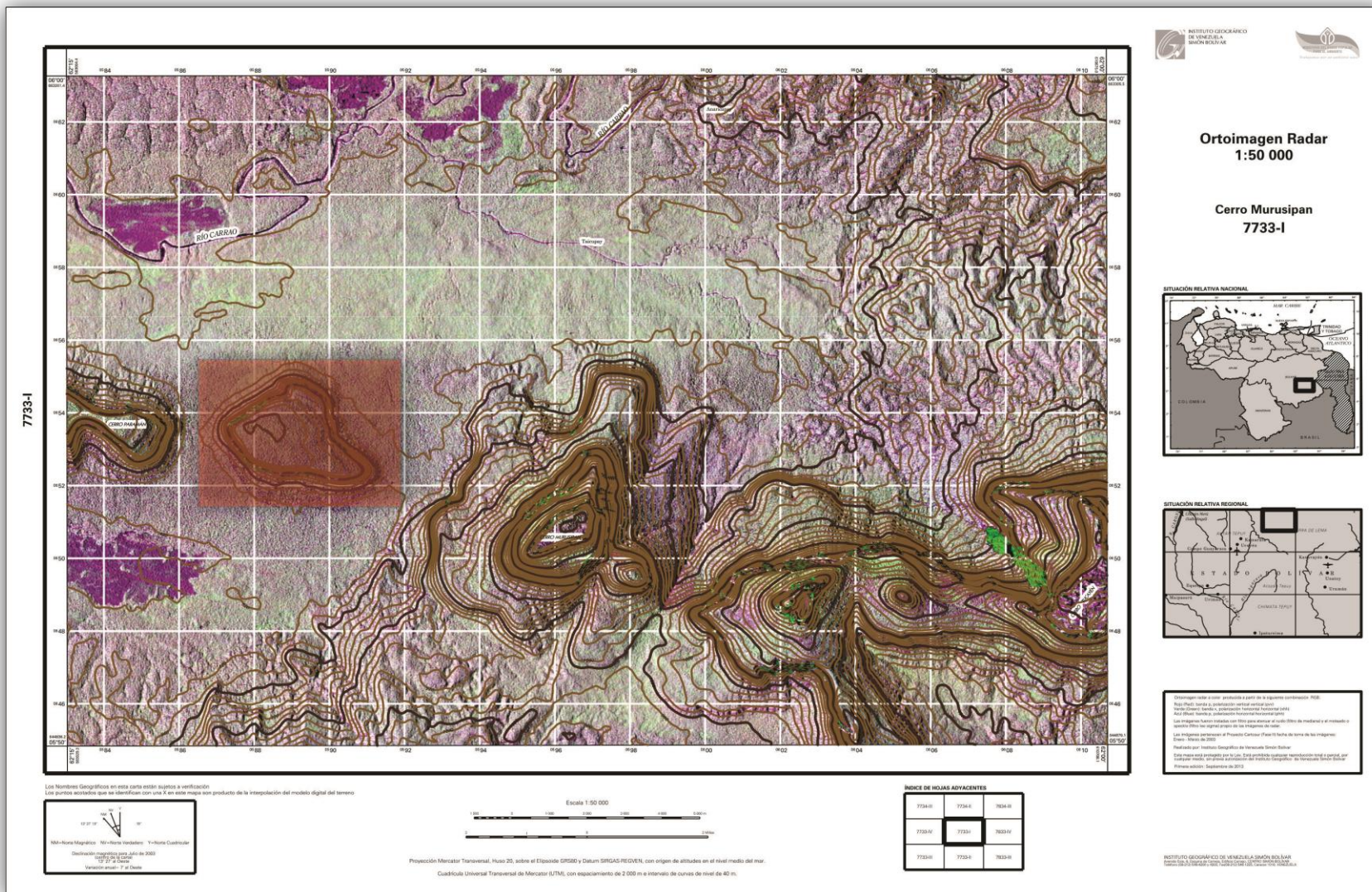


Figura 1. Mapa de Ubicación. Ortoimagen Radar 1:50.000. Hoja 7733-I.

Se delimita en un rectángulo rojo el área aproximada del tepuy Padapue, de coordenadas UTM, zona: 20 N, Coordenada este: 589760 m E. Coordenadas Norte: 652173 m N. Las figuras a continuación del mapa de ubicación denotan el detalle del tepuy padapue, en su base topográfica y ortoimagen. (Ver figuras 2 y 3)

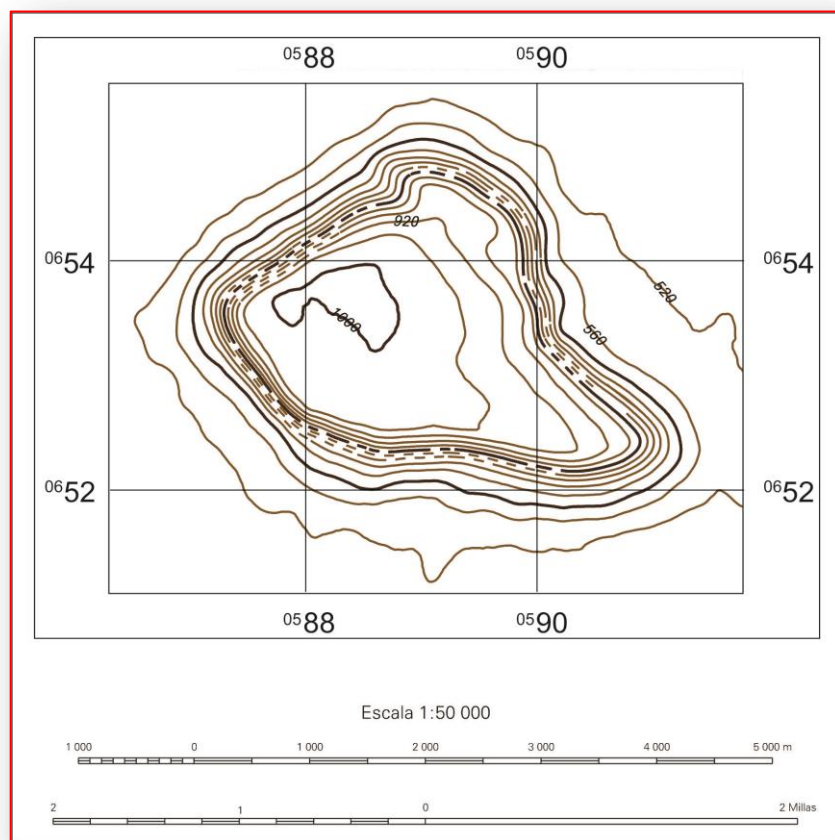


Figura 2. Detalle Ortoimagen. Tepuy Padapue.

Vista en detalle del tepuy Padapue a escala 1:50.000.

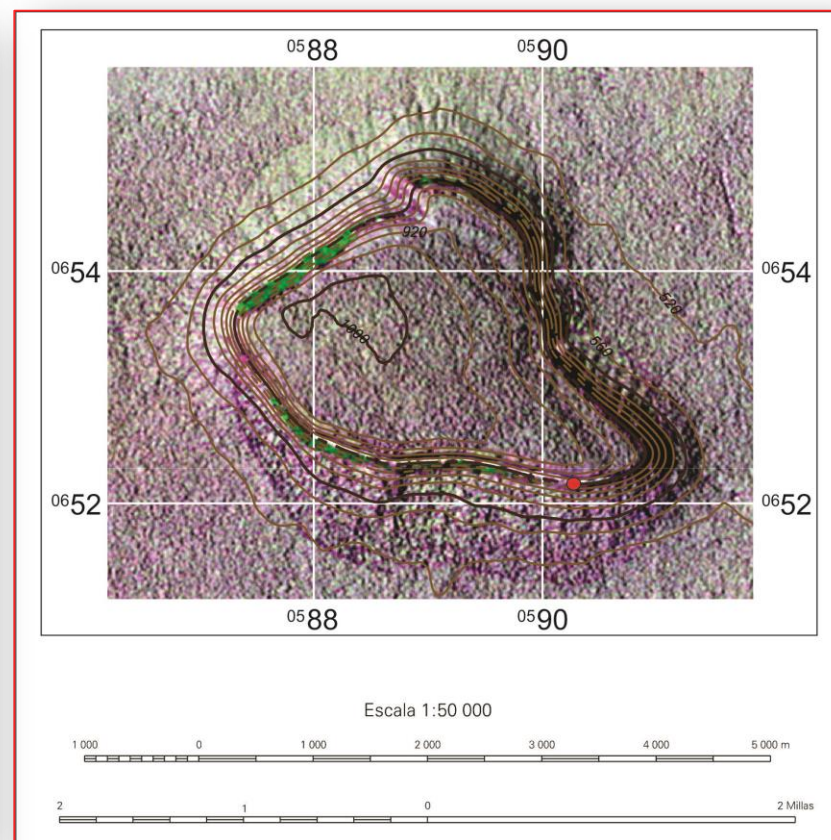


Figura 3. Detalle mapa topográfico. Tepuy Padapue

Vista en detalle del tepuy Padapue a escala 1:50.000. El punto rojo de coordenadas UTM, zona: 20 N, Coordenada este: 589760 m E. Coordenadas Norte: 652173 m N, señala la ubicación de la sección de pared estudiada.

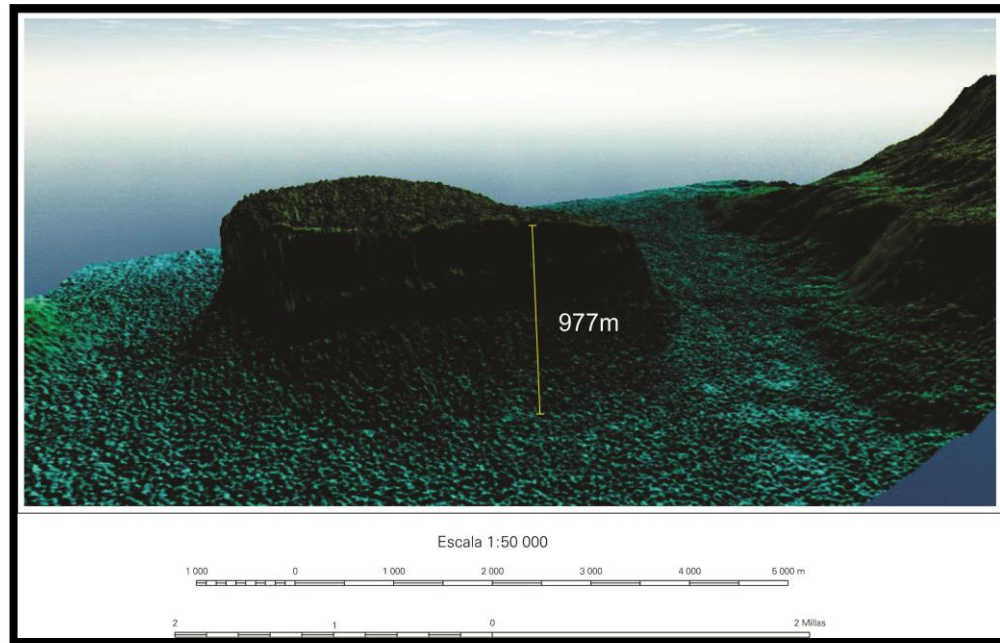


Figura 4. Imagen en 3D tepuy Padapue
Imagen obtenida en Global Mapper 16, mapa base 7733-I

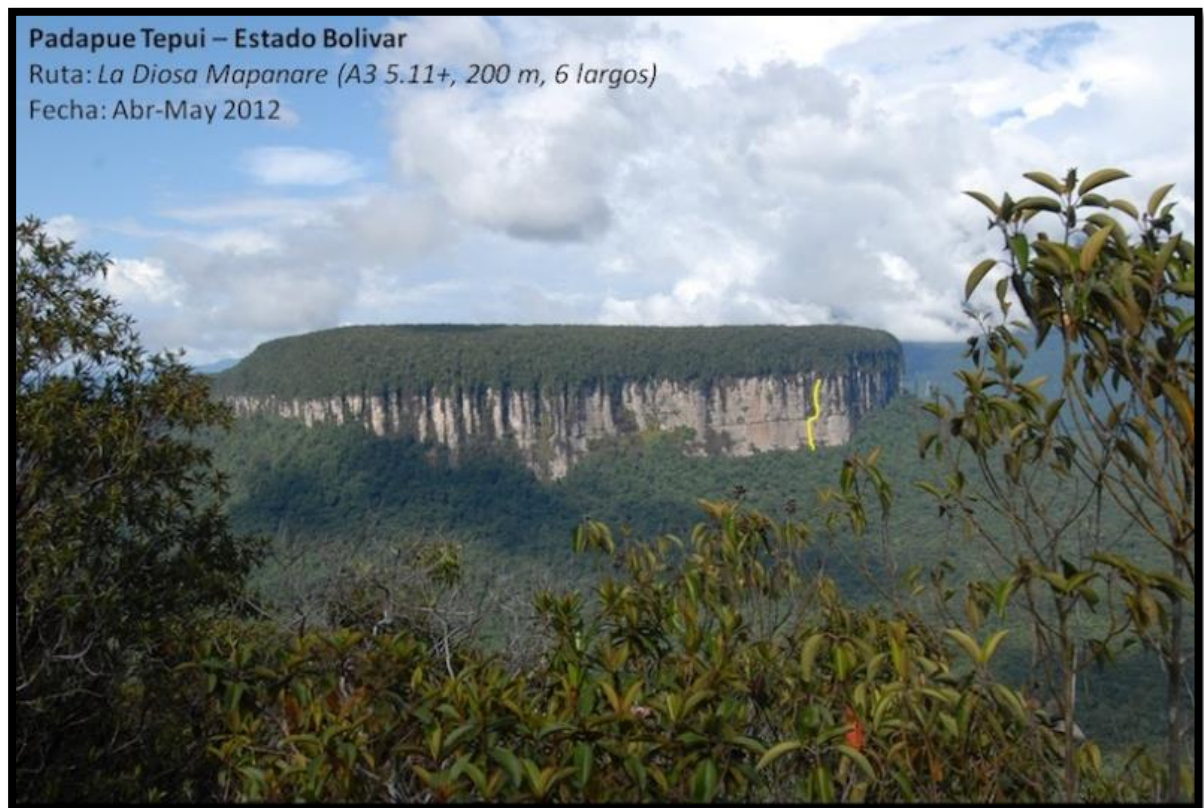


Figura 5. Fotografía de la Pared sur del tepuy Padapue.

Se aprecia en amarillo la sección escalada de la cara sur del tepuy Padapue por el equipo de tierra de sueños. Fotografía tomada por el Ing. Geólogo. Ricardo Vélez

1.4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es el medio por el cual se conocerá en detalle la secuencia sedimentaria del Tepuy Padapue, del cual no se conoce ningún otro trabajo previo asociado al mismo; esta investigación será pionera ya que permitirá conocer por primera vez las características sedimentológicas y geológicas de este tepuy. En un futuro está prevista la obtención de más muestras de secciones de pared de otros Tepuys, para a través de características identificables muy similares a las realizadas en este estudio, se podrá generar un modelo paleoambiental y de procedencia del Grupo Roraima. La investigación complementara el proyecto Tierra de Sueños, quienes aportaron las muestras estudiadas en este trabajo, implementado una metodología de recolección novedosa de las muestras de la sección de pared sur del Tepuy Padapue. (*Ver Anexos*)

1.5. ALCANCES

A través de la construcción de una columna generalizada y la generación de fichas para cada una de las cuarenta (40) muestras, en las cuales fueron plasmados el resultado del análisis petrográfico detallado del cual se obtuvieron las variaciones verticales en cuanto a características texturales, granulometría, porosidad y relación entre granos para así poder determinar etapas diagenéticas; también se realizó un análisis modal y estudio de difracción de rayos X; de dichos estudios se obtuvo una caracterización e interpretación geológica de la sección de pared sur del Tepuy Padapue, con la finalidad de establecer su procedencia.

1.6. TRABAJOS PREVIOS

Para este estudio fueron compilados los trabajos de acuerdo a la geología regional y local, y también se buscaron trabajos con una metodología similar a la que se llevó a cabo para realizar esta investigación esta investigación.

1.6.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

El tepuy Padapue no posee investigaciones previas, sin embargo existen gran cantidad de trabajos relacionado con rocas de varias localidades del estado Bolívar y Amazonas, a continuación se referencian algunos de dichos trabajo con similitud con la metodología y resultados obtenidos.

URBANI, TALUKDAR, SZCZERBAN, & COLVÉE (1977) Para el V CONGRESO GEOLOGICO estudió muestras de rocas asignadas al Grupo Roraima procedentes de las mesetas del Sarisariñama y Guaiquinima en el estado Bolívar, y de doce (12) localidades más dispersas al norte del Orinoco en el Territorio Federal Amazonas. Las muestras fueron estudiadas por técnicas petrográficas convencionales así como por difracción de rayos X; también se prepararon láminas de minerales pesados y se obtuvieron varios concentrados de minerales con el separador magnético isodinámico Frantz para ser estudiados al microscopio y por rayos X. Obteniendo que a nivel regional se encontraron amplias evidencias texturales y mineralógicas de metamorfismo de muy bajo grado a grado medio, de tipo estático.

ALBERDI (1989), realizó un estudio estratigráfico donde se analizaron ocho columnas sedimentarias del Grupo Roraima a lo largo de la Serranía de Lema. De este trabajo se obtuvo un panel de correlación estratigráfica. Para la realización del panel de correlación se utilizaron dos capas guías de naturaleza volcánoclasticas y se elaboró una columna generalizada. La investigación se basó en observaciones directas sobre los escarpes verticales de los tepuyes y la información estratigráfica de campo se complementó con el estudio de 55 secciones finas y 20 análisis por difracción de rayos X, obtenidas en las cabeceras del río Urico (afluente del Yuruán), las cabeceras de la quebrada Hacha (afluente del Tukupo), las cabeceras del río Uroy, las cabeceras del río Chivao y las quebradas de Abare, estos estudios junto con los datos estratigráficos dieron como resultado una interpretación sedimentológica preliminar.

MENDOZA (2012) realizó una compilación de publicaciones en congresos geológicos, sedimentológicos, de cuencas petroleras, venezolanos; congresos latinoamericanos y otros, internacionales y mundiales, así como, en particular, con los trabajos realizados y publicados por la empresa CVG Tecmin, el Servicio Geológico de USA, innumerables tesis de grado y post-gradó, de gran calidad, de las universidades nacionales y múltiples trabajos técnicos de las empresas mineras, además de muchas publicaciones y el Mapa Geológico de Venezuela, compilado por el U.S.G.S. y la U.C.V. Esto con el fin de actualizar el contenido de muy diversos tópicos: Fisiografía, Geología del Escudo de Guayana, Geología de los Andes, Geología del Sistema Montañoso del Caribe, Cretácico Sedimentario, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario, entre los más destacados, con una revisión del Precámbrico

mundial., complementados con levantamientos de campo en escala de detalle, estudios geoquímicos, determinaciones de edades radiométricas e isotópicas y estudios paleomagnéticos confiables, para conocer la geología de cada unidad litoestratigráfica y litodémica de cada región, lo cual permitió realizar un inventario, de gran utilidad, de los recursos minerales que puedan ser explorados y explotados sustentablemente.

BEYERA, y otros (2015). En su trabajo titulado: “Estratigrafía, diagénesis y evolución geológica de la cuenca Paleoproterozoica Roraima, Guyana: Enlaces a eventos tectónicos en el Cratón de Amazonas y evaluación de su potencial de mineralización de uranio”, trabajo en cual estudiaron el supergrupo Paleoproterozoico Roraima con mayor énfasis las porción siliciclástica expuesta en Guyana, Venezuela y Brasil, que llenó la extensa cuenca del Roraima en el Cratón del Amazonas. La estratigrafía secuencial, geoquímica mineral, y geocronología se integraron para entender la evolución de la cuenca dentro de un marco tectónico del cratón amazónico. Determinaron tres secuencias de depósito que comprenden el Supergrupo Roraima, en Guyana. Estas están delimitadas lateralmente por amplios límites de secuencia, que marcan tanto la incisión fluvial y el área de origen del levantamiento, seguidos por la agradación y subsidencia. El Supergrupo Roraima experimentó al menos tres grandes eventos relacionados a fluidos en estado supercrítico, luego de la depositación: (1) entierro temprano (1820 Ma); (2) metasomatismo durante la intrusión de la Suite máficas de Avanavero (1799 ± 9 Ma 1779 ± 10 Ma); y (3) la diagénesis tardía (1756 ± 5 Ma 1723 ± 10 Ma). Los eventos son identificados en base a la petrografía, $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ y $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ de fluorapatita y mica blanca, y las composiciones isotópicas de H, C, O y Sr en mica blanca y calcita. A pesar de tener varias características que indica que podría contener depósitos de U relacionados con la discordancia, la cuenca Roraima sufrió una gran pérdida de la permeabilidad durante el enterramiento temprano y luego con la intrusión de la suite Avanavero.

1.6.2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS.

YORIS (1989), propone y desarrolla un método para el análisis petrográfico por conteo modal en rocas clásticas, sin importar el tamaño de grano presente, siempre y cuando sea posible identificar la composición mineral. El mismo crea una serie de rutinas computacionales que abarcaron de manera sistemática parámetros modales que permitieron graficar de forma sencilla y automática los diagramas ternarios de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**. Posteriormente **ROMERO (1996)**, actualiza el programa a través del sistema operativo Basic para usarlos en un estudio de procedencia de rocas clásticas del noreste de la cuenca del Lago de Maracaibo. **ALEZONES (2009)**, usa el código para un estudio de procedencia de las facies arenosas de la secuencia paleocena-eocena en la zona occidental del Lago de Maracaibo. **BENEDETTI & HERNÁNDEZ (2007)**, en su análisis de proveniencia de las secciones El Pao y Valle Morín de la formación Guárico, generaron una actualización del programa de acuerdo al código de variables de **YORIS (1992)**.

ASCANIO & HUNG (1992), presentaron un trabajo orientado desde el punto de vista paleoambiental (sedimentario y tectónico), de una secuencia Cretácico-Terciario ubicada en el Flanco Norandino a través de secciones ubicadas en las regiones de El Vigia-Estánquez, Zea-La Polvorosa, en el estado Mérida. El estudio paleoambiental se llevó a cabo a través del análisis de las parasecuencias identificadas en columnas estratigráficas escala 1:100, estructuras sedimentarias y fauna presentes, petrografía de carbonatos, los patrones de paleocorrientes y las asociaciones de facies propuestas por **MARCANO (1992)**. Del análisis modal de las areniscas, obtuvieron el grado de escogimiento el cual depende del tamaño de grano de las muestras, ya que la dispersión aumenta a medida que aumenta el tamaño de grano. Utilizando la clasificación de **DICKINSON, y otros (1983)** de procedencia tectónica fue posible determinar para las unidades clásticas analizadas, el ambiente tectónico y probables fuentes de sedimentos que controlaron su formación, tomando en cuenta que estos resultados son influenciados a su vez por condiciones dominantes locales (paleogeografía, paleoclimáticas, etc).

MARCANO (1992), analizo parte de la secuencia Cretácico-Terciaria, aflorante en la región de Zea-Mesa Bolivar, El Vigia-Estánquez, estado Mérida, a través del análisis modal

y el análisis de Markov. El análisis modal permitió describir las unidades consideradas desde un punto de vista textural y mineralógico, mientras que la aplicación de las cadenas de Markov a la secuencia sedimentaria se centra en las transiciones entre facies, destacando las asociaciones importantes para cada formación y detectando posibles ciclos sedimentarios. Las variables estadísticas utilizadas para evaluar la textura y mineralogía de las unidades fueron obtenidas a partir de un programa de computación modificado de **YORIS (1989)**. Mediante la ayuda de diversos gráficos, fueron examinados el tamaño de grano, la esfericidad, la madurez textural o escogimiento, la madurez mineralógica y el contenido de fragmentos de roca y matriz para cada unidad, encontrando sutiles diferencias texturales entre unidades y una variación más notable en cuanto a madurez mineralógica

CAMPOSANO & MARTÍNEZ (2000), realizaron un estudio, de dos secciones estratigráficas en el occidente venezolano, correspondientes a las formaciones Barco y Mirador, ambas ubicadas en las cercanías de la población de San Pedro del Río en el estado Táchira. Para este estudio se utilizaron tres métodos analíticos para realizar la caracterización de las formaciones, estos fueron fluorescencia de rayos X por energía dispersiva, difracción de rayos X y espectrometría de rayos gamma; de un total de 246 muestras que fueron preparadas y analizadas se obtuvo la concentración de los diversos elementos mayoritarios de las mismas, además de la composición mineralógica para algunas muestras en específico; al obtener los resultados y ser procesados elaboraron perfiles donde se pudieron observar las variaciones verticales de los elementos estratigráficos y así determinaron unidades químico-radiométricos que al ser concatenados con la información sedimentológica se obtuvo la representación de los cambios en los ambientes de depositación y dentro de estos se pudo determinar superficies de máxima inundación y límites de unidades sedimentarias.

ARIAS (2004), en su trabajo estudió sedimentos cuaternarios de la Fachada Atlántica Venezolana, provenientes de 9 núcleos y muestras de sedimentos superficiales obtenidas a través de un “*Box core*”, con el fin de correlacionar los cambios mineralógicos a procesos geológicos. En el estudio realizó la identificación mineralógica de 95 muestras, a través de difracción de rayos X (DRX) y se determinó la mineralogía de la fracción <2 micras de 53 muestras. Los datos se procesaron con estadística univariante y multivariante, se elaboraron perfiles de distribución de la relación (caolinita + clorita + ilita)/esmectitas, y se definieron

unidades a partir de las variaciones mineralógicas que permitieron caracterizar y reconocer las relaciones verticales existentes entre los sedimentos.

COELLO (2012) en su trabajo estudió una sección de la Faja Piemontina parte de la Serranía del Interior de la Cordillera de La Costa, al centro-norte de Venezuela; específicamente estudio una franja de 20 a 30 km de ancho de las espesas secuencias de flysch de la formación Guárico que aflora desde Boca de Uchire en el estado Anzoátegui hasta la ciudad de San Carlos en el estado Cojedes; con el fin de dar soporte a los estudios previos realizados respecto a los tipos de rocas que constituyeron las posibles fuentes de sedimentos para el depocentro de la cuenca antepaís en la que se depositó dicha unidad durante el Maastrichtiense-Eoceno Temprano, se realizó el estudio a lo largo de toda su extensión geográfica para generar un modelo evolutivo tectono-estratigráfico. Para generar el mencionado modelo realizó el análisis modal de 20 muestras de arenisca de tamaño de grano medio a grueso y los resultados fueron vaciados en los diagramas ternarios de procedencia propuestos por **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros, (1983)**, para esto se utilizó la herramienta computacional creada por **YORIS (1989)** actualizada a sistemas operativos modernos por **BENEDETTI & HERNÁNDEZ (2007)**.

MORA (2013), realizó un estudio geológico integrado a través de la caracterización petrográfica, sedimentológica y geoquímica con la finalidad de interpretar la procedencia y ambiente tectónico en los sedimentos de la sección basal del pozo Sol-6 ubicado en el campo Urdaneta, cuenca de Maracaibo. Para este estudio se realizó una descripción macroscópica del núcleo Sol-6 del cual se establecieron tres facies; también se realizó un análisis petrográfico visual y modal, del cual se obtuvo la clasificación de las muestras bajo la clasificación de los triángulos de **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)**. La interpretación de la procedencia y ambiente tectónico se realizó mediante los diagramas de discriminación para ambientes tectónicos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, **BHATIA & CROOK (1986)**, **ROSER y KORSCH (1986)**.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Para este estudio se cumplieron una serie de actividades a lo largo de tres etapas fundamentales que incluyen una secuencia de actividades de recopilación, laboratorio y oficina encaminadas a la ejecución de una investigación geológica que permitió caracterizar una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, actividades que se resumen en el *Grafico 1*.

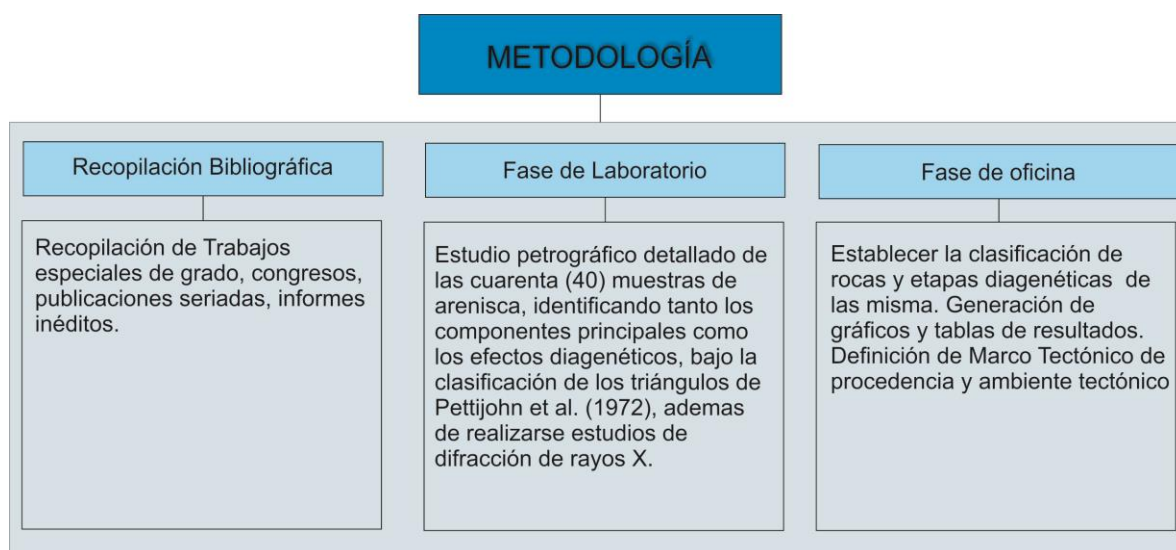


Grafico 1. Descripción de los parámetros metodológicos.

2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Recopilación bibliográfica: se efectuó la búsqueda y selección de la documentación geológica publicada en congresos geológicos nacionales, trabajos especiales de grado, publicaciones seriadas, entre otros, tratando de abarcar la mayoría de los trabajos correspondientes a la zona de estudio, para tratar de generar una recopilación completa sobre el Supergrupo Roraima. También se compilo información referente a la base metodológica, con el fin de referenciar aquellos documentos en los cuales fueron usadas técnicas y bases metodológicas similares a las a realizar en esta investigación.

2.2. FASE DE LABORATORIO

2.2.1. ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Estudio petrográfico detallado de las cuarenta (40) muestras de arenisca, identificando tanto los componentes principales: granos, matriz, cemento, porosidad, como los efectos diagenéticos, bajo la clasificación de los triángulos de **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)**.

A la totalidad de las muestras se les realizó un análisis modal el cual se basa en un conteo sistemático de no menos de 300 puntos, los cuales fueron comparadas con la tabla de variables mineralógicas-sedimentológicas establecidas por **YORIS (1989)**; una vez registrada la información en tablas de hojas Excel, estableciendo para cada punto contado que coincide con el centro del campo visual del microscopio petrográfico, lo siguiente: número de identificación de la variable observada comparada con la tabla de **YORIS (1989)**, diámetros mayor y menor del grano y el objetivo del microscopio petrográficos bajo el cual se observa la partícula. Luego los datos fueron cargados en la hoja “Datos” del programa “Análisis Modal” (*ver figura 6*), actualizado y reprogramado por **BENEDETTI & HERNÁNDEZ (2007)** para así calcular los porcentajes mineralógicos y así mismo generar los datos para la ubicación en los triángulos de procedencia tectónica de sedimento, esto bajo los parámetros de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, **DICKINSON**, y **otros (1983)** y **DICKINSON W. (1985)**, que clasifican a las rocas según la cantidad de cuarzo (Q), feldespatos (F), fragmentos líticos inestables (L), fragmentos líticos estables (Lt[Qp+Ft]), donde Qp es cuarzo policristalino y Ft es ftanita.

El análisis modal de una muestra se utiliza con la finalidad de conocer la abundancia relativa de sus componentes. Se basa en la suposición de que el área de cada especie mineral en la sección fina, proporcional al volumen que está ocupando en la roca. El método utilizado en este estudio es un conteo de puntos como ya fue explicado anteriormente. A partir de un análisis de este tipo, se puede inspeccionar la población de granos para así obtener tipos mineralógicos específicos. Una vez procesadas las planillas en

el software, se adquirieron los datos necesarios de los cuales se analizaron, datos granulométricos y datos composicionales en función del área de la partícula.

El programa también reporta la clasificación de la arenisca según **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)**, con dos criterios distintos en relación al cuarzo policristalino, es decir, considerándolo en un caso como parte del cuarzo total (QFL) y en otro como fragmento de roca (QmFLt). Por último, calcula los porcentajes mineralógicos para ir a los triángulos de procedencia tectónica del sedimento publicados por **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**, con una dualidad semejante a la que se mencionó para la clasificación, es decir, se calculan para ir a tres triángulos de procedencia, lo que permite una apreciación completa del material, desde un punto de vista textural y mineralógico (descripción granulométrica y composicional) y por otro lado, considerando el origen del sedimento (componente genético), y en ambos casos, con la posibilidad de hacer énfasis ya sea en la madurez de la muestra (triángulos QFL) o en la procedencia del material (QmFLt).

Código de variable	Diametro Mayor (D)	Diametro Menor (DM)	Numero de Objetivo
71	50	7	10
71	20	3	10
71	58	28	10
51	84	58	10
71	66	18	10
51	66	25	10
47	66	42	10
26	5	5	10
71	18	7	10
47	75	34	10
71	34	25	10

Figura 6. Hoja de datos de entrada del Programa Análisis Modal. Tomado de COELLO (2012)

2.2.2. LIMITACIONES PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PROCEDENCIA

El control que ejerce sobre la composición de las áreas el tamaño de grano ha sido una seria limitación para los estudios de procedencia. Básicamente el problema consiste en que al disminuir el tamaño de grano de las areniscas, los fragmentos líticos se van descomponiendo en sus componentes monominerales produciendo un aumento en la relación fragmentos minerales/fragmentos de rocas, estas variaciones composicionales traen como consecuencia que para muestras de una misma área de aporte se determinen diversas procedencia, hecho que no es del todo cierto ya que la variación composicional no refleja cambios de procedencia, sino variaciones en la granulometría de las rocas analizadas. (SCASSO & LIMARINO, 1997).

Para solventar esta situación se procedió a estandarizar el tamaño de grano de las areniscas utilizadas en estudios de procedencia, recomendándose el empleo de areniscas gruesas, aunque dicha propuesta minimiza el efecto del tamaño de grano, pero mostraba numerosas limitaciones, entre ellas el hecho de que no todas la unidades estratigráficas cuentan con suficientes bancos de areniscas gruesas distribuidas en diferentes niveles estratigráficos para poder realizar estudios representativos de las áreas de procedencia, además los clastos de arena mediana y fina también se encuentran presentes en las areniscas gruesas, lo que obligaría a discriminar durante el conteo y por último, determinados grupos de rocas tienden a no generar clastos de tamaño arena gruesa, lo que llevaría a que no se vieran representados en estudios composicionales. (SCASSO & LIMARINO, 1997)

Debido a las dificultades señaladas el método más apropiado para minimizar el efecto de la granulometría consiste en estandarizar todas la muestras al tamaño arena fina. Esto se logra mediante el método **GAZZY-DICKINSON** descrito por **INGERSOLL, y otros (1984)** que cuenta como fragmentos monomineral a todo cristal mayor a 62 micrones (0,062mm), para así poder separar aquellos fragmentos de rocas de “grano grueso” (diámetro mayor al límite arena-limo) de los granos finos (representados mayormente por pelltas, pastas de volcanitas, etc.).

Para efectos del estudio, el método **GAZZY-DICKINSON**, fue el predominante dadas las características de las muestras ya que el tamaño de los granos varía de entre 0.056mm a 0,074mm (tamaño arena muy fina, según los parámetros de **HALLSWORTH & KNOX (1999)**), este último corresponde a los mayores tamaño en promedio de los granos contados, donde inclusive se incluyen a aquellos grandes clastos de fragmentos de rocas pertenecientes a algunas muestras de la base de la columna.

2.2.3. DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Para la realización de este estudio se seleccionaron 24 muestras, usando como criterio de selección la discriminación macroscópica de las muestras de mano del proyecto, las cuales se seleccionaron según su ubicación en la sección tratando de obtener la mayor cantidad de información de las secciones más determinantes tras ser clasificadas en grupos. El equipo a utilizar para el estudio fue un Difractómetro de rayos X Philips (*ver figura 7*), dicho equipo se encuentra en las instalaciones del laboratorio 330 de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.



Figura 7. Equipo de difracción de rayos X, Laboratorio de difracción rayos X, Departamento de Geología, UCV.

El equipo está diseñado para determinar la mineralogía de las muestras ya que este análisis establece la distancia interplanar existente entre las celdas de la estructura cristalina en los minerales, lo que permitirá identificar los minerales de las muestras seleccionadas.

El difractómetro cuenta con un tubo generador de rayos X, el cual posee un ánodo de Cu, enfriado a través de un flujo continuo de agua. Posee un goniómetro tipo “step scanning” PW 3020 que permite hacer un barrido de la muestra a lo largo de un amplio rango de valores 2θ . Posee también, un detector de ionización de gas PW 1711/90 encargado de recibir las señales provenientes de la muestra. Adicionalmente, cuenta con una cámara de plomo dentro de la cual se encuentra un dispositivo donde son colocadas las muestras para su medición. La operación del difractómetro es controlada por un Software diseñado para este equipo, el cual es compatible con PC, bajo el sistema operativo MSDOS y lleva por nombre APD (“Automated Powder Diffraction”), versión 3.5B (1992). (CAMPOSANO & MARTÍNEZ, 2000)

Para cada una de las muestras que serán analizadas por este método se realizaron una serie de fotos con el fin de tener registro de las muestras (*véase figura 8*). Una vez pulverizada una porción de las muestras, proceso en el cual se destruye parte de la muestra original para obtener por lo menos una cantidad de aproximadamente de 1 cm³ de material, para realizar el proceso general de molienda (*ver figura 9*). El polvo será colocado sobre portamuestras de aluminio diseñados específicamente para el equipo, los cuales poseen una cavidad de 1,5 x 2 x 0,2 cm (*Figura 9.5*). Una vez sobre el portamuestra y como paso final, el polvo es compactado hasta conseguir una superficie uniforme, al ras de la lámina de aluminio (*Figura 9.6*). Para determinar la mineralogía presente en las muestras, las mismas fueron analizadas utilizando radiación de Cu desde un ángulo inicial igual a $2,5^\circ 2\theta$ hasta un ángulo de $70^\circ 2\theta$ con un tamaño de paso de $0,010^\circ 2\theta$ y un tiempo por paso de 1,25 seg, estas condiciones estas registradas en el software con el nombre de DESCO30.

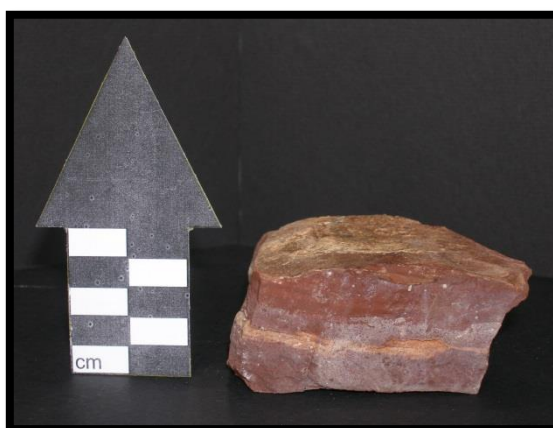


Figura 8. Fotografía de Muestra.



Figura 9. Proceso general de molienda.

Para las muestras se aplico el proceso general de molienda (*vease figura 9*) descrito a continuacion: **9.1.**La muestra de mano es envuelta en papel para evitar contaminación en el medio y evitar que al golpear salten fragmentos de la misma. La finalidad de este paso es obtener pedazos de muestras de entre 1.5cm a 0.5cm que facilitarán el proceso de molienda. **9.2.**Se procede a colocar los fragmentos en la capsula para la molienda, la misma es previamente limpiada con papel y alcohol para eliminar residuos que puedan contaminar el proceso. **9.3.** La capsula es colocada en la Shatter Box la cual con movimientos oscilatorios hace que la muestra dentro de la olla sea pulverizada a un tamaño de aproximadamente menor al del limo.**9.4.** Se colecta e identifica el producto de la molienda. . Preparación de porta muestras. **9.5.** El polvo fino será colocado sobre porta muestras de aluminio diseñados específicamente para el equipo, los cuales poseen una cavidad de 1,5 x 2 x 0,2 cm. **9.6.** El polvo es compactado hasta conseguir una superficie uniforme, al ras de la lámina de aluminio

2.3 FASE DE OFICINA

2.3.1. GENERACIÓN DE TABLAS, GRÁFICOS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se generaron tablas resumen de clasificación de rocas, y de procedencia de cuarenta (40) muestras estudiadas.

La información generada en los programas es graficada en los diagramas ternarios de **(DICKINSON & SUCZEK, 1979)**, **(DICKINSON, y otros, 1983)** y **(DICKINSON W. , 1985)**, se crearon tablas y gráficos que sintetizan y caracterizan las muestras analizadas referentes a la composición y procedencia de las muestras y se genera un diagrama con la compilación de los resultados.

Se interpretó el significado tectónico de los resultados de ambiente y procedencia de los sedimentos que sirvieron para la depositación del Grupo Roraima

2.3.2. ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES

Generación de una secuencia sedimentaria asociada al Grupo Roraima, más específicamente de una sección de la pared sur del Tepuy Padapue, para así mismo, determinar, identificar y analizar, las variaciones verticales, en cuanto a: textura, composición, procesos diagenéticos y procedencia. Para de esta manera y apoyados en la bibliografía y los trabajos realizados en la región, poder establecer la evolución geológica del Tepuy Padapue.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. FISIOGRAFIA DE LA PROVINCIA DE GUAYANA

El Escudo de Guayana se extiende al sur del Río Orinoco y limita al este con Colombia por los ríos Orinoco, Atabapo y Guainìa-Negro; al sur con Brasil en Cocuy-Neblina-cabeceras de los ríos Orinoco-Ventuari y la Gran Sabana con la Sierra Pacaraima y al este con la Zona en Reclamación con los ríos Venamo y Cuyuní, cubriendo casi el 50% de la superficie de Venezuela (*ver figura 10*). Fisiográficamente se diferencian varias provincias (*ver figura 10*), la provincia norte con la cobertura Cuaternaria de la formación Mesa que bordea todo el curso norte del Río Orinoco hasta la zona deltana con alturas por debajo de los 150 m.s.n.m. La Provincia de Imataca caracterizada por filas alargadas de cuarcitas ferruginosas tipo Cerro Bolívar y gneises cuarzo-feldespáticos anfibolíticos y granulíticos, migmatitas, charnockitas y algunos mármoles dolomíticos del Complejo Imataca, que ocupan zonas montañosas con alturas superiores a los 400 m.s.n.m. Luego tenemos la provincia geológica de Pastora con sabanas planas bajas ocupadas por granitos del Complejo de Supamo y filas largas y estrechas con alturas por debajo de los 500 m.s.n.m. tipo cinturones verdes del Supergrupo Pastora y de filas más anchas y más bajas de cinturones verdes más jóvenes del Grupo Botanamo. Las mayores alturas se localizan en pequeños “plateaux” de diabasas con núcleo de rocas graníticas como en el Dique Anular de Nuria con alturas superiores a los 500 m.s.n.m. (MENDOZA, 2012)

La provincia geológica de Roraima al sur de las cabeceras del Río Cuyuni alcanza grandes áreas planas altas, denomina Gran Sabana, formada por areniscas feldespáticas del Mesoproterozoico con alturas de 1.500 a 950 m.s.n.m. desde Luedpa hasta Santa Elena del Uairén, culminado por tepuys o mesas altas de ortocuarcitas sedimentarias del Grupo Roraima con innumerables tepuys como el Roraima, Auyantepuy, Chimantá y hacia Amazonas los tepuy de El Pañuelo, Cuao, Autana, Parù, Duida y Marahuaca entre otros, con alturas que van en Roraima por el orden de hasta los 2.000 m.s.n.m y en el Marahuaca hasta los 3.400 m.s.n.m. En la parte oeste del estado Bolívar y el estado Amazonas predominan las rocas riolíticas y granitos que forman filas alargadas como la de Caicara-

Santa Inés y grandes batolitos como los de San Rosalía, El Parguaza, Parù, etc. En general, durante el Mesozoico, luego de iniciada la disrupción de la Pangea, se produjo un levantamiento general del Escudo de Guayana, en especial de su parte norte, erosionándose gran parte de la sección y dejando al descubierto las rocas más antiguas del escudo como las granulitas, anfibolitas, migmatitas, charnockitas y rocas graníticas del Complejo de Imataca de edad Mesoarqueozoico. (**MENDOZA, 2012**). El levantamiento más acentuado e inclinación debió producirse en el Eoceno Medio-Superior durante el cual no se registró casi sedimentación marina al norte del Escudo de Guayana. Este último levantamiento ocasionó una más acelerada erosión del escudo y subsecuente depositación en cuencas localizadas al Norte del Rio Orinoco (**OLMORE & GARCIA-GERDES, 1990**) y la formación de grabens por reactivación de antiguas fallas al noroeste del Rio Caura y en Guyana, con depósitos modestos de arenas con gas, de edad Mioceno, en esta última región del Sur de Guyana. El Escudo de Guayana ha sufrido prolongados y repetitivos períodos de erosión pudiéndose distinguir en las hoyas de los ríos Caroní y Cuyuni varios niveles erosionales cada uno de los cuales parece tener un origen complejo y diferente de otros niveles: así algunos niveles parecen representar un periodo de peniplanación; otros niveles son consecuencia de la estructura y composición de las rocas ígneas respectivas (extensos domos graníticos, anorogénicos, ricos en feldespatos). Al menos seis niveles de superficies de erosión se registran en la Guayana Venezolana, que de más a menos elevados son los siguientes: **1)**Nivel Auyanteupy, de 2.000 a 2.900 m.s.n.m. (Posiblemente el nivel más alto sea el techo del Duida – Marahuaca con 3.300 –3.4.00 m.s.n.m.); **2)**Nivel Kamarata-Pacaraima de 1.200 a 900 m.s.n.m.; **3)**Nivel Imataca-Nuria-Cerro Bolívar-Los Pijiguaos, de 600 a 800 m.s.n.m.; **4)**Nivel Caroni-Aro-El Pao de 450 a 200 m.s.n.m.; **5)**Nivel Mesa-Guiria-Llanos de 80 a 150 m.s.n.m.; **6)**Nivel Delta del Orinoco de 0 a 50 m.s.n.m. La edad de formación de los dos primeros niveles más altos parece ser desconocida, aunque **SCHUBERT, BRICEÑO, & FRITZ (1986)** estima que sean Mesozoicos. La edad de los otros cuatro niveles se comenzaron a modelar desde hacen unos 40-50 M.a. y continúan actualmente. El Nivel Imataca-Nuria-Cerro Bolívar-Los Pijiguaos es el más importante desde el punto de vista económico ya que en él se concentraron, por procesos de meteorización de cuarcitas ferruginosas y rocas graníticas, que indujo el enriquecimiento supergénicos de las respectivas menas minerales, los depósitos de hierro y bauxita, respectivamente, de la Guayana Venezolana.

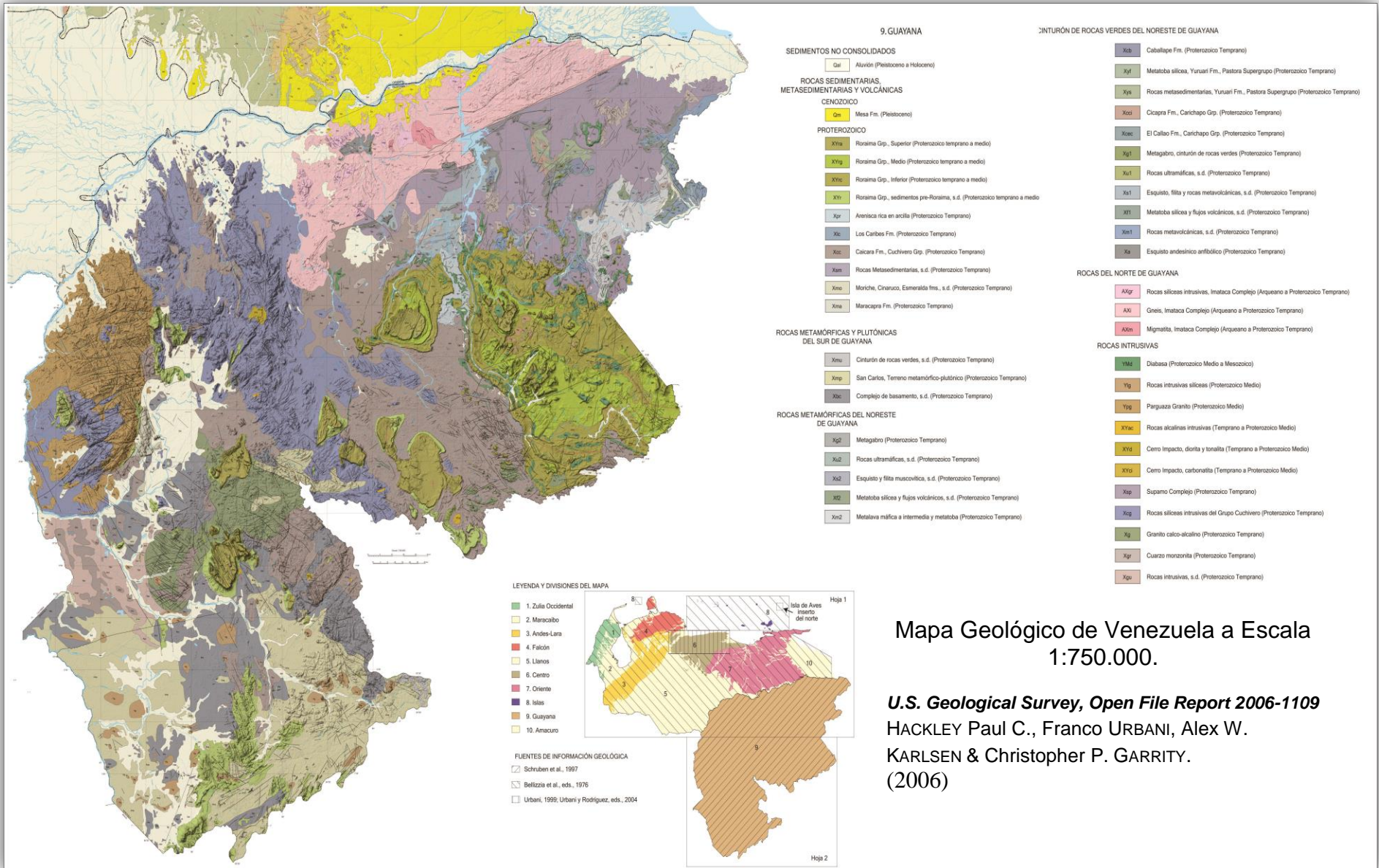


Figura 10. Mapa Geológico de Venezuela a escala 1:750.000. Provincias Geológicas de Guayana

Modificado de HACKLEY, URBANI, KARLSEN, & GARRITY (2006). U.S. Geological Survey. 2006. En el mapa pueden observarse en su totalidad las provincias geológicas de Guayana y sus respectivas formaciones.

3.2. EVOLUCION GEOTECTÓNICA

El Escudo de Guayana se localiza al sur del Río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo), que registran en buena parte una evolución geotectónica (*véase tabla 1*) similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo, con al menos ruptura de supercontinentes en 2.4-2.3 Ga (Guayanensis), 1.6-1.5 Ga (Atlántica-Caura), 0.8-0.7 Ga (Rodinia) y 0.2 Ga (Pangea). En particular, el Escudo de Guayana, que se compone de las provincias geológicas de Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima, forma parte del **Cratón Amazónico** del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes precámbricos de Colombia y de Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hacen unos 200 Ma. (MENDOZA, 2012)

Durante el Meso y Neoarqueozoico (Orogénesis Guriense 3.70 – 3.41 Ga y Aroensis o pre-Transamazónica, 2.78-2.60 Ga), se originaron, bajo un régimen de muy alto gradiente geotérmico, con zonas de subducción menos pendientes que las actuales (sin eclogitas ni esquistos azules), primitivos cinturones de rocas verdes que culminaron con formaciones bandeadas de hierro tipo Dos Carajas (Cerro Bolívar y relacionados) y tipo Algoma (El Pao y similares), con domos intrusivos gabroides-dioríticos a tonalíticos, trondjemíticos y granodioríticos, que sufrieron politectonometamorfismo (granulitas félsicas y máficas de dos piroxenos con altas temperaturas, del orden 750 °C-850 °C y moderadas presiones < 8 Kbs). Estos terrenos de cinturones de rocas verdes y tonalíticos, trondjemíticos y granodioríticos primitivos, formaban islas y microcontinentes dentro de esos gigantescos océanos; pero por deriva y choque se suturaron unos sobre otros, con grandes corrimientos, formando fajas tectónicas con litologías, metamorfismo y edades diferentes y se adicionaron unas a otras, hasta constituir el espeso cratón Imataca-Kanukú, hacia 2.7-2.5 Ga, formando parte del primer gran supercontinente, que denominamos Guayanensis. (MENDOZA, 2012).

En el Paleoproterozoico (Orogénesis Transamazónica, 2.3-1.80 Ga) el cratón Imataca Kanukú se fracturó y separó, formándose entre los bloques en deriva, Imataca a un lado y Kanukú y cratones equivalentes de Brasil, al opuesto, el océano Pastora-Barama-

Mazzaruni, donde se produjeron, bajo un régimen de tectónica de placas similar al actual, más evolucionados cinturón de rocas verdes, formados en arcos de islas y cuencas detrás del arco, con rocas predominantes basáltico- komatíticas hacia la base (formaciones Cicapra y equivalentes) seguidas por rocas transicionales entre komatíticas y toleíticas (formación Florinda), basandesitas toleíticas y sedimentos pelíticos profundos (formaciones El Callao, La Cuaima, El Torno, Rio Claro) y rocas volcánicas y volcanoclásticas félsicas hacia el tope (formación Yuruari, 2.130 M.a) que fueron plegometamorfizadas (facies Epidoto-Anfibolita y Facies Esquistos Verdes) con y por domos tonalíticos, trondjemíticos, granodioríticos (TTG) y migmatitas (Complejo de Supamo) e intrusiones sin y postectónicas dioríticas y gabroides. Dentro de ese régimen de tectónica de placas, se produjeron nuevas cuencas y subcuencas, nuevos y más evolucionados Cinturones de Rocas Verdes, desde paralelas hasta normales a las cuencas anteriores, que recibieron espesas secuencias turbidíticas volcanogénicas, de composiciones intermedias a félsicas, calco-alcalinas, con escasas rocas volcánicas máficas y ausencia total de rocas komatíticas (formación Caballape) cerrándose los mares con sedimentos molasoides, colores rojos, pelíticos, samíticos y hasta conglomerados polimicticos (formaciones Los Caribes, Urico y Maracapra, Ston, Murawa, etc.), suturándose y acreacionándose así las rocas de Pastora, más joven, debajo de Imataca, más antigua (Megafalla de Guri), coincidiendo o formado parte del gran Supercontinente Atlántica. El cinturón de rocas verdes tipo Pastora de trend N-NW colindo con el cinturón de rocas verdes de Botanamo, de tendencia NE como lo muestra la zona de sutura o graben del Rio Marwani. (MENDOZA, 2012).

Hidrotermalismo y politectonismos de edad post-Supamo (2.15 Ga, 2.06 Ga, 1.25 Ga, 0.95 Ga) originaron vetas de cuarzo aurífero hipo y mesotermales en zonas de cizallamiento tipo Motherlode (de tendencias NE, como El Callao, Chile, Chocó; NS, tales como Coacia, Day; NW, como Camorra, San Rafael), tipo pórfidos de oro y cobre (NE, como Las Cristinas-Brisas del Cuyuni), tipo “saddle ref.” (NE, Tomi; NS, Fosforito), tipo Sigma-Lamaque o de zona de cizallas, en el contacto de rocas volcánicas (competentes) con rocas sedimentarias pelíticas, incompetentes (como por ejemplo las vetas de Lo Increíble, Bochinche, Introducción, Canaima). (MENDOZA, 2012)

Las rocas de la formación Caballape se desarrollaron en una zona de arco de islas que colidieron contra las rocas del anterior arco de islas de Pastora ya incorporado por choque a Imataca. Entre ambas colisiones y el final del cierre oceánico, posiblemente hacia 2.2 Ga, se formó una nueva zona de subducción con un borde continental activo, de un continente relativamente delgado, en el que se originó un efímero arco magmático con intrusiones alcalinas dioríticas a cuarzo-monzoníticas con rocas volcánicas y piroclásticas equivalentes, intermedias andesíticas y areniscas inmaduras arcòsicas que rellenaron surcos al momento de la retirada de los mares. **(MENDOZA, 2012)**

Los pòrfidos de Cu-Au de Las Cristinas, Omai, etc en formación hacia 2.15-2.05 Ga fueron interrumpidos por intrusiones más félsicas que añadieron calor e hidrotermalismo, con nuevo aporte de Cu, Au, algo de Mo y turmalina y con ello una más amplia, diseminada y enriquecida mineralización de oro-cobre (1.3 g/t de Au y menos de 0.2% de Cu, con trazas de Mo y otros metales). Al parecer no resulta adecuada la correlación de la secuencia de Las Cristinas con rocas de la Formación Caballape del Grupo Botanamo y la secuencia volcano-sedimentaria intrusionada por las cuarzo monzonitas y dioritas y pòrfidos graníticos debió ser en tiempo algo posterior y de ambiente tectónico totalmente diferente a la formación Caballape de la zona de El Callao-Tumeremo o a la formación Venamo cercano a Anaoco y el Rio Venamo. **(MENDOZA, 2012)**

A los arcos de islas de Botanamo, acreacionados junto con Pastora a Imataca, siguió algo más tarde (unos 20-30 Ma) la fusión parcial más profunda, de material del manto que calentó, fracturó y se mezcló con material de la corteza, predominantemente granítico tipo TTG, para con muy poco fraccionamiento producir, en un borde continental activo tipo Andes, magmas riolíticos que se emplazaron y cristalizaron como las rocas volcánicas y piroclásticas de Caicara, cristalizando a niveles meso-catazonales sus comagmáticos granitos calco-alcalinos de la Asociación Cuchivero (granitos de Santa Rosalía y San Pedro) y sus equivalentes del arco magmático Cuchivero durante el Evento Orocaima (1.98 Ga-1.88 Ga), al final de la Orogènesis Transamazònica que se había iniciado hacia 2.3 Ga y que concluyó hacia 1.80 Ga presedimentación de la facies molasa, post-tectónica, del Grupo Roraima. **(MENDOZA, 2012)**

La corteza de la cual se derivaron en gran parte estas rocas graníticas de la Asociación Cuchivero debió ser del tipo Complejo de Supamo. Las rocas de Cuchivero presentan bajos contenidos en Ni (<5 ppm) y altos contenidos de Sr87/Sr86 inicial (0.7067) que indican gran participación de material costral en su origen, además de su carácter peraluminoso y la presencia, aunque no constante, de muscovita. De esta forma hacia 1.8 Ga se había consolidado (final de la orogénesis Transamazónica) un gran bloque continental (Imataca+Pastora-Botanamo+Cuchivero) y sus equivalentes hacia el Sur en Brasil y hacia el Este en Africa Occidental, formando parte de la amalgamación del Supercontinente Atlántica-Caura. Este enfoque difiere de la gran mayoría de interpretaciones previas que finalizan la orogénesis Transamazónica con los arcos de islas de Pastora y Botanamo (y sus equivalentes) con la supuesta consolidación del Supercontinente Atlántica, hacia 2.1-1.95 Ga, cuando en realidad la orogénesis siguió ya que simultánea e inmediatamente después del arco de islas de Botanamo se formó el arco magmático de Cuchivero y ambos se acrearon junto con Pastora, en la zona de Sutura Caura, al continente Imataca. **(MENDOZA, 2012)**

Sin embargo, los granitos de Cuchivero han sido interpretados también por algunos autores como granitos post-colisión o post-cierre del océano Pastora finalizando así la orogénesis Transamazónica, pre-Cuchivero. Lo cierto es que las únicas rocas que son realmente post tectónicas, post-orogénicas (= post-Transamazónicas) son las de Roraima, cercanas en su base a 1.8 Ga, es decir después del evento Orocaima, o Cuchivero, etc y por lo tanto las rocas graníticas de Cuchivero son tectónicas tardías, como lo demuestra su débil pero constante foliación de tendencia N-NW desde Caicara hasta la provincia Tapajòs en Brasil, por más de 3.000 Km. de distancia, así como su siempre presente asociación mineral metamórfica de muy bajo grado (albita-epidoto-zoicita). **(MENDOZA, 2012).**

La zona de contacto o sutura de Imataca+Pastora con Cuhivero se localiza hacia el actual Río Caura y marca una gran discordancia en tiempo (3.41 Ga y 2.2 Ga de Imataca y Pastora versus 1.80 Ga de Cuchivero), en composición y metamorfismo (granulitas, anfibolitas y esquistos verdes de Imataca y Pastora versus rocas sin metamorfismo o con muy bajo grado metamórfico de la Asociación Cuchivero) y tendencias estructurales (tendencias NE de Imataca, NW de Pastora y NE de Botanamo versus NW de Cuchivero) que se denomina

Frente Tectónico o Sutura Caura. Esta sutura formó parte del “collage” que dio origen al Supercontinente Atlántica-Caura, al final de la Orogénesis Transamazónica particularizada al Evento Uatumá, hacia 1.78-1.80 Ga. (MENDOZA, 2012)

Hacia el Mesoproterozoico, Imataca+Pastora+Cuchivero (parte del Supercontinente Atlántica-Caura), se fracturó profundamente hasta el manto superior. Basaltos toleíticos altos en alúmina ascendieron por el rift continental hacia la corteza y se mezclaron con material basal granulítico-charnockítico similar al de Imataca y por extensa diferenciación, mediante cristalización fraccionada, produjeron a niveles epizonales granitos rapakivis, biotíticohornabléndicos-hipersténicos de El Parguaza (1.54-1.38 Ga por Rb/Sr y U/Pb) comagmáticos con rocas volcánicas (riodacitas y dacitas del Guayapo, granodioritas del Sopapo, granito hornabléndico de Guaniamito, cuarzo-sienitas de Puente Palo, Granito del Marieta, etc.), granitos “especializados” plagioclásicos y pegmatitas ricas en estaño, columbita-tantalita, topacio, tierras raras y torio-uranio. (MENDOZA, 2012)

Estos granitos rapakivis se extendieron hacia el sur hasta Surucucú- BoaVista y hacia el Norte hasta Santa Marta en Colombia y hasta el Avila en la Región Capital, a través de un rift continental de dirección N-NW a S-SE, alimentado por una gran pluma de calor que duró alrededor de 200 Ma, o el equivalente a un ciclo de Wilson. (MENDOZA, 2012)

Sobre Pastora+Cuchivero+Parguaza se depositaron, en diferentes cuencas y tiempos (2.0 Ga-1.35 Ga) sedimentos molasoides, tectónicos tardíos, en una atmósfera aún predominante en CO₂ (Supergrupo Pre-Roraima) a post-tectónicos, en una atmósfera ya dominante en oxígeno, de cuencas marginales o en cierre, a fluvio-continentales a marino someras, en áreas pericratónicas y cratónicas, tectónicas tardías a atectónicas, que fueron intrusionadas por diabasas y rocas gabroides-tonalíticas (Asociación Avanavero). (MENDOZA, 2012)

Al final del **Nickeriense (1.2-1.0 Ga)**, orogénesis equivalente a la de Grenville de Norteamérica, el bloque Imataca+Pastora+Cuchivero+Parguaza y Roraima colidió con el bloque Garzón-Jari Falsino de Colombia y Brasil, produciéndose la **sutura Río Negro-Atabapo-Orinoco**, formando parte del supercontinente **Rodinia**, con reactivación de antiguas fallas (Parguaza, Suapure, Cabruta, Caura, Caroní), desarrollo de metamorfismo

de bajo grado, retrógrado, con formación de pseudotaquilitas en la Falla de Guri. Estas reactivaciones acentuaron la profundidad y ancho de las fracturas (Cabruta versus Guri por ejemplo) y fueron más tarde, ampliadas y extendidas a profundidad, facilitando así el emplazamiento de material del manto en una corteza muy espesa con gradiente geotérmico alto, en un ambiente continental atectónico, de lámpirofiro (Guaniamo, 0.85 Ga), carbonatitas (Cerro Impacto) y rocas kimberlíticas (-eclogíticas) diamantíferas de Quebrada Grande (0.711 Ga por Rb/Sr en flogopitas), asociadas a la ruptura del Supercontinente **Rodinia**, pre- inicios de la **Orogénesis Brasiliana Pan-Africano**. (MENDOZA, 2012)

Hacia los 540 Ma se fueron aglutinando los fragmentos de Rodinia, formando un nuevo supercontinente denominado **Gondwana**, el cual colidió con otro supercontinente, al norte, conocido como Laurentia hacia 275 Ma cerrándose el Océano Iapetus y dando paso a la formación del Supercontinente **Pangea**. Hace unos 200 M.a. se inició el fracturamiento de la Pangea, la separación de África de Sur América, dando origen al Atlántico, con la última reactivación de la Falla de Guri, actuando como falla transcurrente en zona continental y como falla de transformación en áreas oceánicas. A través de la Falla de Guri y de las fallas paralelas y subparalelas a ella (Fallas Guasipati, Laguna, etc.) en el Escudo de Guayana se emplazaron rocas toleíticas máficas y ultramáficas. (MENDOZA, 2012)

El Escudo de Guayana permaneció estable desde entonces con levantamientos isostáticos, dejando algunos grabens con depósitos de sedimentos de arenas con gas, de edad Terciario, como los de Guyana.

Tabla 1. Secuencia resumida de eventos litotectónicos del Escudo de Guayana. Modificado de MENDOZA (2012)

Eventos	Edad	Eventos Locales (Escudo de Guayana)	
Planación	Cenozoico:	Levantamiento / Erosión / Planación	
	150-30 Ma?	Carbonatitas y kimberlitas intrusivas en Escudo Sudamericano y SW África, Diq D. Laguna magmas tholeiíticos.	
Nuevo Océano	210 - 200 Ma:	Apertura Océano Atlántico	
"Collage" Kimberlitas	500 - 265 Ma:	Supercontinente Gondwana-Laurentia (=Pangea)	
	850 - 545 Ma:	Orogénesis Brasiliana - Pan Africana	
	850 - 750 Ma:	Rifting Supercontinente Rodinia: Lamprofiros-Kimberlitas Guaniamo	
"Collage"	1200 - 1000 Ma:	Colisión Del Norte Sur America Con Norte América-Europa Final Orogénesis Nickeriana/Grenvilliana	Colisión Continental Supercontinente Rodinia
	1200 - 1100	Seudotakilitas Falla Gurí	
	1200 - 1100 Ma:	Colisión Río Negro-Juruena; Jari-Falsino (Brasil)-Mitu-Garzón, (Colombia)-Nw De Guayana	
Granitos rapakivis	1550 - 1350 Ma:	Parguazensis: Rifting Continental. Emplazamiento Granitos Rapakivis	
Rift Continental	1800 - 1600 Ma:	Asociación Avanavero = Diabasas/ Gabros Toleiíticos	
	1750 - 1450 Ma:	Facies Molasa Post -Tectonica Roraima	
	1800 - 1750 Ma:	Sutura Caura. "Collage Tectónico"	
	1860 - 1800 Ma	Facies Molasoides Pre- Roraima (Los Caribes, Etc)	
	1860 - 1730 Ma:	Final Orogenesis Transamazonica	1.9-1.7 Evento Uatumá
	1860 - 1730 Ma:	Rocas Graníticas Sin Diferenciar De Amazonas	
	1860 - 1790 Ma:	Final Magmatismo Arco Magmatico Cuchivero/ Final Evento Orocaima	
	1930 - 1790 Ma:	Rocas Graníticas Volcano- Plutónicas Calco-Alcalinas De Cuchivero	
	1980 - 1930 Ma:	Comienzo Magmatismo Arco Cuchivero / Comienzo Evento Orocaima	Supercontinentes: Atlantica/Nena/ Columbia
	< 2000 Ma:	Rocas Graníticas Intrusivas Ricas En K2O	
	2050 - 2230 Ma:	Basamento Reactivado o Intrusivas Graníticas Sódicas del Complejo de Supamo	
	2100 - 2000 Ma:	Cinturones de Rocas Verdes (Crv) Más Jóvenes, Ca., Tipo Botanamo	
	2200 - 2000 Ma:	Arco Magmático, Borde Continental Activo, Las Cristinas.	
	2300 - 2200 Ma:	Cinturones de Rocas Verdes (Cvr) Más Viejos, Tk, Tipo Pastora. Inicio O. Transamazónica	
	2400 - 2225 Ma:	Rocas Graníticas Sódicas del Complejo de Supamo Intrusivas en C. Imataca en Disrupción	
"Collage"	2600 - 2500 Ma:	Choque y Aglutinación de Micro-Continentes:	Supercontinente Guayanensis o Kenorlandia
Granulitas	2700 - 2600 Ma:	Migmatización y Granulitización de Imataca	La Migmatita La Ceiba
	2960 - 2850 Ma:	Orogénesis Pre-Transamazónica o Aroensis	
Antiguas	3350 - 3000 Ma:	Formación de Primitivos CRV y Complejos Tonalíticos Pre-Imataca	
	3700 - 3400 Ma:	Protolito Complejo de Imataca, Orogénesis Guriense Supercontinente Ur	
	4500 - 4000 Ma:	Bombardeo de Meteoritos Sobre La Tierra: 40% - 60% Fusión del Manto/Núcleo. Formación y Evolución de Rocas Komatíticas y Relacionadas	
	4550 ± 20 Ma:	Primitivo Planeta Tierra	

3.3. PROVINCIAS GEOLÓGICAS DEL ESCUDO DE GUAYANA

El Escudo de Guayana forma parte del Precámbrico del Cratón Amazónico y del Oeste de África y se continúa en las Guayanas y parte NW de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares.

El Escudo de Guayana en Venezuela se compone de las siguientes cuatro provincias geológicas: **Imataca, Pastora, Cuchivero-Amazonas y Roraima.**

3.3.1. PROVINCIA GEOLÓGICA DE IMATACA

La Provincia de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Kms y 80 Kms, respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del Río Caura, y por su puesto en tiempos predisrupción de la Pangea a África Occidental. Algunas compañías petroleras que perforaron la Faja Petrolífera del Orinoco al comienzo de los años 1980 encontraron rocas de alto grado metamórfico al Norte del Río Orinoco.

Sin embargo, rocas similares a las del Complejo de Imataca no han sido observadas al Oeste del Río Caura y esto se interpreta como que tal río marca el límite de borde continental próximo a una zona de subducción; o representan una corteza siálica parcialmente asimilada y parcialmente cubierta por las intrusiones de la Asociación Cuchivero y del Granito Rapakivi de El Parguaza. Sin embargo, para muchos geólogos brasileños (**CORDANI Y OTROS, 2000; TASSINARI Y OTROS, 2000**), basados en cientos de determinaciones de edades radiométricas, las provincias Imataca y Pastora las incluyen en una sola provincia geocronológica denominada **Maroni Itacaiúnas**, la cual limita al Norte con el Río Orinoco, al Oeste con rocas sedimentarias del Grupo Roraima y volcánico-plutónicas del Grupo Uatumá (equivalente al Grupo Cuchivero), y las rocas de la Provincia Ventuari-Tapajós, la limitan en el estado de Roraima; al Sur está limitada por el Escudo Guaporé.

La provincia Maroni-Itacaiúnas representa un variado número de asociaciones litológicas fuertemente tectonizadas durante la orogénesis Transamazónica de 2.2.-1.95 Ga, en la cual se incluyen cinturones de rocas verdes de esa edad, migmatitas y granulitas. Las granulitas de edad Arqueozoico como Imataca y Tumucumaque de Amapá, o aparentemente Paleoproterozoicas como Apiú, Kanukú, Falawatra, etc., son considerados como alóctonos dentro de esa provincia.

Para **MENDOZA (2012)** Apiú, Kanukú, Falawatra, etc., registran edades del Paleoproterozoico, pero que en este caso solo se relacionan con la edad de gran reactivación e incluso para algunos (**SIDDER Y MENDOZA, 1995**) de granulitización, pero no con la edad del protolito y por tanto son remanentes o ventanas del basamento Arqueozoico, típico del modelo de **GLIKSON (1976)**: casi todos los cinturones de rocas verdes descansan sobre un basamento de anfibolitas y granulitas más antiguas. En el caso de Imataca, al menos, es un bloque de 44000 Km² de área o 440000 Km³ de volumen, que tiene sobre él remanentes de cinturones de rocas verdes (como La Esperanza y Real Corona) y gneises tipo Complejo de Supamo, de 2.24 Ga (**SIDDER Y OTROS, 1991**), o sea el mismo modelo de Glikson: Cinturones de Rocas Verdes - Trondjemitas, Tonalitas y Granodioritas sobre un basamento granulítico más antiguo. Uno de los estudios más completos petrológicamente sobre Imataca, pero localizado en la zona de Gurí-Cerro Bolívar, lo realizó **DOUGAN (1965)** el cual mostró que las isógradas del ortopiroxeno no solo están en la parte norte de la Falla de Gurí sino también inmediatamente al sur de la misma

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes cinturón de rocas verdes - trondjemitas, tonalitas y granodioritas gnéisicos (El Torno-Real Corona).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas máficas y hasta

ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de roca) , hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kms de espesor de rocas). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (**MENDOZA V. , 1973**) como evolucionados primitivos cinturones de rocas verdes y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado.

3.3.2. PROVINCIA GEOLÓGICA DE PASTORA

La Provincia Pastora se extiende desde la Falla de Gurí al Norte hasta las proximidades del Parque Nacional Canaima al Sur (Km 95 carretera El Dorado-Santa Elena), por el Este hasta los límites con la Zona en Reclamación del Esequivo y al Oeste hasta el Río Caura.

La Provincia Pastora o provincia del oro, está formada por Cinturones de Rocas Verdes, delgados, más antiguos, tectonizados, tipo Carichapo formados en/o cerca de un arco de islas en una zona de convergencia y Cinturones de Rocas Verdes , más anchos, jóvenes y menos tectonizados y metamorfizados, tipo Botanamo, formados en la cuenca delante del arco de islas y complejos graníticos sódicos, como el Complejo de Supamo, siendo toda la secuencia intrusionada por granitos potásicos o “sensu estricto”, dioritas y rocas gabroides con escasos y no bien definidos complejos máficos-ultramáficos, ofiolíticos o no, tipo Yuruan-Uroy, e intrusiones de diques anulares como Nuria y sills de diabasas y rocas asociadas norítico gabroides con algo de cuarzo. Los Cinturones de Rocas Verdes más antiguos muestran tendencias estructurales próximas a NS (N 10° E a N 20° O), mientras que los Cinturones de Rocas Verdes más jóvenes casi siempre muestran tendencias en ángulo recto con las anteriores, próximas a E-O (N 70°-80° E). El choque de estas dos tendencias y de ambos tipos de Cinturones de Rocas Verdes puede observarse claramente en imágenes de radar que cubren la zona del río Marwani, quedando más detallado en los estudios de CVG Tecmin CA-USGS (**SALAZAR & FRANCO, 1994**)

Para **MENENDEZ (1968;1972)**, en la región de Guasipati-El Callao aflora una buena sección del Supergrupo Pastora Cinturón de rocas verdes antiguo, compuesto del Grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El Grupo Carichapo está constituido por las formaciones Cicapra, predominantemente komatítica, Florinda, basáltico tholeítica a komatítica y El Callao, típicamente basáltico-andesítica (“basandesitas”) toleíticas Rocas metasedimentarias y metavolcánicas de El Torno-Real Corona, al Oeste del Río Aro fueron correlacionadas por **KALLIOKOSKI (1965)** con el Grupo Carichapo. La presencia de basaltos komatíticos pudiera sugerir, alternativamente, que el Cinturones de Rocas Verdes de Pastora se formó sobre una pluma de calor del manto superior en una placa oceánica, formando parte de un arco de islas oceánicas, más primitivas, con menos sedimentos asociados, con abundancia de basaltos toleíticos oliviníferos o magnesianos.

Rocas del Supergrupo Pastora más el Grupo Botanamo son correlacionadas con aquellos Cinturones de Rocas Verdes del Supergrupo Barama-Mazzaruni de Guyana, el Grupo Marowijne y el Grupo Coeroni de Suriname, la Serie Paramaca (Grupos Orapú y Bonidoro) de la Guayana Francesa, el Grupo Vila Nova de Brasil (**SIDDER & MENDOZA, 1995**) y el cinturón de rocas verdes de Parima -Cauarame del Alto Orinoco-Surucucú de Brasil (**TASSINARI y otros, 2000**). Estos cinturones de rocas verdes y rocas graníticas asociadas forman la gran provincia Maroni-Itacaiuna, un cinturón móvil que forma gran parte de rocas supracrastrales del Cratón Amazónico (**CORDANI & BRITO NEVES, 1982; GOODWIN, 1991**). Los cinturones de rocas verdes más antiguos de Pastora son posiblemente correlacionables con Cinturones de Rocas Verdes del Birrimian de África Occidental.

Basaltos komatíticos, komatítico-toleíticos y toleíticos espilitizados con estructuras de almohadillas predominan en la parte basal o inferior de los Cinturones de Rocas Verdes de Guayana, seguidos en la parte intermedia por mayor predominio de rocas andesíticas y dacíticas (pórfidos andesíticos, dacitas, riodacitas y volcanoclásticas y piroclásticas equivalentes) sobre basálticas intercaladas con sedimentos mayormente pelíticos volcanogénicos y la parte superior está dominada por rocas turbidíticas (grauvacas, limolitas y lodolitas volcanogénicas), pelitas, tobas, cherts y volcanoclásticas, cerrando con

areniscas cuarcíticas, filitas y conglomerados polimicticos, transicionales entre piriticos de color verdoso a no piriticos de colores rojizos.

La secuencia total supera los 11000 m. de espesor. Rocas ultramáficas ocupan 1-2% de los antiguos cinturones de rocas verdes de Guayana, basaltos y rocas gabroides hasta un 75%, basandesitas y flujos de lavas andesiticas alrededor de un 15-17% y rocas volcánicas félsicas y piroclásticas un 8% (**RENNER & GIBBS, 1987**).

Rocas máficas-ultramáficas aparecen como intrusivas en la secuencia de los Cinturones de Rocas Verdes y generalmente son complejos estratificados, que incluyen cúmulos de piroxenos y peridotitas asociadas a rocas gabroides con menores a ausentes anortositas, dioritas y cuarzo-dioritas. Estos complejos suelen estar tectonizados, metamorfizados y son pre-Transamazónicos, pero otros no muestran casi tectonismo ni metamorfismo y son post-Transamazónicos de la Suite Avanavero. (**MENDOZA, 2012**)

3.3.3. PROVINCIA GEOLÓGICA DE CUCHIVERO-AMAZONAS

Durante el Paleoproterozoico Tardío a Mesoproterozoico rocas intrusivas a volcánicas félsicas calcoalcalinas, pertenecientes a un arco magmático, y rocas sedimentarias, intrusieron y se depositaron, respectivamente, sobre un basamento del cinturón de rocas verdes asociado a granitos sódicos, en las partes sur, centro y occidente del Escudo y probablemente del Complejo de Imataca, en la parte norte-noreste del Escudo de Guayana en Venezuela, al final y después de la Orogénesis Transamazónica.

Esta provincia Cuchivero incluye, principalmente, rocas volcánicas riolíticas y asociadas, comagmáticas con granitos **calcoalcalinos de la Asociación Cuhivero**; metareniscas, metaconglomerados, metalimolitas, metatobas, etc., del Supergrupo Roraima; sills, diques, apófisis, stocks de rocas diabásicas gabronoríticas cuarcíferas de la **Asociación Avanavero**, **el Granito Rapakivi de El Parguaza** y complejos alcalinos como el de **La Churuata** y rocas asociadas, así como intrusiones de **Carbonatita de Cerro Impacto**, lámprofiros y **kimberlitas eclogíticas de Guaniamo**. La Provincia Cuchivero parece extenderse hacia el Sur-Sureste en el Estado Amazonas, formando gran parte de las rocas del no diferenciado Proterozoico según **SIDDER & MENDOZA (1995)** y continuar en Brasil como parte de la Provincia Ventuari-Tapajós.

Las provincias Imataca y Pastora, aflorantes al este del Río Caura, están en contacto discordante y de falla, denominado **Frente Tectónico Caura**, con la provincia Cuchivero, aflorante al oeste del Río Caura, que en parte, es la **zona de encuentro o choques de tres provincias geológicas**, con rocas, metamorfismos, tendencias estructurales, recursos minerales y edades completamente diferentes y de ambientes geotectónicos contrastantes.

MENDOZA, BENAİM, & SOSA (1974), en el área del Río Suapure definieron la sección más completa de la provincia Cuchivero con el nombre de **Supergrupo Cedeño** formado por el Grupo Cuchivero (formación Caicara, Granito de Santa Rosalía, Granito de San Pedro y Granito de Guaniamito), metabasitas y el Grupo Suapure (Granito de Pijiguao y Granito Rapakivi de El Parguaza). Discordantemente sobre el Supergrupo Cedeño yacen rocas sedimentarias del Grupo Roraima.

3.3.4. PROVINCIA GEOLÓGICA RORAIMA

Según **SOUZA, y otros (2008)**, las cuencas sedimentarias proterozoicas en el Cratón Amazónico, se dividen en dos grupos:

1. De “*rift*” o aulacógeno con magmatismo félsico-volcánico-piroclástico y sedimentos continentales, asociados de 1.9 Ga a 1.8 Ga de los “grupos” o Asociaciones Cuchivero, Surumú/Iricoumé, Uatumá e Irirí, emplazados y depositados sobre un basamento arqueozoico y
2. Sedimentación molásica, post-Transamazónica, continental fluvial a deltáico-marina somera de los grupos sedimentarios Roraima, Gorotire, Beneficente, Acari y Cubencranquém, Iwokrama/Dalbana, etc., depositados en dos cuencas diferentes, asimétricas y localmente grabens como el de Cachimbo entre 1.8 Ga a 1.4 Ga.

Así, discordantemente sobre las volcánicas de Teles Pires y sus equivalentes (Volcánicas félsicas de Caicara, entre otras) se depositaron:

- El Grupo Beneficente y sus equivalentes (Grupo Roraima, entre otros) de 1.8 Ga -1.4 Ga y discordantemente encima de él.
- Siguió la secuencia en una segunda cuenca la de Caiabis/Aripuaná, con la sedimentación del Supergrupo Dardanelos y sus equivalentes (Grupo Neblina, entre otros) formados por los grupos Calabis, Mirim, Hanchaca, Aguapié y Sunsas, entre Brasil y Bolivia, de 1.3 Ga - 1.0 Ga, y discordante sobre este último, culminó la sedimentación de unidades post-Sunsas.

El Grupo Beneficente, de unos 1.000 m de espesor aproximadamente, aflorante en los valles de los ríos Aipuaná y Dardanelos rellenando el Graben de Cachimbo (**LEITE & SOUZA, 2003**) discordante sobre las volcánicas y piroclásticas félsicas de Teles Pires de 1.77 Ga - 1.78 Ga por U-Pb, se compone de dos unidades: una inferior, samítica, denominada Unidad Terrígena, y otra superior, pelítica, conocida como Unidad Clasto-Química.

La Unidad Terrígena (unos 450 m de espesor) presenta una parte inferior formada por conglomerados polimícticos con bloques de rocas volcánicas de Teles Pires, areniscas con

estratificación cruzada y areniscas conglomeráticas, y una unidad superior de areniscas laminadas, con estructuras festoneadas intercaladas con limolitas.

La Unidad Clasto-Química de unos 550 m, aproximadamente de espesor, está compuesta de una parte inferior integrada por limolitas laminadas intercaladas con lentes calcáreo-dolomíticos y rocas argilíticas, y de una parte superior dominada por areniscas calcáreo-dolomíticas interestratificadas con lutitas negras. En la base de este miembro se localizan estromatolitos silicificados. **(MENDOZA, 2012)**

La secuencia Dardanelos es compleja y variable dependiendo del sitio donde se localiza. Así, en la cuenca Caibis/ Aripuaná, Brasil, el Grupo Caiabis, de unos 400 m de espesor aproximadamente, descansa discordantemente sobre las rocas volcánicas y piroclásticas de Teles Pires y, de abajo arriba, se compone de las formaciones Arinós y Dardanelos.

La formación Arinós representa la parte basal del Grupo Caiabis y se compone de conglomerados y areniscas conglomeráticas y areniscas con estratificación cruzada. **(MENDOZA, 2012)**

La formación Dardanelos, de unos 300 m de espesor, aproximadamente, está integrada por areniscas con estratificación cruzada y algunas lutitas. En la cuenca Aguapie, al SE de Mato Grosso, Brasil, la Asociación Dardanelos está integrada por el Grupo Aguapie, distribuido de abajo arriba por las Formaciones Fortuna, Valle del Promissáo y Morro Cristalina. **(MENDOZA, 2012)**

La formación Fortuna, de unos 120 m de espesor, yace discordante sobre un basamento complejo representado por rocas sedimentarias areno-argiláceas y por la Asociación intrusiva de Río Branco. La FF se compone de conglomerados basales de bloques de ortocuarcitas con matriz silíceas y la parte media y superior de areniscas tabulares, con estratificación cruzada y conglomerados intraformacionales. **(MENDOZA, 2012)**

Sigue, encima en la columna, concordante y transicionalmente, la formación Valle del Promissáo de unos 100 m de espesor, con subarcosas líticas de estratificación cruzada y limolitas laminadas. **(MENDOZA, 2012)**

En el tope aparece, concordante, sobre la formación Valle del Promissáo, la formación Morro Cristalina, de unos 70 m de espesor, compuesto de areniscas cuarcíticas con estratificación cruzada y replegamientos recumbentes internos. **(MENDOZA, 2012)**

3.3.3.1. SÚPER GRUPO RORAIMA

Para **MENDOZA (2012)**, la provincia geológica de Roraima se extiende en Venezuela desde los límites del Parque Nacional Canaima, hacia el km 95, de la troncal No. 10, cerca de la Piedra de la Virgen, hasta Santa Elena del Uairén y el Tepuy Roraima, en dirección NS, y desde el Río Venamo hasta las proximidades del Río Paragua, en dirección EW.

El Supergrupo Roraima se extiende desde Tafelberg (Suriname) hasta Duida y Marhuaca, por lo menos, en Amazonas, cubriendo actualmente unos 250000 km², aunque en sus principios pudo haber sido del orden de 1200000 km². Para **MENDOZA (2012)**, la secuencia sedimentaria de Neblina representa sección de areniscas ortocuarcíticas con algún horizonte de lutitas, yacentes sobre un basamento complejo anfibolítico, metasedimentario y metavolcánico, tipo cinturones de rocas verdes, algo similar a la secuencia del tepuy Parú, es decir, equivalente de la formación Mataui, que en el Río Cuao, resultó ser más joven que el Granito rapakivi de El Parguaza, es decir <1.500 Ma a <1.400 Ma. Esta provincia está compuesta por rocas del Grupo Roraima con intrusiones de diabasas y rocas gabronoríticas cuarcíferas a dioríticas cuarcíferas (Asociación Avanavero). **(MENDOZA, 2012)**

El Grupo o Supergrupo Roraima toma su nombre del Tepuy Roraima, que representa el límite geográfico de tres países: Brasil, Guyana y Venezuela. Sin embargo, el tepuy Roraima, al igual que la gran mayoría, sino todos, los tepuys en la Guayana venezolana sólo se compone de la formación Mataui, que representa, en realidad, el tope de una

supuesta secuencia que comienza en su base con la formación Uairén, y cuya edad es de aproximadamente 1.77 Ga, siendo su parte media, la formación Uaimapué con las tobas vítreas de una edad próxima a 1.65 Ga. (**MENDOZA, 2012**)

En general, Roraima carece de marcado tectonismo (sinclinales suaves muy abiertos y de muy bajo buzamiento con algún Fallamiento, incluso fallas de arrastre como en el Tepuy de Parú, frente a Kakuri, Río Alto Ventuari en el estado Amazonas, relacionados a la Orogenia Nickeriana y de levantamientos epirogénicos. **BRICEÑO, TAPIA, & ESTANGA (1989)**, concluyen que los tepuys son el producto de inversión topográfica de remanentes de sinclinales de ejes con inclinación en ambas direcciones, y las áreas bajas alrededor de los tepuys corresponden a anticlinales erosionados. Las rocas de Roraima no muestran metamorfismo regional. Sólo se registra metamorfismo de contacto (andalucita) de rocas de Roraima con granitos intrusivos, post-1.450 Ma, y de rocas máficas de la Asociación Avanavero; aunque **URBANI, TALUKDAR, SZCZERBAN, & COLVÉE (1977)** postularon un metamorfismo de carga (pirofilita) en algunas localidades del Río Alto Caura, posiblemente donde el Grupo Roraima alcanzó otros 3000 m adicionales de sedimentos actualmente erosionados.

El Tepuy o Monte Roraima se compone, esencialmente, de la formación Mataui, de unos 440 m de espesor, compuesta en la base (**REIS, 2006**) de unos 120 m de areniscas de grano fino a medio, con estratificación cruzada de ambientes deltaico marinos poco profundos, seguidos de unos 80 m de areniscas cuarcíticas, bien seleccionadas con estratos acanalados cruzados, interpretados como depósitos tipo dunas eólicas, posiblemente depositadas en ambientes a una zona intermedia entre costera y continental. En forma ascendente siguen areniscas cuarcíticas de grano fino a muy fino con estratificación cruzada, con intercalaciones delgadas, <8 cm de argilitas color crema, de fácil erosión, dando lugar a reentrantes entre los estratos cuarzosos. En el tope se observa una sección de unos 240 m de espesor de areniscas de grano medio a grueso, areniscas conglomeráticas y conglomerados lenticulares menores, de ambiente fluvial de ríos entrelazados y anastomosados. En otras zonas la formación Mataui ha sido interpretada como formada en ambientes fluviales de alta energía (**REID, 1974**) y litoral de acción de olas marinas (**GHOSH, 1985**).

MENDOZA (2012), encontró en el tope de la equivalente formación Mataui en el Tepuy Parú del estado Amazonas, areniscas cuarcítico calcáreas y areniscas muy ferruginosas (hematíticas), encima de una secuencia de areniscas cuarcíticas bien escogidas y capas de lutitas negras de hasta 10 m de espesor, con ausencia de conglomerados y de areniscas con estratificación cruzada. Este tope del Tepuy Parú fue interpretado por el autor como formado en ambientes marinos poco profundos, próximos a línea de costa, alternado de acción de olas y ambientes tranquilos, poco oxigenados.

Para **MENDOZA (2012)** en Amazonas sólo se depositó la parte superior de Roraima más joven de 1.560 Ma – 1.450 Ma, es decir hacia 1.400 Ma, tal como se observó en el Tepuy del Río Cuao, donde areniscas sin ningún metamorfismo o recristalización descansan, discordantemente, sobre el Granito rapakivi de El Parguaza.

Para **SANTOS, y otros (2004)** el Súper Grupo Roraima se depositó en una cuenca intracontinental derivada del Transamazónico en el noreste, mientras que sedimentos post-Roraima, tipo Neblina, Mataui, formación Surcucus, Aracá, etc., se depositaron en una cuenca post-Tapajós-Parima, aunque ambas cuencas pudieron yuxtaponerse, parcial y temporalmente.

Para **MENDOZA (2012)** el Supergrupo Roraima está formado por:

- Formación Neblina
- Grupo Roraima
- Formación Capas de Abarén, formación Cinaruco, formación Unturán
- Parte Superior de las formaciones Ichún, Los Caribes y Urico
- Parte Superior de los conglomerados de Pacheco y de Moriche.

3.3.3.2. GRUPO RORAIMA

La información a continuación es tomada del léxico estratigráfico, para así continuar con la secuencias de Provincia, Supergrupo y Grupo Roraima.

Descripción litológica: En su área tipo en el cerro Roraima, estos sedimentos han sido agrupados por **REID (1974)** bajo el nombre de Grupo Roraima. Los sedimentos casi horizontales y en posiciones normales son principalmente cuazoarenitas con menores proporciones de areniscas feldespáticas, lutitas y tobas volcánicas silicificadas. En el área tipo cuatro formaciones han sido descritas (de base a tope): 1) Formación Uairén (850 m de espesor): conglomerados y areniscas con estratificación cruzada, algunas lutitas y una capa superior delgada (2-4 m) de laterita hematítica. La base de la secuencia en el área tipo fue intrusionada por diques (concordantes y discordantes de diabasas). 2) Formación Cuquenán (50-100 m): lutitas de color variable, probablemente discordante sobre la Formación Uairén. 3) Formación Uaimapue (250 m): secuencia de conglomerado basal gradando hacia arriba a arcosa roja, con intercalaciones de jaspe y ftanitas volcánicas (rojas y verdes) con estratificación cruzada. 4) Formación Mataui (600 m): cuarzo arenitas de grano fino, con abundantes estructuras sedimentarias, tales estratificaciones cruzadas, laminación paralela y rizaduras. Sobre los tepuis se ha desarrollado una morfología de solución, en parte pseudo-carsica (**SZCZERBAN & URBANI, 1974**); (**GRUPO CIENTIFICO CHIMANTA, 1987**); dejando prominentes acumulaciones de bloques, torrecillas, simas y cuevas.

Espesor: En la localidad tipo, el Grupo Roraima tiene 1800 m de espesor (**REID, 1974**) mientras, según **GIBSS & BARRON (1983)**, el espesor allí es alrededor de 2500 m. **VAN DE PUTTE (1974)**, cita un espesor de 5000 m del Grupo Roraima en el estado Bolívar. **BRICEÑO (1983)**, corrobora esta cifra, basado en su estudio en la cuenca media del río Caroní, estado Bolívar. En áreas adyacentes dentro y fuera de Venezuela, el espesor de estos sedimentos es variable (**KEATS, 1974**) en Guyana, subdivide el Grupo Roraima en diez unidades distintas, cuyo espesor total se estima por el orden de 2250 m. Además, **KEATS (1974)** observa que existe un espesor adicional de 1500 m de secuencia superior, la cual está mejor desarrollada en Venezuela. Esto implica que de la secuencia total de 3750 m del Grupo Roraima (**KEATS, 1974**), sólo 2380 m están expuestos en el estado Bolívar de Venezuela. Hacia el sur, en la frontera Venezuela-Brasil, **GANSSEER (1974)**, estima un

espesor de 1600 a 3000 m en Brasil. Mucho más al oeste del área tipo, **GHOSH (1977)**, ha citado un espesor de 1200-1400 m en las áreas de cerro Sipapo y Parú, en el estado Amazonas.

Extensión geográfica: La montaña principal del Grupo Roraima está ubicada en la región Gran Sabana, Venezuela oriental, extendiéndose hacia Guyana centro occidental y la parte norte de Brasil, y cubre un área de 73000 km² (**KEATS, 1974**). Sin embargo, sedimentos del Grupo Roraima se extienden por 1500 km (**GHOSH, 1977**), desde el cerro Sipapo al oeste en el Territorio Federal Amazonas, hasta Tafelberg, en Suriname al este. **KEATS (1974)** y **GANSSER (1974)** estimaron que la sedimentación original del Grupo Roraima se extendió sobre un área mínima de 250000 km² y 2000000 km², respectivamente. En el T.F.A. el Grupo Roraima ocurre en forma de tepuis aislados, entre los cuales los más conocidos cerros son: Sipapo (incluyendo Autana y Cuao), Parú, Morrocoy, Duida, Yapacana y los cerros Neblina, Avispa y Aracamuni en el extremo sur del país.

Expresión topográfica: La unidad forma altiplanicies con dimensiones decakilométricas a kilométricas, localmente denominadas tepui, que alcanzan una altitud hasta de 2500 m. (Cerro Roraima). Sobre los tepuis se ha desarrollado una morfología de solución, en parte pseudocárstica (**SZCZERBAN & URBANI, 1974; GRUPO CIENTIFICO CHIMANTA, 1987; ZAWIDZKI, URBANI, & KOISAR, 1976**) dejando prominentes acumulaciones de bloques, torrecillas, simas y cuevas.

Contactos: El Grupo Roraima suprayace discordantemente sobre diversos basamentos: el metamórfico del Grupo Pastora, y los metasedimentos y metavolcánicas del Grupo Cuchivero, y formación Los Caribes en el estado Bolívar. En el Territorio Federal Amazonas, suprayacen al basamento, representado por el Granito de Parguaza, Granodioritas de Sipapo, Granitos Foliados de Santa Rosalía, Agnimbritas de la formación Caicara, gneises graníticos (Supamo), como se observa cerca de San Juan de Manapiare, y metasedimentarias más antiguas (formaciones Esmeralda y Cinaruco y sus equivalentes). La unidad ha sido intrusionada por diversos cuerpos tabulares de diabasa, en forma de sills y diques (**BELLIZZIA, 1957**).

En el escudo de Guayana no se conocen formaciones más jóvenes, descansando directamente sobre el Grupo Roraima. El metamorfismo de carga de bajo grado que afectó a las rocas del Grupo Roraima, sugiere que un espesor relativamente grande ha sido removido (**GHOSH, 1977; URBANI, 1977 y GRUPO CIENTÍFICO CHIMANTA, 1986**). Los únicos depósitos sedimentarios geológicamente jóvenes, son de aluviones depositados en los valles que separan los macizos montañosos.

Edad: La edad del Grupo Roraima ha sido determinada en forma relativa, por métodos radiométricos en rocas ígneas intrusivas (diabasas) y tobas asociadas en el grupo (**GHOSH, 1977, 1978**). Tales edades, dentro del Grupo Roraima en Venezuela oriental, Brasil, Guyana y Suriname, oscilan entre 1700- 1800 m.a. (**SNELLING & MCCONELL, 1969**). Se ha establecido que el Grupo Roraima se hace más joven de este a oeste (**GANSSEER, 1974; GHOSH, 1977, 1978, 1985**). En realidad, dataciones sobre el basamento de Granito de Parguaza y su facies cogenéticas (entre 1350 a 1550 m.a.), por **GAUDETTE, y otros (1977)** y **BARRIOS, CORDANI, & KASAWACHITA (1985)**, corroboran esta interpretación. **GANSSEER (1974)**, propone incluir los sedimentos más jóvenes del Cretácico y Paleoceno de los tepuis situados en los llanos colombianos dentro del Grupo Roraima.

MENDOZA, BENAİM, & SOSA (1974) Sugirió una correlación provisional con la formación Cinaruco, pese a las diferencias en metamorfismo que podrían ser consecuencia de condiciones tectónicas diferentes. **GHOSH (1985)**, sostiene que las rocas de Cinaruco y de Roraima representan ambientes de sedimentación similares, pero que, en base a consideraciones petrológicas y de metamorfismo, Cinaruco debe ser significativamente más viejo que Roraima.

3.3.3.3. FORMACIÓN MATAUI

Referencia original: **REID (1974)**.

Se ubica en Monte Roraima, aproximadamente a unos 87 km al noreste de Santa Elena de Uairén, municipio Gran Sabana, estado Bolívar

Descripción litológica: Desde su base está constituida esencialmente por ortocuarcitas de grano fino, de colores blanco, crema y rosado. Los granos de arena van de subredondeados a subangulares. Las areniscas se presentan como estratos con espesores de 1 m y pueden ser trazados lateralmente por unos 500 a 600 metros. La estratificación cruzada es común 250 metros por encima de la base, mientras que en la parte inferior de la unidad está ausente. El tope de la unidad presenta poca silicificación, lo cual contribuye a que las areniscas sean muy friables. En general, las arenas de la parte baja de la formación Matauí están bien escogidas, mientras que en el tope son mediana a pobremente escogidas.

Expresión topográfica: La formación Matauí forma las prominentes altiplanicies que se extienden a lo largo de la Gran Sabana, al sur del estado Bolívar, en la zona limítrofe entre Venezuela, Guyana y Brasil, que son conocidas con el nombre local de "Tepui".

Contactos: La unidad es la más joven del Grupo Roraima y suprayace concordantemente a la formación Uaimapué.

Paleoambiente: La formación Matauí es de origen fluvial. La energía fluvial alcanzó un régimen de alto flujo en la génesis de la parte alta de la secuencia. El tamaño del grano estuvo controlado por la fuente de sedimentos ya que los guijarros observados en las areniscas indicaban que la energía no fue el factor en la depositación del tamaño de los granos finos a medios.

3.4. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL GRUPO RORAIMA

3.4.1. AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN Y EDAD DE RORAIMA

Las rocas de Roraima fueron depositadas en ambientes mayormente fluviales, deltáicos, a localmente marino costeros, lacustres, en canales de ríos de baja sinuosidad y llanuras aluviales, distributarios deltáicos encima de lagos interdeltáicos, lagunas costaneras a bahías interdeltáicas, playas sin barras y llanuras intramareas (**SIDDER 1995**).

La estratificación cruzada, rizaduras y orientación de guijarros de los conglomerados, indican que los sedimentos de Roraima de la Gran Sabana fueron transportados desde fuentes localizadas al noroeste, este y sureste (**MENDOZA 2012**).

Las cuencas de sedimentación fueron varias, limitadas por fallas con basamentos emergentes, entre ellas (**GHOSH, 1985**), simultáneas y también separadas en el tiempo.

Las rocas sedimentarias, facies molasa, de Roraima ocurrieron después de la Orogénesis Transamazónica, en una corteza relativamente estable. (**MENDOZA 2012**).

En efecto, el espesor del escudo no alcanzó su máximo de estabilización y cese de la deformación y magmatismo, sino que más bien siguió un proceso pasivo de fallamiento y deslizamiento de la corteza continental (intrusiones del Grupo Cuchivero y relacionadas), con una subsecuente subsidencia general, y sedimentación que se extendió por varios cientos de millones de años hasta alcanzar su casi estabilización.

Las areniscas de Roraima registran este largo período de subsidencia y, progresivamente, fue migrando del este hacia el oeste con sedimentación sólo en el oeste del Caroni-Amazonas de la parte superior de Roraima, la formación Mataui y sus equivalentes, incluso sedimentada después del también anorogénico Granito rapakivi de El Parguaza.

MENDOZA (2012) estima que debieron existir grandes períodos erosivos, es decir, de discordancias como ya se ha tratado de inferir antes, con una atmósfera muy rica en oxígeno y un ambiente anorogénico y de levantamiento continental, en particular entre la

cuenca nororiental, donde la sedimentación pareció ser más continua y completa (zona Gran Sabana, etc.) y el Amazonas, donde están ausentes las partes basales y medias del Súper Grupo Roraima.

Las partes basales y medias del Super Grupo Roraima están ausentes en la cuenca occidental o Amazonas, simplemente porque tales áreas, entre 1.800 Ma a 1.600 Ma, eran zonas en levantamiento y erosión, sin cuencas en sedimentación, cosa que no tuvo lugar “peneplanado el granito rapakivi de El Parguaza”.

Sólo, entonces (<1550-1450 Ma), los sedimentos equivalentes, o más jóvenes, de la formación Mataui fueron sedimentados en esa parte Suroccidental, estando totalmente ausentes las partes basales y media del SGR, como también se infiere por la ausencia total de tobas intercaladas con sedimentos continentales, característicos de la parte media del Supergrupo Roraima en la Gran Sabana. **(MENDOZA, 2012)**

Los enjambres de diques máficos se interpretan en Roraima como resultado del ascenso de una gran pluma de calor que, finalmente, separó parte del supercontinente Atlántica-Caura/Columbia, emplazándose estos magmas basálticos del manto superior a la corteza, hibridizándola y dando origen, por diferenciación, a los granitos rapakivis de El Parguaza. **(MENDOZA, 2012)**

La edad de estas plumas y disrupción continental es muy próxima a la edad del magmatismo bimodal, de tobas ácidas y metalavas y diabasas tholeiíticas, de alrededor de los 1650 - 1620 Ma.

Estas rocas máficas no metamorfizadas denominadas primeramente como Asociación Intrusiva en Roraima **(BELLIZZIA, 1957)**, y ahora como Asociación Avanavero, se extienden intrusivas en las partes basal a media de Roraima, desde el Río Paragua a la Gran Sabana, Guyana, Suriname, posiblemente Guayana Francesa y en el Escudo Reguibat de África Occidental, con una edad de 1600 Ma – 1700 Ma en África Occidental.

Así como tales diabasas no intrusieron al granito rapakivi de Parguaza, sino que fueron sus predecesores y, posiblemente, en parte fuentes, tampoco alcanzaron a intrusionar a la formación Mataui ni a las rocas equivalentes de Mataui en Amazonas porque, tanto el GRP como la sedimentación de la formación Mataui, fueron posteriores a tales intrusiones registradas, por lo tanto, sólo en la parte Oriental del Escudo y estando ausentes en la Roraima de Amazonas o parte Occidental del Escudo. (MENDOZA, 2012)

Esto implica que mientras se abría el “*rift*” Parguaza-Surucucú, entre 1600 Ma a 1500 Ma, que permitía el emplazamiento a los granitos rapakivis de Parguaza, en el Este del Escudo de Guayana continuaba depositándose Roraima en su facies superior con la formación Mataui en la parte Oriental del Escudo, o Gran Sabana. Esto quiere decir que la formación Mataui del Este del Escudo de Guayana es algo más antigua, quizás 1500 Ma a 1600 Ma que la FM de la parte Oeste del escudo, que debe ser <1550 Ma a <1450 Ma.

Es decir, que la parte superior de Roraima en la parte este es, por lo menos, 50 Ma más antigua que su equivalente parcial sobre el rapakivi de Parguaza, también denominada formación Mataui, y que el tope de ambas secciones pudo estar cercano a los 1450 Ma-1400 Ma. Químicamente estas diabasas intrusivas en Roraima y rocas asociadas son tholeiitas continentales, pero son más pobres en Fe total, TiO₂, zirconio, vanadio, volátiles (H₂O, CO₂, FH, ClH) que diabasas tholeiíticas de edad Mesozoica. (MENDOZA, 2012)

Esto quizá se debe a que las diabasas intrusivas en Roraima, y también en Cuchivero, están menos diferenciadas y/o se derivaron de la parte más superior del manto yacente debajo de áreas continentales; mientras que las diabasas de edad Mesozoica están más fraccionadas, presentan más altos contenidos de Fe, TiO₂, etc., y se derivaron de la parte superior del manto en zonas oceánicas. (MENDOZA, 2012)

Se infiere y estima que estos magmas máficos están relacionados con puntos de calor “hot spot” del fondo oceánico del Atlántico, con edades cercanas a los 170 Ma y se emplazaron hasta en áreas continentales de Imataca, los cinturones de rocas verdes de Pastora, Granitos de Cuchivero, etc., con “*trends*” ENE y pudieron estar asociados con la falla reactivada entonces de transformación de Gurí, y a otras fallas, paralelas y subparalelas a ella.

3.5. ASPECTOS ESTRUCTURALES

3.5.1. FALLA DE GURI

La Falla de Gurí, que es el rasgo megatectónico más relevante del Escudo de Guayana, separa las provincias de Imataca, al norte de Gurí, de Pastora, al sur. Esta es una falla muy antigua, cuya evolución se postula como sigue.

- 2400 Ma - 2300 Ma. “Rift” continental de Gurí.

Comienzan a separarse Imataca y Kanukú/Amapá/Carajás y entre ellos se va formando y desarrollando un océano donde se originaron los CRV de Pastora y Barama- Mazzaruni.

- 2150 Ma-1960 Ma. Clímax de la Orogénesis Transamazónica.

Cierre del océano Pastora. Choque de placas de Pastora versus Imataca. Gurí actúa entonces como una zona de sutura. Se produce la granulitización final de las rocas de Imataca y metamorfismo Facies Esquistos Verdes a Anfibolita en los cinturones de rocas verdes de pastora.

- 1900 Ma-1800 Ma Final Orogénesis-Transamazónica.

Choque de tres placas continentales (Imataca, Pastora, Cuchivero). La zona del triple choque de placas origina el Frente Tectónico Caura y fracturas paralelas (Cuhivero, Parguaza, Cabruta) que desplazan a la Falla de Gurí, siendo la parte Sur, en el límite Bolívar-Amazonas, de rocas tipo Cuchivero, metamorfizada al nivel de la Facies de equistos verdes.

- 1200 ± 200 Ma. Orogénesis Nickeriana o Grenville.

Choque del megabloque Imataca-Pastora-Cuchivero-Parguaza-Roraima con el megabloque Río Negro Jurena (Brasil), Mitú-Garzón (Colombia). Se produce la intensa removilización, cizalla y cataclasis (seudotaquilitas) de la Falla de Gurí, metamorfismo retrógrado bajo FEV, algunas intrusiones de aplitas, pegmatitas y formación de Rodinia.

- 800 Ma -300 Ma. Cruce de fallas Cabruta-Guri se emplazan Carbonatitas

En el cruce de fallas Cabruta y Gurí o Puente Palo, al Sur de Guaniamo, se emplazaron carbonatitas y cerca de esa intersección intrusieron kimberlitas eclogíticas en rocas de la Asociación Cuchivero, en 711 Ma, relacionadas a plumas de calor, causantes de la disrupción de Rodinia.

- 210 Ma -180 Ma. Apertura Océano Atlántico

Gurí se comporta como una falla transformante en la parte oceánica y como falla inversa (Imataca sobre Pastora) en la parte continental. La Falla de Gurí se continúa con la Falla Sassandra-Trou del Escudo Leo en África Occidental. A su vez Sassandra-Trou se continúa con la Falla Zednes en el Escudo Reguibat de África Occidental. A lo largo de esta falla se emplazaron diabasas, rocas gabroides y ultramáficas del manto.

- 150 Ma. Levantamiento, erosión, quietud tectónica: Gurí falla inactiva.

3.6. GEOMORFOLOGÍA DE LA GRAN SABANA

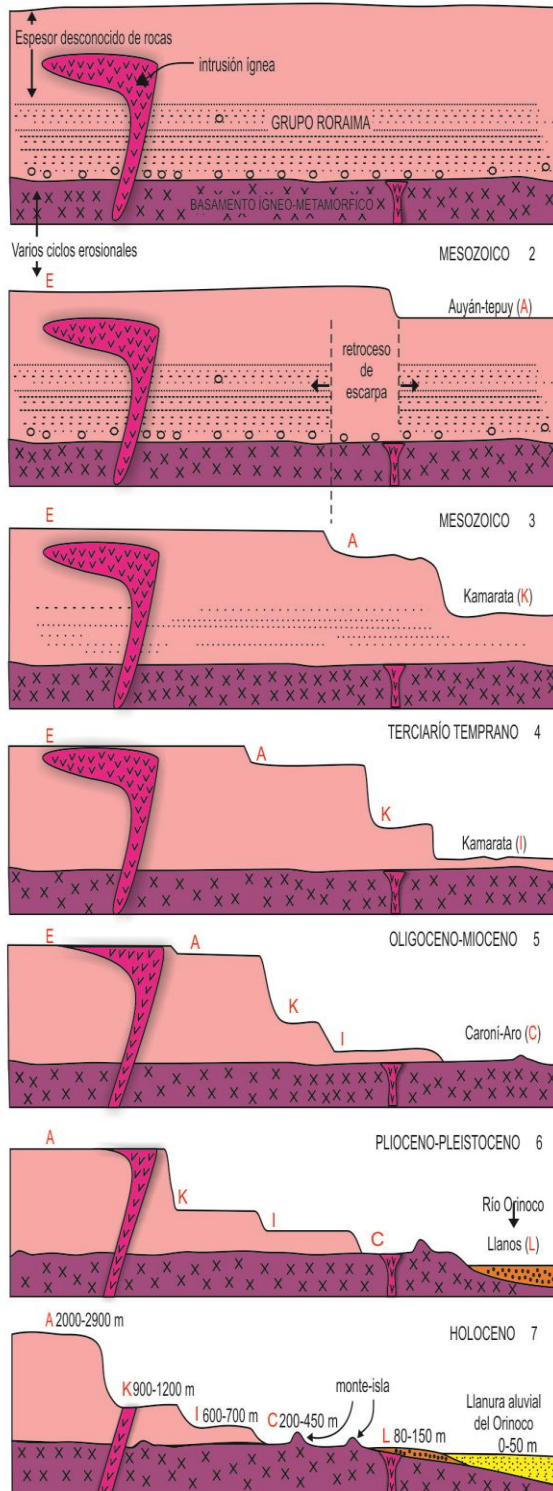
Geológicamente, la parte oriental del Escudo de Guayana en Venezuela se puede dividir en dos provincias. La provincia norteña, principalmente compuesta por rocas ígneas y metamórficas, con edades comprendidas entre los 3.5 y 2.7 Ga (Imataca y Pastora o Complejo Esequibo). La provincia sur conformada por Roraima está compuesta por cuarcitas y conglomerados del Roraima con intrusiones de diques de diabasa con edades comprendidas entre 1.6 y 1.5 Ga (**MENDOZA, 1977; GONZÁLEZ DE JUANA, y otros, 1980**).

Las principales estructuras del Grupo Roraima son grandes anticlinorios y sinclinorios que dan lugar a cuestas y grandes áreas de estratos casi horizontales. Las diferencias en litologías para ambas provincias se reflejan en la morfología, en la provincia norteña el paisaje está dominado por irregularidades en el terreno producto de la erosión de elementos ígneos metamórficos (colinas dómicas descubiertas). En la provincia sur (Roraima), la estructura dominante en el terreno son los tepuyes, los cuales deben su formación a la exposición de la roca a diversos procesos atmosféricos. Estas dos geomorfologías reflejan la formación de varias superficies de erosión. (**SCHUBERT & HUBER, 1989**)

3.6.1. SUPERFICIES DE EROSIÓN

La exposición de las rocas del Escudo de Guayana a los procesos atmosféricos ha determinado la formación de grandes superficies de erosión. Una superficie de erosión se forma debido a la alternancia de climas húmedos y secos sobre la superficie de la tierra durante las épocas húmedas, la meteorización (descomposición química de las rocas), procede hasta cierta profundidad; las rocas descompuestas, o suelos, son protegidos de la erosión por la cobertura vegetal. Durante épocas áridas, la cobertura vegetal disminuye y, en muchos casos hasta desaparece disminuyendo así su acción protectora, de tal manera que los suelos son erosionados y transportados por los ríos y quebradas, con poco caudal perenne pero con gran fuerza erosiva, y los materiales arrastrados son depositados en las planicies piemontinas. De esta manera cada ciclo de humedad-aridez, rebaja la superficie de la tierra y da origen a superficies de erosión progresivamente más bajas. (**BRICEÑO & SHUBERT, 1990**)

Superficie de erosión (Precámbrico-Paleozóico) (E)



Las edades son especulativas excepto para las dos superficies más bajas. **1.** En el precámbrico tardío, se depositó el Grupo Roraima y otras rocas ya desaparecidas sobre este grupo; el levantamiento tectónico llevó estas rocas a la superficie y la erosión actuó sobre ellas. Es probable que durante el paleozoico se formaran varias superficies de erosión, pero estas no han sido preservadas y un espesor de roca desconocido ha sido removido. **2.** Formación de la superficie Auyán-tepuy (A). La superficie pre-Auyán-tepuy (E) continúa erosionándose y su escarpa retrocede. **3.** Formación de la superficie Kamarata (K). Ambas superficies E y A continúan erosionándose y disminuyendo su nivel. **4.** Formación de la superficie Imataca (I). Todas las escarpas retroceden y las superficies E, A, y K continúan erosionándose y degradándose. **5.** Formación de la superficie Caroní-Aro (C). Esta superficie solo se reconoce en rocas del basamento ígneo-metamórfico. Todas las superficies previas continúan erosionándose y degradándose, y las escarpas retroceden. **6.** Formación de la superficie de los Llanos (L). Esta superficie está cortada en sedimentos Plio-pleistocenos de la Formación Mesa y equivalentes, de los llanos venezolanos, y parcialmente se formó por deposición sedimentaria. **7.** Situación en el Holoceno: seis superficies de erosión y depositación, todas en proceso de degradación; el río Orinoco está construyendo la superficie aluvial de su mismo nombre.

Figura 11. Corte del modelo esquemático de la formación de superficies de erosión en el Escudo de Guayana. Modificado de BRICEÑO Y SCHUBERT, 1990

En el escudo de Guayana se reconocen por lo menos seis superficies de erosión (*ver figura 11*) cuya denominación se refiere a la región donde se observa mejor su desarrollo.

1. *La superficie Auyántepey*, cortado en rocas precámbricas del Grupo Roraima y que forman las cumbres de las mesetas o Tepuyes del estado Bolívar y Amazonas. Su elevación no es uniforme, variando entre 2000m y 3000m sobre el nivel del mar. El grado de disección es muy avanzado, principalmente a lo largo de fracturas, por procesos activos de disolución química del cemento que une las partículas arenosas que forman la roca, y su desintegración posterior. El agente de esta descomposición es el agua de lluvia. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**
2. *La superficie Kamarata*, con una elevación de 900m a 1200m sobre el nivel del mar, representa la más alta de las dos superficies que forman la gran sabana propiamente. También se han desarrollado sobre rocas del grupo Roraima. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**
3. *Superficie Imataca*, con una elevación de 600m a 700m sobre el nivel del mar, se desarrolló sobre la parte inferior del grupo Roraima, así como también en parte sobre basamento de rocas ígneas y metamórficas del escudo de Guayana. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**
4. *Superficie Caroní-Aro*, con una elevación de 200 a 450m sobre el nivel del mar, se desarrolló sobre rocas del basamento ígneo y metamórfico del escudo de Guayana, y se caracteriza por la presencia de colinas de cumbres planas, denominadas “inselbergs” o montes islas, debido a que son remanentes erosionales que sobresalen a la superficie inferior. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**
5. *Superficie de los llanos*, con una elevación de 80m a 150m sobre el nivel del mar, coincide con la superficie general de los llanos de Venezuela y Colombia, y con el tope de la Formación la Mesa, del Pleistoceno, la cual aflora extensamente en los llanos Orientales. Esta interrumpida en el Escudo de Guayana por los montes islas, formados en rocas del basamento, los cuales son remanentes de la superficie Caroní- Aro. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**
6. *La llanura aluvial del Orinoco*, con elevaciones entre 0 a 50m sobre el nivel del mar, consiste en como lo indica su nombre, en la llanura de deposición aluvial del río Orinoco. Corresponde al ciclo fluvial Holoceno, el cual comenzó con el ascenso

del nivel del mar después de la última época glacial del Pleistoceno, y con la formación del actual delta. (BRICEÑO & SHUBERT, 1990)

3.6.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La región de la Gran Sabana (*ver figura. 12*) ha sido el tema de mucha discusión. Una de las primeras descripciones geomorfológicas fue enunciada por TATE (1938) y AGUERREVERE, y otros (1939), la cual destacó por un lado la relación entre la litología y la estructura, y la acción erosiva de las corrientes. Para el estudio, la estructura de mayor importancia es el tepuy, el cual debe su formación a la erosión diferencial de las rocas de anticlinales, quedando como remantes grandes sinclinales, esta situación se denomina inversión topográfica.

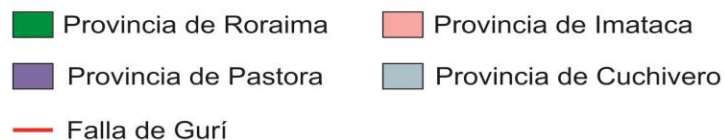
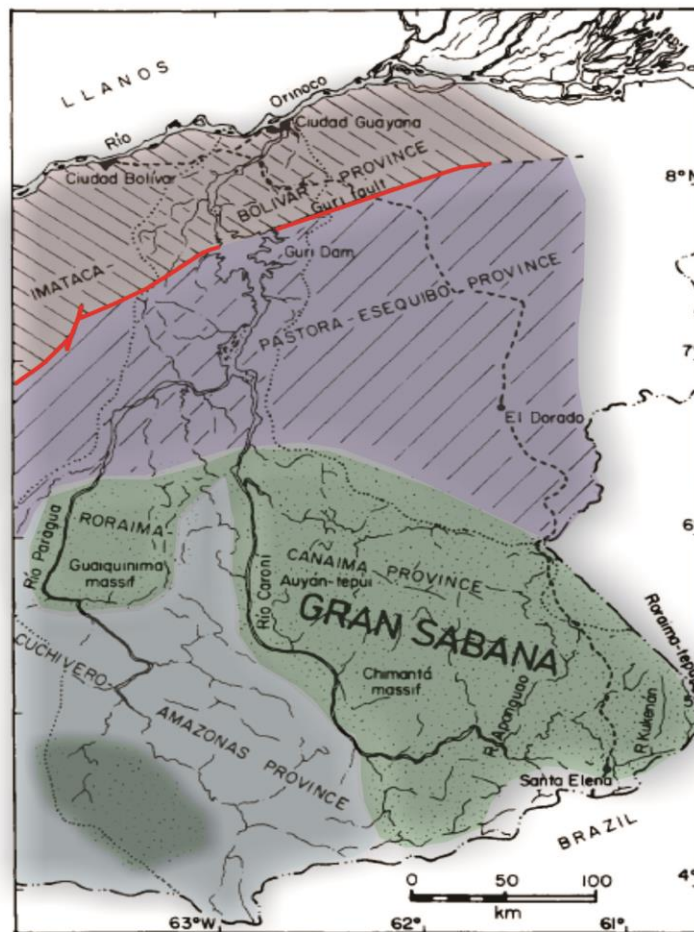


Figura 12. Mapa Geológico-Geomorfológico. Provincias de Guayana. Modificado de BRICEÑO & SHUBERT (1990).

En general, una meseta o tepuy consta de varios elementos (*ver figura.13*), que incluyen: El frontón y superficies aluviales (Zona 1), pie montaña (Zona 2), los escarpes verticales (Zona 3), las zonas de borde (Zona4), y las cumbres de meseta o tepuy (Zona 5).

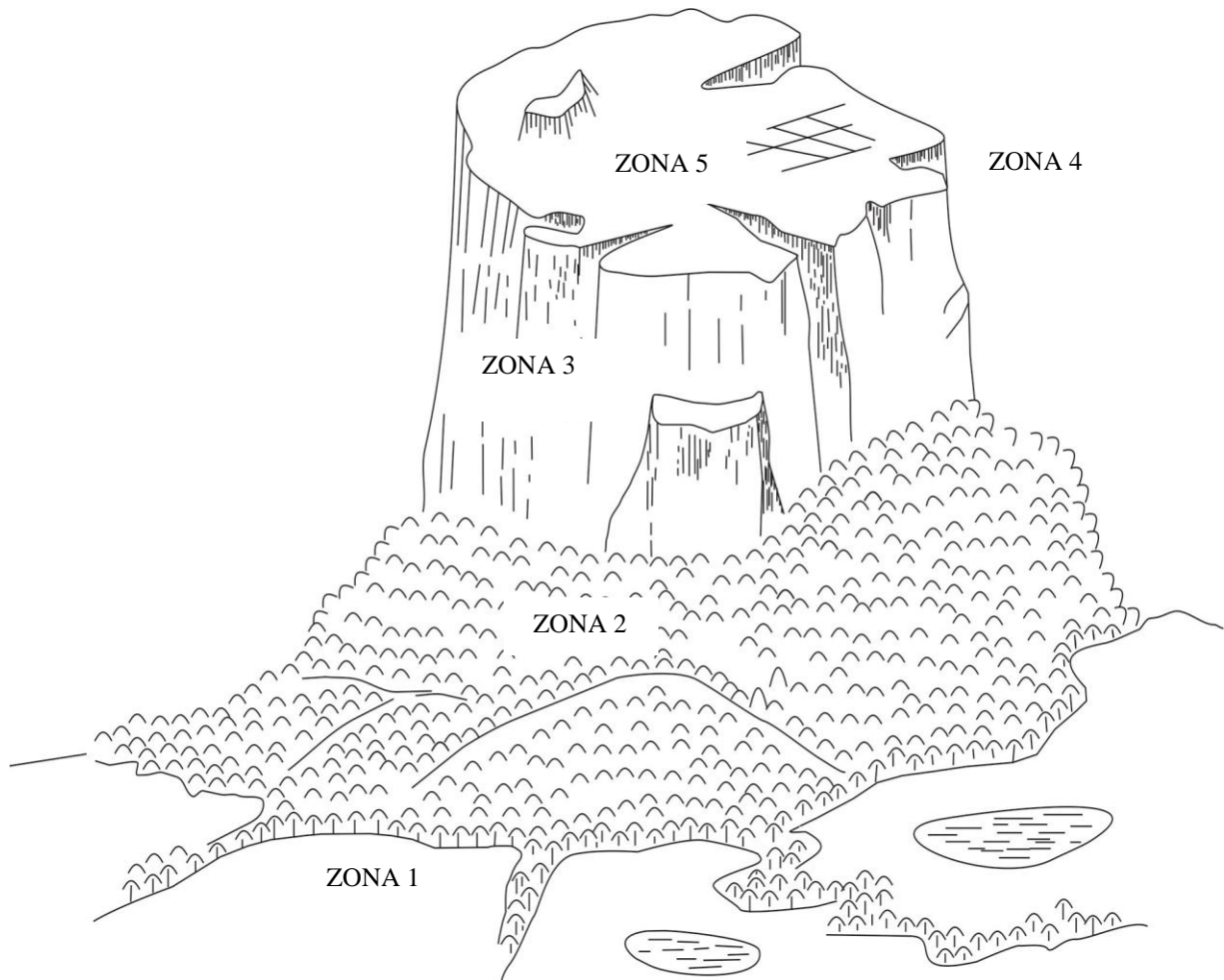


Figura 13. Representación esquemática de los elementos de un tepuy.
Modificado de BRICEÑO Y SCHUBERT, 1990

Representación esquemática de una meseta o tepuy. Zona 1: El frontón; Zona 2: Las estribaciones; Zona 3: Los escarpes; Zona 4: Los bordes; Zona 5: Superficies de la cumbre.

El frontón (*Zona 1; ver figura 13*) son las zonas de bosque de sabana de relieve bajo, con pendientes de entre 5 y 15 °. Esta zona es formada por el retiro del escarpe o aluviones derivados de la erosión de las partes altas del tepuy. (BRICEÑO & SHUBERT, 1990)

Las estribaciones (*Zona 2, ver figura 13*) se caracterizan por una topografía montañosa y con vegetación densa, en el contacto con la Zona 3, hay grandes acumulaciones de bloques de cuarcita caído de las partes altas del tepuy. En esta zona, el bosque es alto, la humedad es permanente y la alta precipitación acelera los procesos de meteorización química.

Los escarpes (*Zona 3; ver figura 13*). Las depresiones dentro de las paredes, formadas por las incipientes caídas de agua. La elevación de los escarpes es del orden de cientos de metros y, a nivel local, hay salidas de caverna de tamaño variable. Las salidas de las cavernas son amplificadas por la exfoliación de los masivos bloques de cuarcita y colapso de los techos de galería (GALAN, 1982; URBANI, 1986).

Los bordes de los tepuyes (*Zona 4: ver figura 13*) se caracterizan por una muy irregular topografía, que se destaca por unas profunda gargantas (BRICEÑO & SHUBERT, 1985), controladas en parte por el agua de escorrentía que se canaliza a través de la cuevas y sale a lo largo de los escarpes en forma de altas cascadas. Uno de los más importantes procesos de modelado dinámico es el ensanchamiento de las fracturas por meteorización química, acompañado de la eliminación mecánica de los fragmentos de roca y granos; el colapso y la caída de grandes bloques a la base de la escarpa controla el retiro del escarpe (POUYLLAU & SEURIN, 1985)

Los sumideros y dolinas están conectados a través de canales subterráneos, Las superficies de la cumbre (*Zona 5; ver figura 13*) se caracterizan por una topografía suave de los bordes, a pesar de que se disecan por gargantas profundas que siguen el patrón de articulación.

3.6.3. DRENAJE

En los tepuys, el agua de lluvia al principio fluye por las laderas como flujo laminar. Las depresiones se llenan rápidamente y el flujo se canaliza a lo largo de los sistemas de unión. La lluvia que cae sobre los depósitos de turba, y el agua que se infiltra lateralmente, se conserva hasta la saturación, para luego fluir sobre la turba hacia las líneas de drenaje. Es común la captura de la corriente en canales abandonados, los cuales están activos después

de grandes lluvias, esta actividad corta los bancos de turba y son erosionados. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**

Los sedimentos clásticos están en su mayoría ausentes; grava y arena están presentes sólo en pequeñas depresiones y grietas. Esto es evidencia de la alta competencia de los arroyos durante las inundaciones, cuando prácticamente todo el material clástico, excepto grandes bloques, se eliminan de la cumbres. La esorrentía se lleva a cabo principalmente a través de fisuras profundas, cañones, dolinas y cavernas o directamente sobre el borde, formando altas cascadas. Las direcciones principales de los canales de drenaje son controlados por sistemas de fracturas y por los contactos litológicos. La alta tasa de crecimiento de las plantas y la acumulación de turba con frecuencia bloquean y desvían el drenaje, formando pequeños estanques. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**

El drenaje subterráneo es común en las cumbres de las montañas. Esto puede suceder de dos maneras: (1) las corrientes desaparecen bajo una gruesa portada de materiales clásticos (grandes bloques, cantos rodados, etc.), que son mayores que la capacidad de carga de la corriente, y reaparecer cientos de metros aguas abajo; y (2) las corrientes convergen hacia una gran fractura y desaparecen formando galerías grandes y complejos sistemas que por lo general drenan directamente a través de las paredes del tepuy. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**

El perfil longitudinal de una corriente típica en las cumbres del tepuy es muy irregular, con numerosos rápidos y cascadas, separado por porciones relativamente planas, donde las agua parecen estacionarias o fluye suavemente sobre el lecho rocoso.

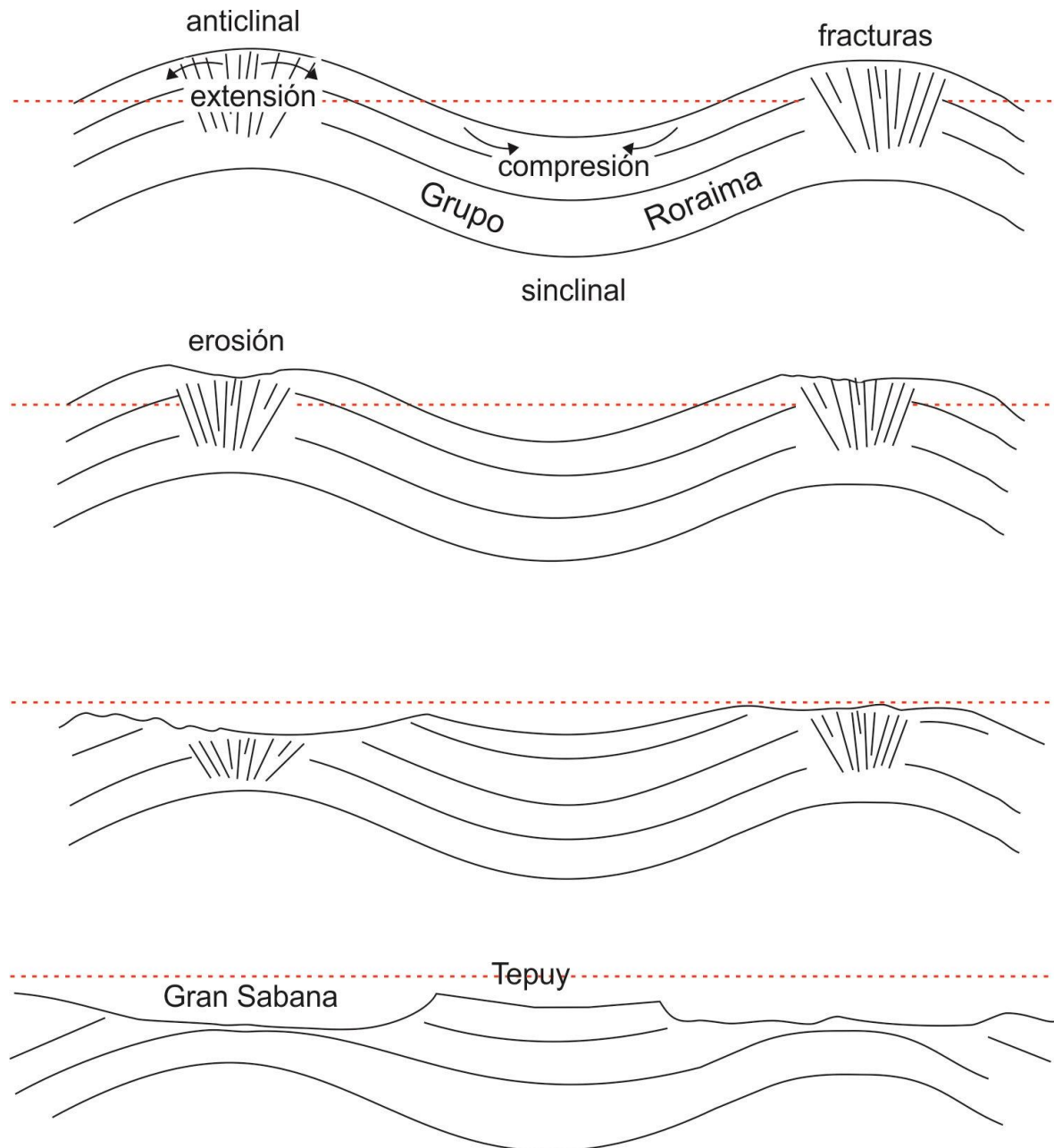
Las cascadas son frecuentemente controladas por la presencia de una unidad más resistente que recubre una más fácilmente erosionable. En algunas localidades, donde hay cascadas amplias que ha formados grandes anfiteatros, lo que sugiere una progresiva migración lateral de las cascadas. En otras localidades, esta migración es lineal, formando estrechos cañones profundos. En el fondo de las cascadas, hay baches profundos debido a la concentración del poder erosivo del agua y los sedimentos. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**

3.6.4. EVOLUCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE MESA DE MONTAÑA

La evolución topografía del tepuy ha sido controlada por una combinación tectónica, estructural, estratigráfica, climáticas y factores temporales. La morfología del Escudo de Guayana ha rejuvenecido varias veces por períodos de orogénesis. La elevación e inclinación del terreno durante el Fanerozoico, la intrusión de basalto durante el Paleozoico y las diabasas del Mesozoico, aceleraron los procesos erosivos **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**.

Las rocas del Grupo Roraima han sido sólo deformadas ligeramente; las principales estructuras son amplios pliegues suaves con longitudes de kilómetros. Los principales tepuyes se desarrollaron en sinclinales, las áreas erosionadas alrededor de ellos corresponden a anticlinales desmantelados (inversión topográfica) (*véase figura 14*). Los ángulos de inmersión determinan la existencia de amplias zonas de afloramientos del mismo tipo de roca; en el caso de rocas más resistentes, estos tienden a formar mesetas. **(BRICEÑO & SHUBERT, 1990)**.

Los tepuyes que conforman las rocas del Grupo Roraima se encuentra en toda la mitad norte del escudo de Guayana, a pesar de ello no es posible decir con certeza si alguna vez formaron una sola unidad o no. Los generalizados sistemas de fracturas constituyen los controles más importantes de la modelización de los tepuyes. Las intercalaciones de unidades estratigráficas, resistente y no resistente a la erosión, y el control de la densidad de fracturación por las estructuras sedimentarias **(BRICEÑO Y SCHUBERT, 1985)**, influyen en las tasas de erosión. Además, la canalización de las aguas subterráneas a lo largo de las unidades específicas, controlan el desmantelamiento de la formación Mataui y el desarrollo de los diversos estilos de la morfología.



**Figura 14. Corte esquemático de la formación de un tepuy por inversión topográfica. .
Modificado de BRICEÑO & SHUBERT (1990).**

El clima ejerce un efecto determinante sobre los procesos erosivos (*ver figura 15*), la abundante lluvia contribuye no sólo a la degradación química de las rocas, sino también a la eliminación de materiales clásticos. El agua disuelve preferencialmente el cemento silíceo de la arenisca, y produce porosidad, permeable, y genera que el material se comporte friable, principalmente la arena, la cual se puede transportar fácilmente por la escorrentía.

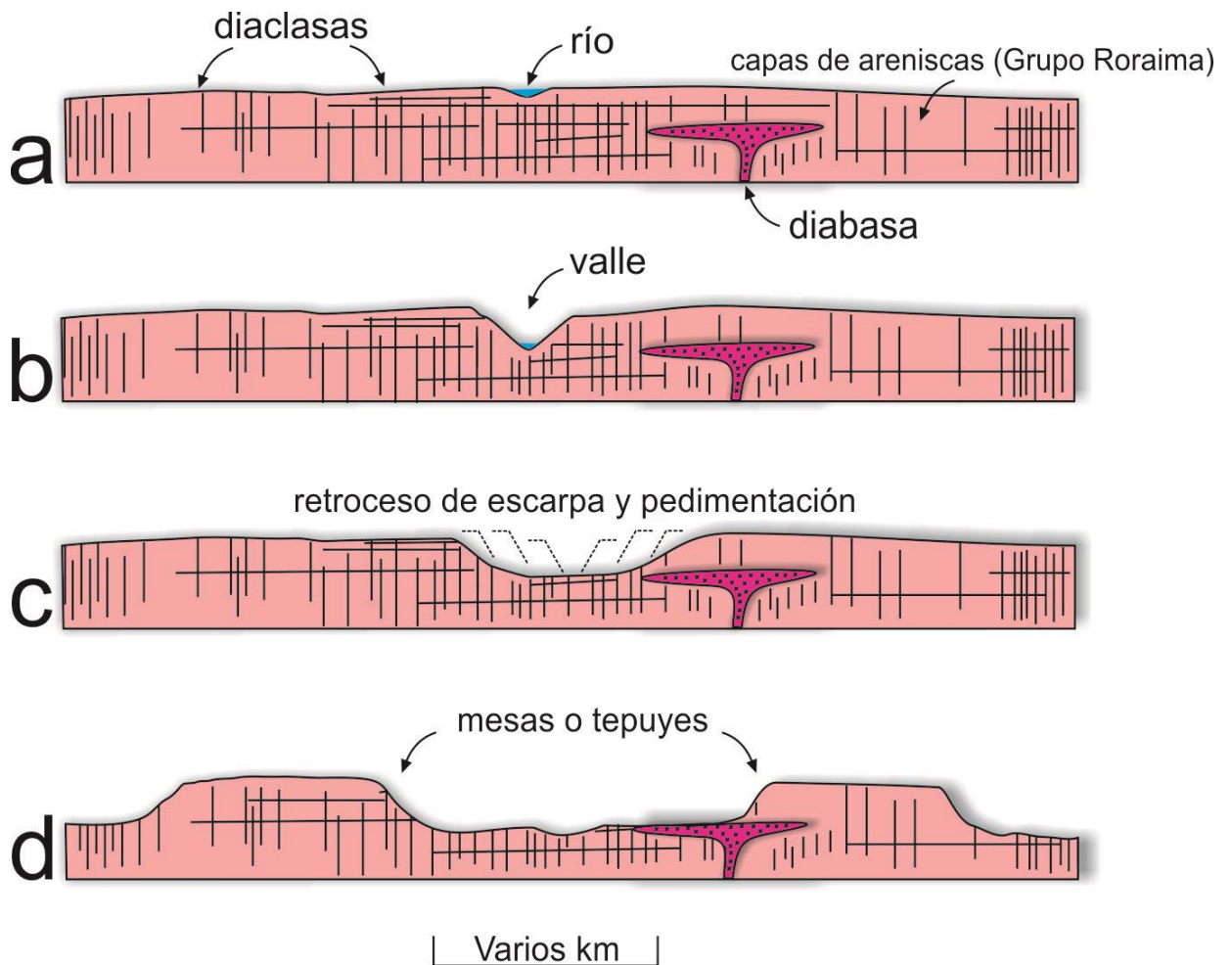


Figura 15. Corte del modelo de formación de tepuyes por erosión diferencial.

Corte esquemático de la corteza terrestre, mostrando la probable evolución de la topografía de la Gran Sabana, por el proceso de inversión topográfica. Los anticlinales, producido por plegamiento suave de las rocas del Grupo Roraima, tienen grandes zonas de fracturamiento en sus crestas, debido a la tensión que produjo el plegamiento. Estas zonas son erosionadas preferiblemente y, con el tiempo, pasan a formar depresiones (Gran Sabana) alrededor de los remanentes de los sinclinales (tepuyes). Modificado de **SCHUBERT & HUBER (1989)**

En el pasado geológico, los cambios climáticos drásticos, asociados con variaciones climáticas globales (**SCHUBERT, BRICEÑO, & FRITZ, 1986**) dieron lugar a varios procesos erosivos.

Se cree que la eliminación más grande de material clástico ocurrió durante condiciones áridas (en el Pleistoceno, asociado con edades glaciales; (**GARNER, 1966**); (**SHUBERT, 1988**)) esto debido en parte a la escasez de lluvias lo que ocasiono una disminución en la cubierta vegetal con respecto a las condiciones actuales (Holoceno; edad interglacial).

La similitud entre la topografía de mesetas de la Gran Sabana y la de zonas áridas (por ejemplo, partes de la meseta de Colorado de los Estados Unidos) no parece ser fortuita; por el contrario, el anterior pudo ser un remanente de un paisaje árido, que ha sido modificada por el clima húmedo actual. Una revisión reciente de la geomorfología de la meseta de Colorado se describe la formación de las superficies de erosión que se alternaron con ciclos de erosión y sedimentación (**GRAF, HEREFORD, LAITY, & YOUNG, 1987**).

La datación por radiocarbono de los perfiles de turba (**SCHUBERT, BRICEÑO, & FRITZ, 1986**) ha añadido variaciones climáticas significativas durante las Glaciaciones del Pleistoceno. En las cumbres de la Gran Sabana la presencia de “*duricrusts*” parcialmente desmanteladas y “*pisolites*”, cubiertos por una densa vegetación, suelo orgánico, y la turba, sugieren que los afloramientos de diabasa se sometieron a al menos un ciclo de las condiciones de humedad-árido-húmedas.

Un factor a menudo descuidado en el análisis de evolución geomorfológica es tiempo geológico. El Auyantepuy puede datar del Mesozoico y ha sido modificado por todos los subsiguientes cambios en los agentes erosivos durante más de 70 Ma. **MARTINI (1982)** ha determinado que las propiedades mecánicas de la cuarcita se deterioran exponencialmente con la disolución de su cemento. Por lo tanto, la baja solubilidad de la sílice no es un impedimento para el desarrollo de karst tales como los presentes en los tepuy. La variedad de formas topográficas de los tepuyes y sus intrincadas relaciones y factores de control son de tal magnitud, que difícilmente podemos comprender plenamente.

CAPÍTULO IV

4. MARCO TEORICO

4.1. PETROGRAFÍA SEDIMENTARIA

El estudio petrográfico de láminas delgadas constituye una herramienta y técnica que provee la base de la investigación de rocas sedimentarias, por medio de la cual se pudo obtener las características texturales y de composición mineralógica de los principales litotipos analizados en este estudio, usando como herramienta principal el microscopio petrográfico, y a su vez fue determinante para conocer los aspectos diagenéticos y fundamental para determinar la procedencia tectónica de la sección. La información obtenida de un análisis petrográfico proporciona un gran soporte a las observaciones de campo y en el caso de rocas sedimentarias es la fuente de información que será complementada con los resultados obtenidos al aplicar otras técnicas de estudio como la difracción de rayos X (MALAVÉ, 2004).

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 la 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 (**BASU, 1976; MACK Y SALUTTNER, 1977; SUTTNER, y otros, 1981**).

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. 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 (**BANGS & BASU, 1994**).

4.2. PROCEDENCIA SEDIMENTARIA Y AMBIENTE TECTÓNICO

Las desviaciones existentes producto del tamaño de las partículas clásticas, su grado de clasificación y escogimiento, sus características morfológicas y su fábrica son una función principal de los procesos hidrodinámicos imperantes en el ambiente de depositación (**SANDOVAL, 2002**).

El ambiente de depositación también tiene influencia sobre la composición de la mineralogía detrítica, la cual no sólo está controlada por su procedencia y ambiente tectónico pre-depositacional, sino también por la selección que los agentes de transporte (dependiendo de su nivel de energía y características dinámicas), ejercen dentro del ambiente sedimentario. Estos agentes de transporte al acarrear las partículas y depositarlas las separan o clasifican con base a su tamaño, morfología y densidad, por los que ciertos minerales tienden a ser concentrados en determinadas fracciones de tamaños, pudiéndose acumular arenas u otros sedimentos de diferente composición, simultáneamente, dentro de distintas partes de la misma cuenca (**SANDOVAL, 2002**).

La interrelación de los procesos mecánicos, biológicos y químicos durante el transporte del sedimento, pueden ser determinados con criterios texturales y composicionales, lo que permite la identificación de ambientes sedimentarios. Al mismo tiempo, desde mediados del presente siglo, se ha intentado relacionar las características de las rocas sedimentarias, particularmente de las areniscas, con el ambiente de depósito y la naturaleza de la región de procedencia (**KRYNINE, 1942**).

Los estudios de procedencia son una herramienta útil para establecer modelos de evolución tectónica, paleogeografía de cuencas cratónicas y terrenos tectonoestratigráficos, área fuente, reciclajes de sedimentos, sistemas depositacionales, características paleoclimáticas y, lo más importante, el entorno tectónico en relación con la tectónica de placas, el cual consiste en localizar el área fuente de la que derivan determinados sedimentos y así poder establecer los tipos de roca fuente.

En los últimos años se han modificado los conceptos geológicos, particularmente con el advenimiento de la tectónica de placas, y se han propuesto una serie de razones para relacionar la constitución de las areniscas al contexto tectónico de las cuencas de depósito y de las áreas de aporte (**DICKINSON & SUCZEK, 1979**). Es decir, a partir del tipo de partículas se infiere la fuente o procedencia de los sedimentos, y con base en el análisis estadístico de numerosas cuencas actuales, varios autores han propuesto una relación directa entre la composición del sedimento y el ambiente tectónico en el que se forma

DICKINSON & SUCZECK (1979) hallaron una relación (*ver figura 16*) muy estrecha entre la composición de las areniscas y el ambiente tectónico al que se asocian las grandes cuencas sedimentarias donde se depositan. En función de dicha relación generaron una serie de diagramas ternarios construidos con la metodología del análisis petrográfico modal. En general las areniscas derivadas de zonas

continentales y depositadas en márgenes pasivos, zonas de “*rift*” intracontinental, y cuencas cratónicas están compuestas de cuarzo y feldespato principalmente, en el caso de las areniscas depositadas en las cuencas asociadas a cinturones de deformación están enriquecidas en cuarzo y líticos, en cambio, las cuencas asociadas a arcos volcánicos, contienen areniscas con abundantes fragmentos feldespáticos y fragmentos líticos (principalmente volcánicos y plutónicos) y menor cantidad de cuarzo.

DICKINSON & SUCZEK (1979), fueron los primeros en intentar caracterizar, mediante diagramas triangulares de uso general, la naturaleza de las áreas de aporte en términos de su ubicación en las placas tectónicas. Los citados autores compilaron un gran número de datos composicionales, correspondientes tanto a arenas marinas como continentales, depositadas en diferentes ambientes tectónicos. Las modas detríticas fueron recalculadas para tres componentes básicos, posteriormente empleados en sus diagramas triangulares: 1. Fragmentos de cuarzo, incluyendo al cuarzo total (Qt), monocristalino (Qm) y policristalino (Qp); 2. Feldespatos, referidos como feldespatos totales (F), plagioclasas (P) y feldespatos potásicos (K) y 3. Fragmentos líticos, divididos en líticos totales inestables (Li), de volcánicas o metavolcanitas (Lv) y de sedimentarios o metasedimentarias (Ls). Como complemento fue también considerada la cantidad de líticos totales (Lt), la que incluye a los líticos inestables totales (Li) más la proporción de líticos cuarzosos estables referidos como (Qp).

Sobre la base de estos componentes **DICKINSON & SUCZEK (1979)** propusieron dos diagramas triangulares que incluían a la totalidad de la población de granos arriba considerada. El diagrama QFL reúne en su vértice superior a todos los fragmentos cuarzosos (mono más policristalinos), poniendo énfasis en la estabilidad mineral y reconociendo tres campos principales: 1. Proveniencia de bloques continentales; 2. De Orógenos reciclados y 3. De arcos magmáticos

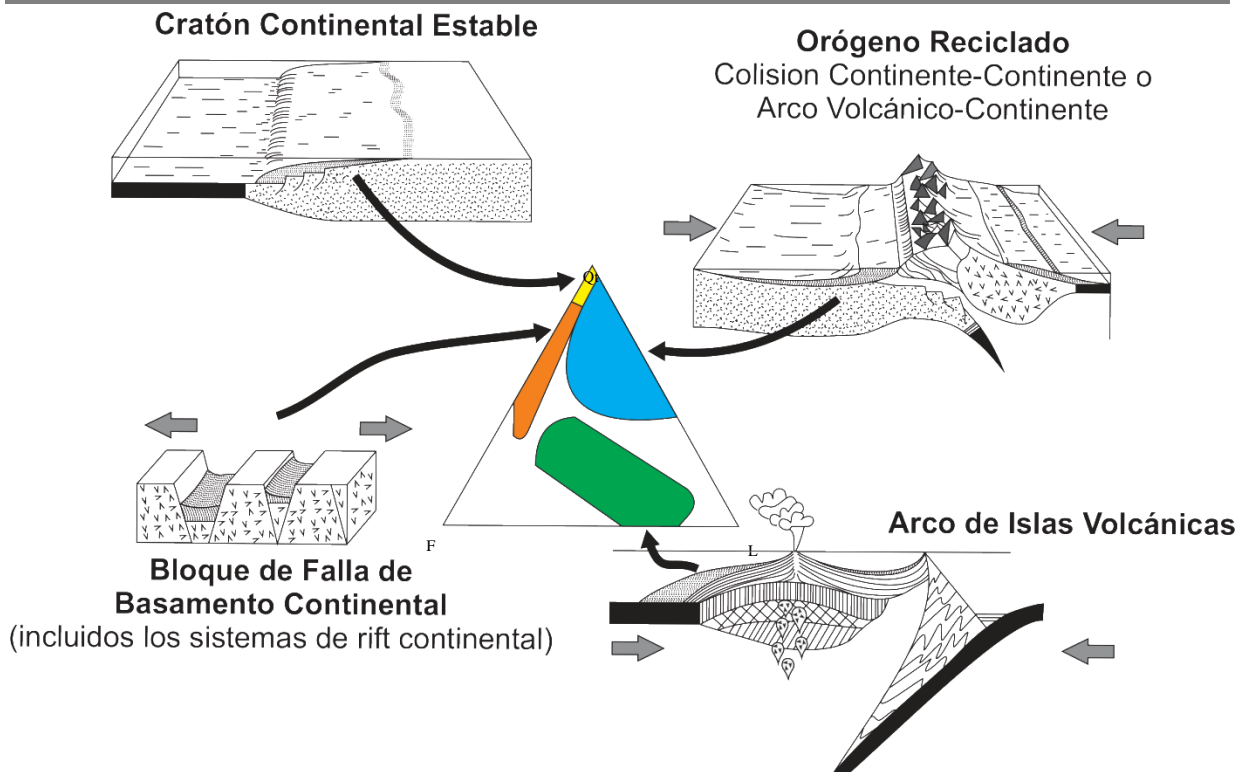


Figura 16. Esquema de asociación tectónica en función de los parámetros de DICKINSON & SUCZEK (1979)

En DICKINSON & SUCZEK (1979) posteriormente extendido por DICKINSON, y otros (1983) y DICKINSON W. (1985), definen diagramas ternarios de clasificación donde concentran las variables cuarzo total, feldespatos y fragmentos líticos, en el triángulo Qt-F-L, y cuarzo monocristalino, feldespatos y fragmentos líticos en el triángulo Qm-F-Lt. En el diagrama "Qt-F-L" (ver figura 17) comprende toda la población de granos; el vértice Qt incluye todos los ejemplares de cuarzo detrítico (monocristalino Qm y policristalino Qp); el vértice F representa a todos los feldespatos presentes (plagioclasas y feldespatos potásicos) y el vértice L incluye a los granos policristalinos inestables de origen volcánico Lv y de origen sedimentario Ls, así como también las variedades metamórficas. Este diagrama tiene la función de establecer la estabilidad mineralógica de las areniscas así como también el grado de meteorización a la que fue sometida la fuente de sedimentos, el tipo de roca que generó los sedimentos del área fuente y posibles mecanismos de transporte de los granos.

Qm: Cuarzo monocristalino

Qp: cuarzo policristalino

Qt: Cuarzo total (Qm+Qp)

F: Total de granos de feldespatos

L: Total de fragmentos líticos inestables (incluyendo granos policristalino).

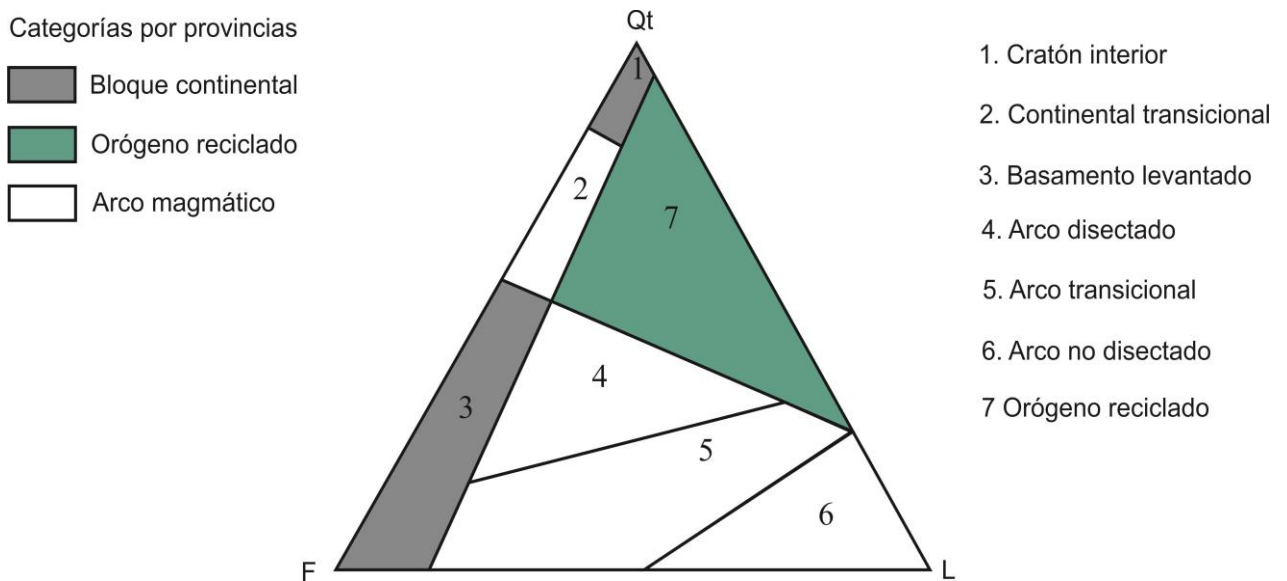


Figura 17. Diagrama Qt-F-L

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 otros, 1983).

En el diagrama Qm-F-Lt (ver figura 18), donde igualmente se encuentra involucrada toda la población de granos, el vértice Qm representa sólo los cuarzos monocristalinos; el vértice F involucra a todos los feldespatos (plagioclasas y feldespatos potásicos) y el extremo Lt, además de involucrar a los fragmentos líticos Lv y Ls también toma en cuenta los fragmentos de cuarzo policristalino inestables Qp. Este diagrama trata de indicar el tamaño de grano de la roca fuente, ya que si esta es de grano fino aportará más fragmentos líticos en la fracción arena que una fuente de sedimentos de grano grueso (DICKINSON & SUCZEK 1979).

Qm: Cuarzo monocristalinos

F: Total de granos de feldespatos (incluyendo granos monocristalinos)

Lt: Total de fragmentos líticos policristalinos, incluyendo cuarzoes estables

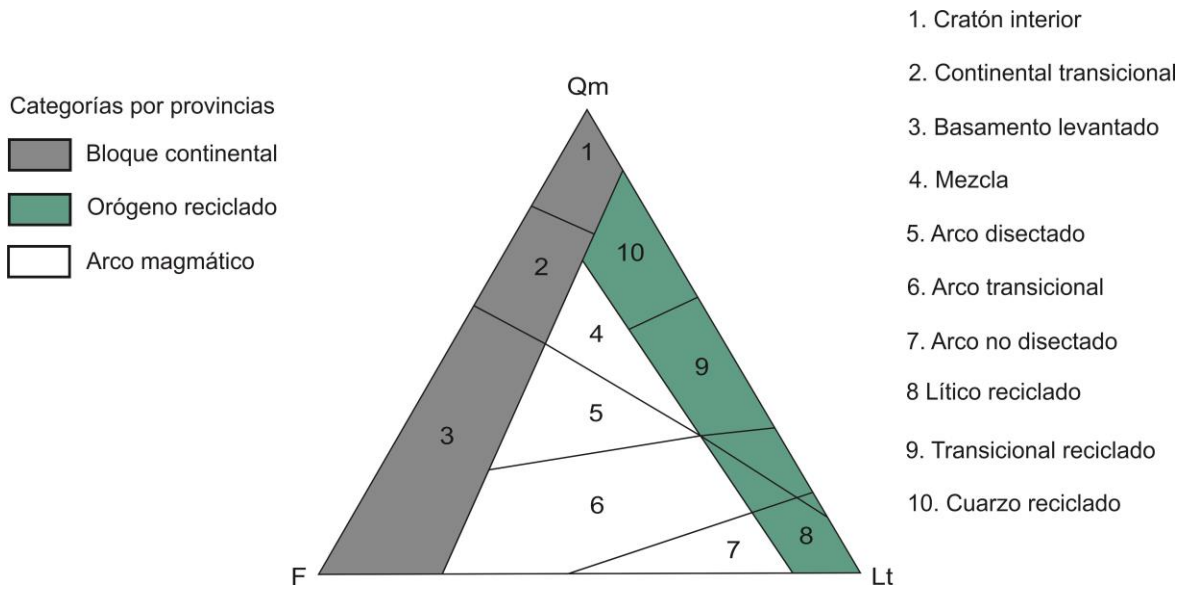


Figura 18. Diagrama Qm-F-Lt

Tomando en cuenta solo el cuarzo monocristalino, sin incluir la ftanita, representando areal y porcentualmente los diferentes tipos y subtipos de zonas de procedencias (Tomado y modificado de DICKINSON, 1985)

El segundo diagrama Qm-FL-t suma el cuarzo policristalino a los líticos inestables (transformando al vértice derecho en líticos totales), reconociendo los mismos campos arriba señalados, pero mejorando la definición del área de orógenos reciclados y poniendo énfasis en la granulometría de las rocas que componen el área fuente.

Como continuación de estos diagramas **DICKINSON & SUCZEK (1979)** definieron otros triángulos complementarios, los que consideran parte de la población total de granos. Uno de esos triángulos el Qp-Lv-Ls (*ver figura 19*), el cual permite una clara separación entre orógenos de colisión y arcos magmáticos.

Qp: Cuarzo policristalinos

Ls: Líticos sedimentarios

Lv: Líticos Volcanicos

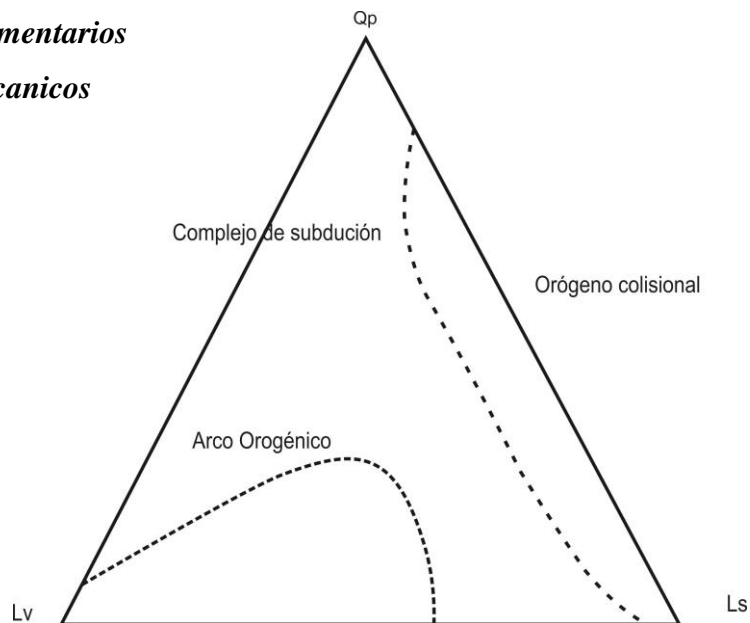


Figura 19. . Diagrama Qp-Ls-Lv

Los diagramas construidos por **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, fueron reelaborados por **DICKINSON y otros, (1983)**. Estos son los generalmente empleados y resultan básicamente derivados de los originalmente presentados por **DICKINSON & SUCZEK (1979)**. En el nuevo modelo de proveniencia de bloques continentales ha sido dividida en tres campos: interior cratónico, continental transicional y basamento elevado.

Según **DICKINSON y otros, (1983)**, el tipo de fuente de sedimentos para rocas que derivan de un orógeno reciclado son secuencias de estratos y rocas volcánicas subordinadas, en parte metamorfizadas, expuestas a la erosión debido al levantamiento orogénico del cinturón de plegamiento y fallamiento, y la fuente de sedimentos cuyo origen es un bloque continental provienen tanto de una plataforma y escudo estable o de levantamientos que marcan límites de placas o de deformaciones intraplacas que transectan el bloque continental.

DICKINSON & SUCZEK (1979) establecen que el carácter petrológico del área fuente, la naturaleza de los procesos sedimentarios dentro de la cuenca de depositación y la trayectoria que enlaza al área fuente con la cuenca de depositación, son factores que influyen notablemente en la composición de las areniscas; de ahí que la clave que existe entre el área fuente y la cuenca de depositación está gobernada por la deformación tectónica sufrida por los terrenos involucrados en el proceso.

DICKINSON & SUCZEK (1979) y **DICKINSON y otros, (1983)**, proponen varios tipos de área fuente, las cuales son controladas por la tectónica de placas, y son agrupadas en distintos campos definidos en diagramas ternarios. Estos diagramas están caracterizados por el tipo de variables que envuelven. Consecuentemente, se distinguen tres tipos de procedencia principales, las cuales a su vez se encuentran divididas en subgrupos.

- *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 sin 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.

Cada uno de estos tres grupos se subdivide a su vez en varios sectores de procedencia, los cuales son descritos en la *tabla 2*, y se muestran en el diagrama de la *figura 16*.

Tabla 2. Diferentes ambientes tectónicos de procedencia para la clasificación de DICKINSON & SUCZEK (1979) y DICKINSON y otros, (1983), tomado de COELLO (2012).

BLOQUE CONTINENTAL	ARCO MAGMÁTICO	ORÓGENO RECICLADO
<p><i>Continental transicional</i></p> <p>Los sedimentos son derivados de formas positivas a lo largo de los segmentos transformantes o de otra estructura discontinua.</p>	<p><i>Transicional</i></p> <p>Presenta un mayor contenido de granos de cuarzo, a partir de subvolcánicas de los arcos.</p>	<p><i>Orógeno reciclado</i></p> <p>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><i>Basamento levantado</i></p> <p>Los sedimentos provienen de basamentos expuestos limitados por fallas. El ambiente tectónico principal son los cinturones de “rift” 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><i>Disectado</i></p> <p>Los sedimentos provienen de arcos magmáticos maduros y erosionados que alimentan cuencas de tipo antearco y trasarco. Su composición es compleja siendo menos lítica que volcanoclástica. El feldespato cálcico y potásico es común. Los fragmentos líticos no volcánicos son abundantes.</p>	<p><i>Orógeno Colisional</i></p> <p>En este caso los sedimentos derivados están formados por fragmentos líticos sedimentarios y metasedimentarios reciclados, con un contenido menor de cuarzo y feldespato</p>
<p><i>Cratón interior</i></p> <p>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><i>No disectado</i></p> <p>Las areniscas presentan un alto contenido de plagioclasa y fragmentos líticos volcánicos. Se observa fenocristales de plagioclasa. El cuarzo está presente en menos proporción y es principalmente de origen volcánico.</p>	<p><i>Complejo de subducción</i></p> <p>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, chert, argilita, grauvacas y algunas calizas.</p>

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS PETROGRÁFICO

El siguiente capítulo contempla los resultados cuantitativos (*ver gráfico 2*) y cualitativos, obtenidos para las muestras del estudio. Se presentan las características cualitativas texturales de las muestras de areniscas, grauvacas de donde se describen los componentes principales: granos, matriz, cemento y porosidad, a su vez se mostraran la proporción y las características cuantitativas de los tipos litológicos obtenidos (areniscas y grauvacas) a partir de los parámetros de clasificación de **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)** para; y **PETTIJOHN F. (1975)**. Luego se mostrará una breve exposición de los procesos diagenéticos observados.

5.1.1. COMPONENTES PRINCIPALES DE ARENISCAS, GRAUVACAS Y LUTITAS.

Entre los componentes principales se identifican: granos, matriz, cemento y porosidad; siendo los primeros divididos en: tipos de cuarzo, tipos de feldespatos, tipos de fragmentos de roca y accesorios presentes; se estudia la composición de la matriz y el cemento.

5.1.1.1. CUARZO

El cuarzo se presenta (*ver tabla 3*) como el componente detrítico de mayor presencia (49,45%, en promedio de todos los elementos que conforman las muestras), en función del tamaño, el mismo se puede observar entre arena fina a media. Se pueden diferenciar a lo largo de la columna dos poblaciones bien definidas en función de su forma, el primer grupo de cuarzoes corresponden a los cuarzoes subangulares con alta esfericidad y el segundo grupo a cuarzo subangulares de baja esfericidad. En función de su posible origen podemos diferenciar tres tipos de cuarzo, cuarzo policristalino (4,05%, en promedio del total de elementos en la columna), cuarzo monocristalino con extinción recta (cuarzo plutónico) al cual pertenecen el 20,41% en promedio respecto a los demás elementos de la columna y el cuarzo monocristalino con extinción ondulatoria (cuarzo metamórfico) el cual representan en promedio el 24,99% del total de elementos de la muestras.

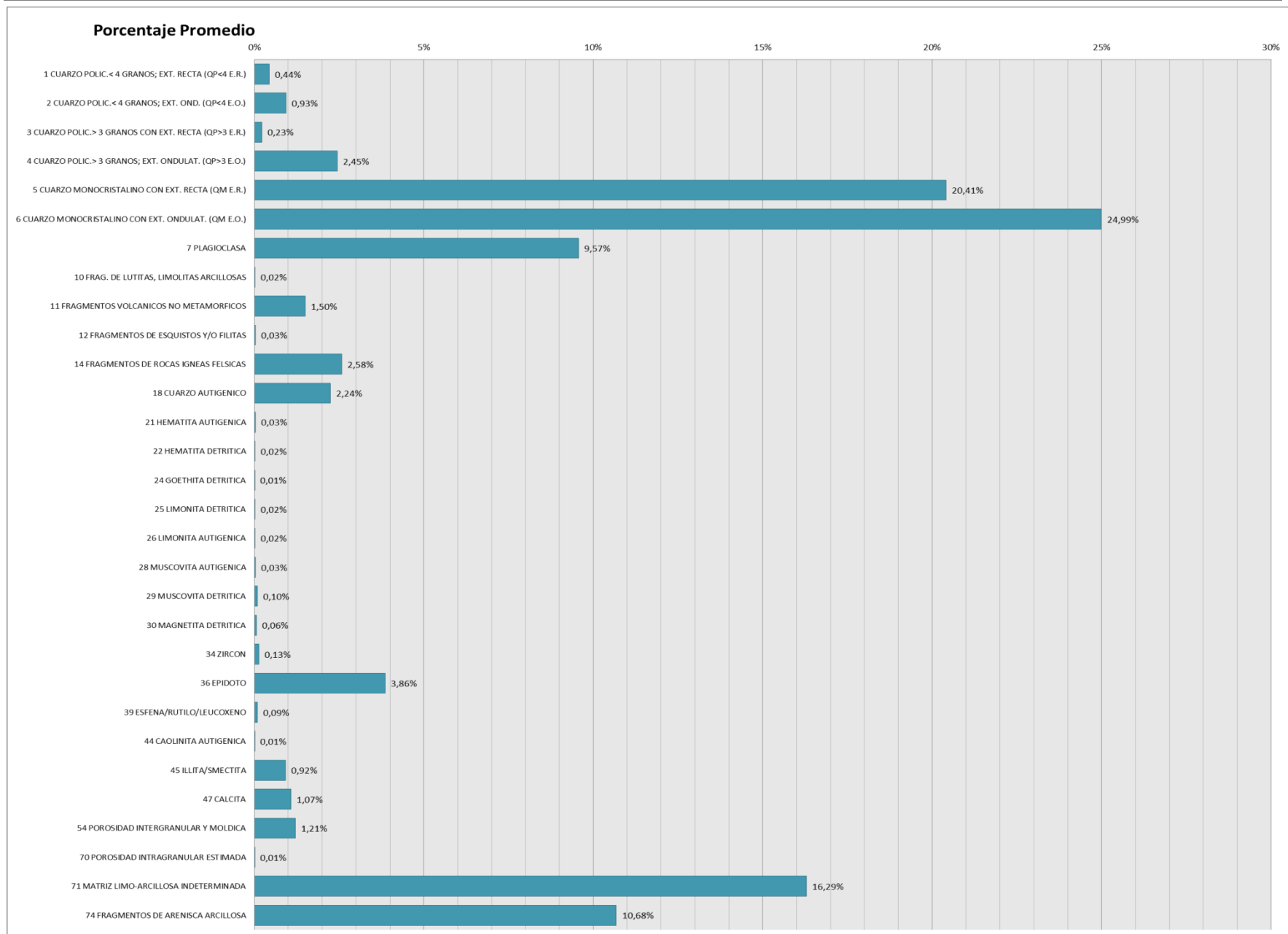


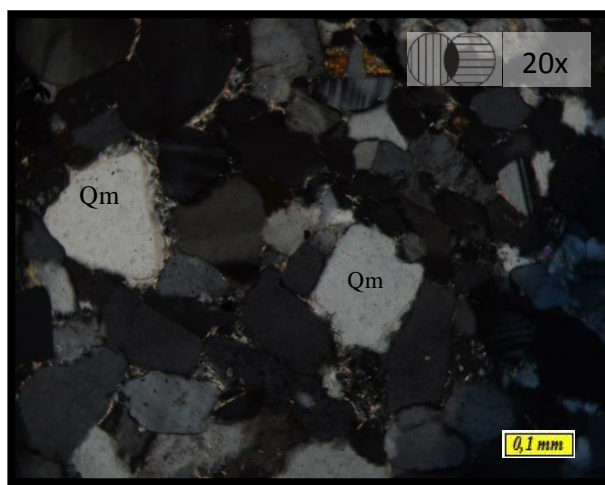
Grafico 2. Porcentaje promedio de la totalidad de componentes minerales contados

Tabla 3. Variación del cuarzo en función del conteo modal bajo los parametros de YORIS, (1989).

<i>Variación del Cuarzo en función del conteo modal</i>	% en promedio
1 CUARZO POLIC. < 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,44%
2 CUARZO POLIC. < 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,93%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,23%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	2,45%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	20,41%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	24,99%

CUARZO MONOCRISTALINO

Se identificó el cuarzo monocrystalino (*ver fotomicrografías 1*) de origen plutónico por poseer extinción recta y cuarzo monocrystalino de origen metamórfico, con su característica extinción ondulatoria. Los granos se muestran con tamaños arena, desde finos a medios, con bordes subredondeados a angulares y esfericidad que varía entre media-alta a baja, en promedio representan el 45,40% de los elementos totales en la columna. Se puede identificar una tendencia (*ver gráfico 3*) creciente de base a tope, donde el cuarzo metamórfico representa el 50,53% del cuarzo total y el 24,99% del total de especies minerales que conforman la columna, hecho que nos indica dos fuentes de aporte constante de base a tope.



Fotomicrografías 1. Cuarzo Monocrystalino. Muestras 1.38 (4). Qm: Cuarzo Monocrystalino.

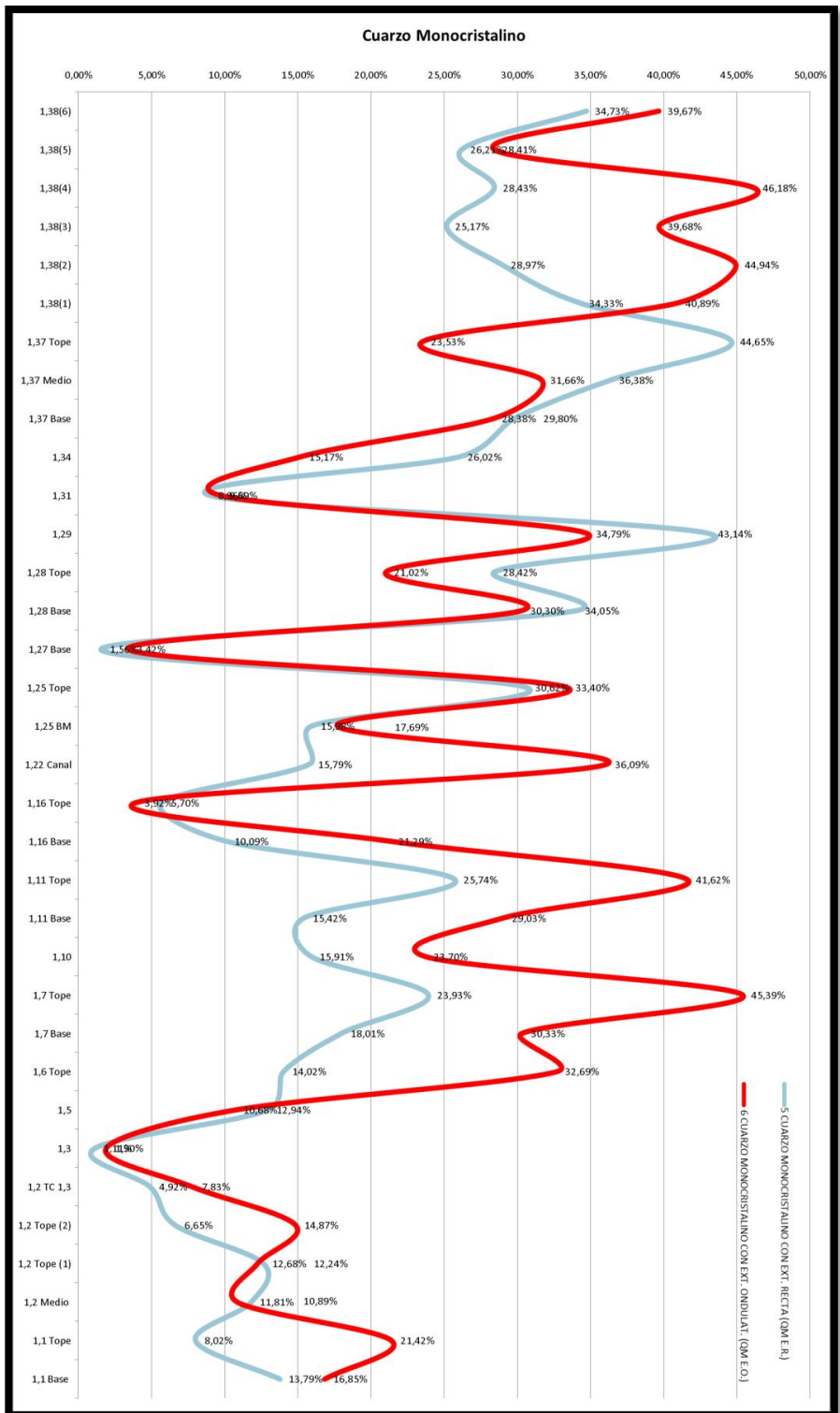
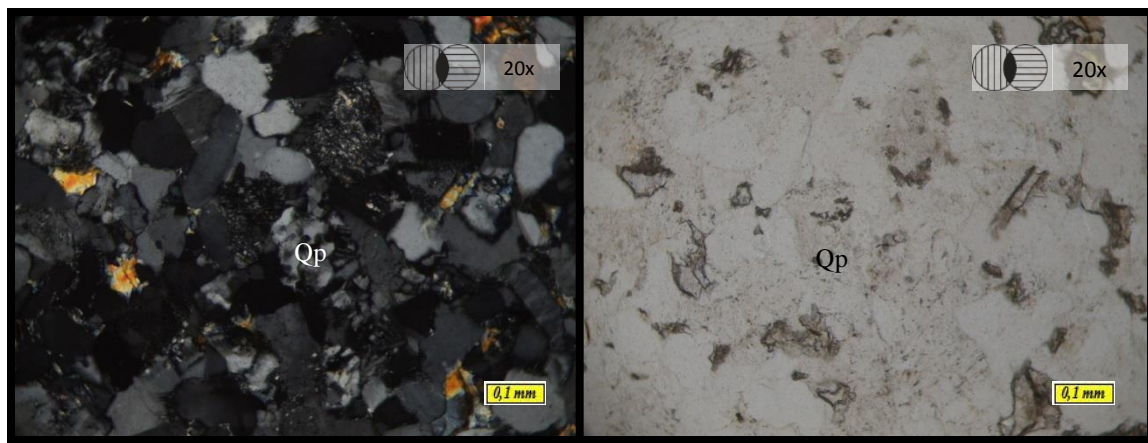


Grafico 3. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Cuarzo Monocristalino con extinción ondulatoria y cuarzo monocristalino de extinción recta, definidos bajo los parámetros de YORIS (1989)

CUARZO POLICRISTALINO

El cuarzo policristalino (*ver fotomicrografías 2*) identificado posee sus características numerosos cristales, los cuales podían observarse de extinción ondulatoria o recta. Al igual que el cuarzo monocristalino, los granos de cuarzo policristalino se muestran con variados tamaños arena, desde finos a medios con bordes entre subredondeado a angulares y esfericidad que varía entre media a media-baja llegando a muy baja. El cuarzo policristalino representa el 4,05% del total de elementos de la columna, su distribución porcentual está encabezada por el cuarzo policristalino mayor a tres granos y de extinción ondulatoria, al cual pertenece el 60,56% del porcentaje total de cuarzo policristalino, el resto está compuesto por cuarzo policristalino menor a cuatro granos y de extinción ondulatoria al que corresponde el 22,91% y cuarzo policristalino de extinción recta el cual suman el 16,53% respecto al total de cuarzo policristalino presente en la columna.



Fotomicrografías 2. . Cuarzo Policristalino. Muestras 1.25 Tope. Qp:Cuarzo Policristalino

5.1.1.2. FELDESPATO

PLAGIOCLASAS

Las plagioclasas identificadas tanto por DRX como por petrografía fueron Albita, las cuales exhiben las características maclas polisintéticas y el Microclino, con su característico maclado enrejado ; los tamaños de grano para las mismas corresponden a arena fina a muy fina, con bordes subredondeados, y esfericidad variada entre media-baja a baja, sin ninguna relación aparente. Las plagioclasas representan el 9,57% en promedio de todos los tipos litológicos de la columna, con una tendencia lineal (*ver gráfico 4*) que describe un crecimiento de base a tope.

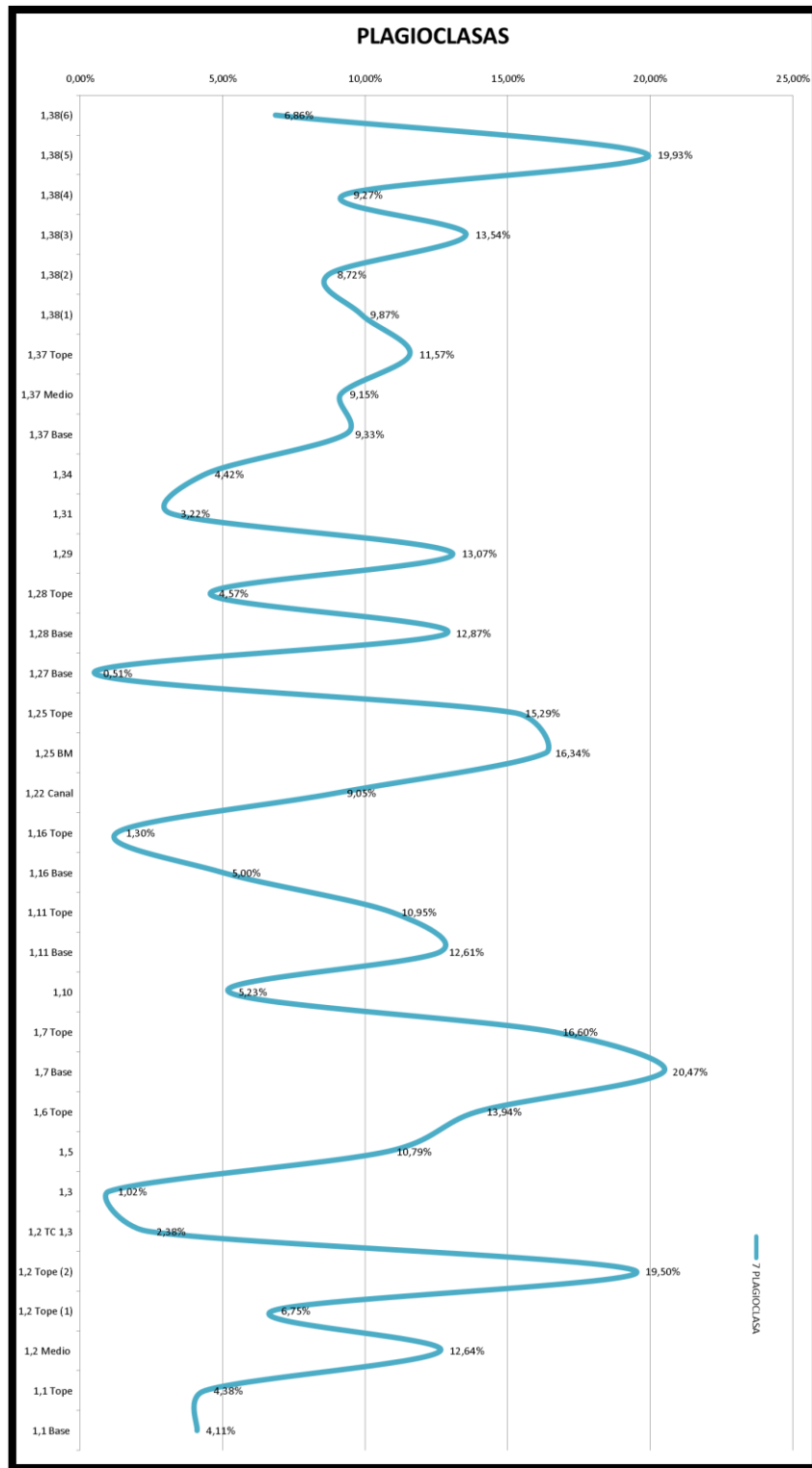
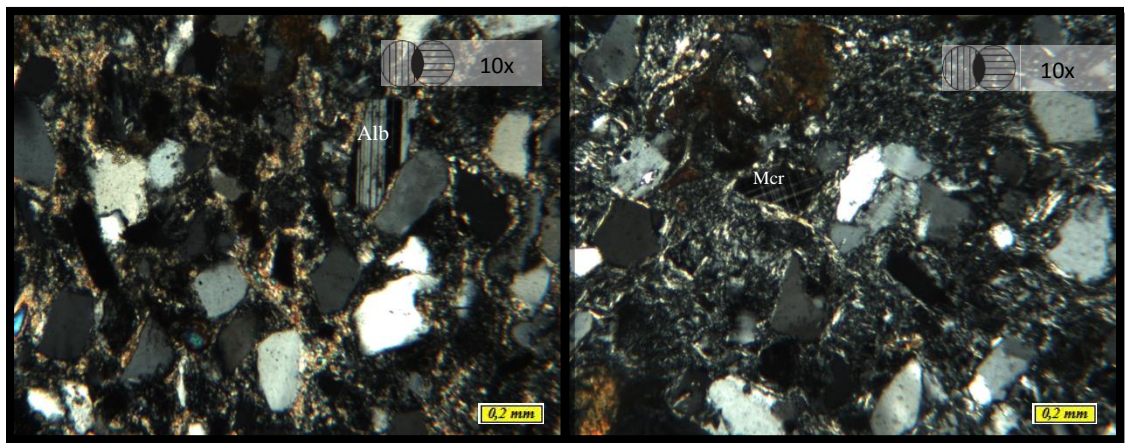


Grafico 4. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Plagioclasas (Albita y Microclino), definidos bajo los parámetros de YORIS (1989).

Para el estudio podemos asumir que el microclino (*ver fotomicrografías 4*) se formó a bajas profundidades, el mismo sufrió disoluciones, por lo que su presencia no es tan abundante. La albita (*ver fotomicrografías 5*) es un mineral común en areniscas profundamente enterradas, en especial en márgenes continentales activos, sin embargo como detrito solo tiene dos fuentes conocidas, que son las facies de esquistos verdes y los granitos albiticos. La primera es la más abundante en la naturaleza, y puede ser fácilmente detectada por la presencia de fragmentos líticos de esquistos, mientras que los fragmentos albiticos no son muy frecuentes. En consecuencia, gran parte de la albita procede de la transformación de plagioclasas calcosódicas que se alteran a albita (albitización), proceso que aumenta con la profundidad; la albitización de los feldespatos es un proceso de reemplazo especial que incluye el reemplazo de plagioclasas cálcicas o de feldespato potásico, por albita.



Fotomicrografías 3. IZQUIERDA. Albita. Muestra 1.34. Alb: Albita. DERECHA . Microclino. Muestra 1.27 Base. Mc: Microclino

5.1.1.3. FRAGMENTOS DE ROCAS

Los fragmentos de rocas del estudio corresponden al 14,81% respecto a la totalidad de elementos de la columna, los mismos poseen una tendencia lineal que describe un decrecimiento de base a tope (*ver gráfico 5*). Los fragmentos identificados presentan la siguiente distribución: Fragmentos de rocas sedimentarias (10,68%), Fragmentos de rocas ígneas félsicas (1,58%), Fragmentos Volcánicos no metamórficos (1,50%), Fragmento de esquistos o filitas (0,03%) y Fragmentos de lutitas (0,02%).

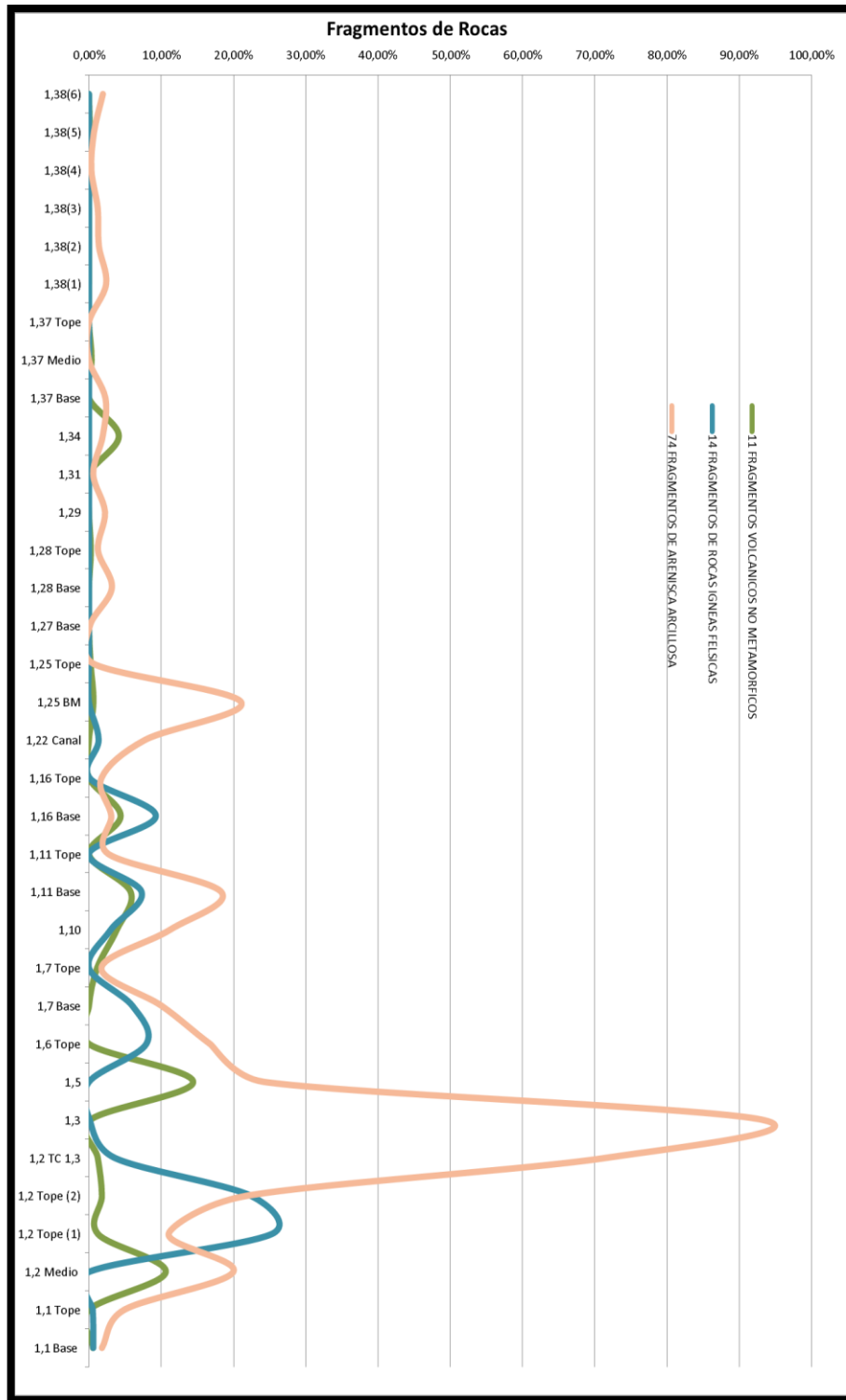
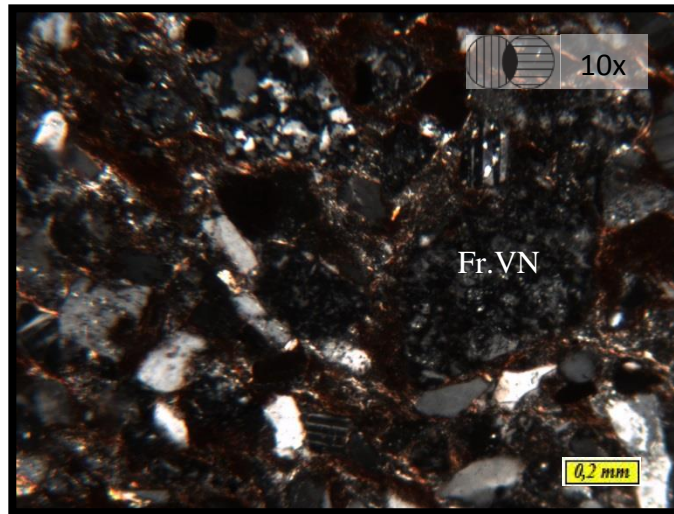


Grafico 5. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Fragmentos de rocas totales, definidos bajo los parámetros de YORIS (1989).

FRAGMENTOS VOLCÁNICOS NO METAMÓRFICOS.

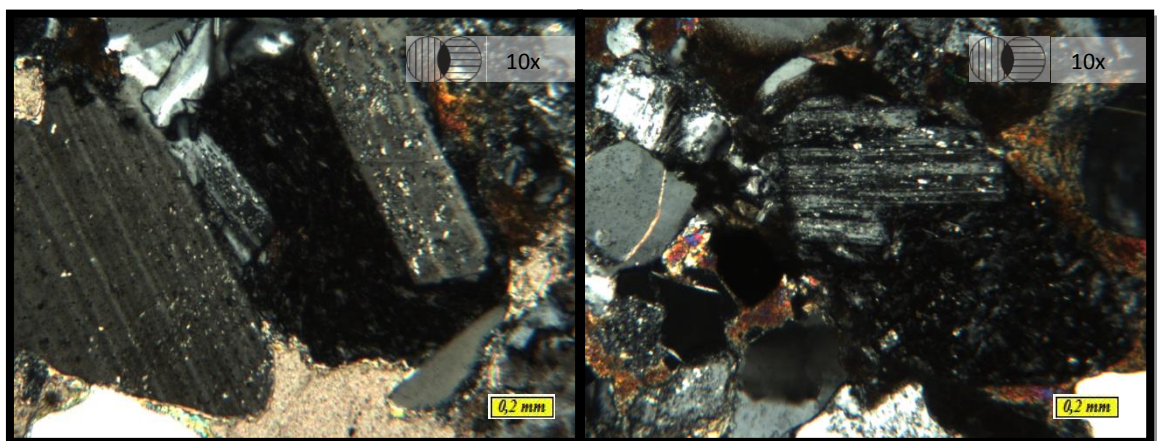
Los fragmentos volcánicos no metamórficos (*ver fotomicrografías 5*) están compuestas por una matriz vítrea microcristalina con presencia de pequeños cristales de plagioclasas, se encuentran distribuidos en la mayoría de las muestras, con tamaños de arena media a fina.



Fotomicrografías 4. Fragmento de Roca Volcánico no metamórfico. Muestra 1.5. Fr.VNM: fragmento de roca volcánico no metamórfico

FRAGMENTOS DE ROCAS ÍGNEAS FÉLSICAS

Los fragmentos de rocas ígneas félsicas (*ver fotomicrografías 6*), se caracterizan por poseer una textura hipocristalina, afanítica. Se compone principalmente de microlitos de plagioclasas con una distribución caótica y en ocasiones orientados. Los granos se muestran en tamaño generalmente medio, de bordes muy angulosos con algunos subredondeados y esfericidad baja a muy baja.

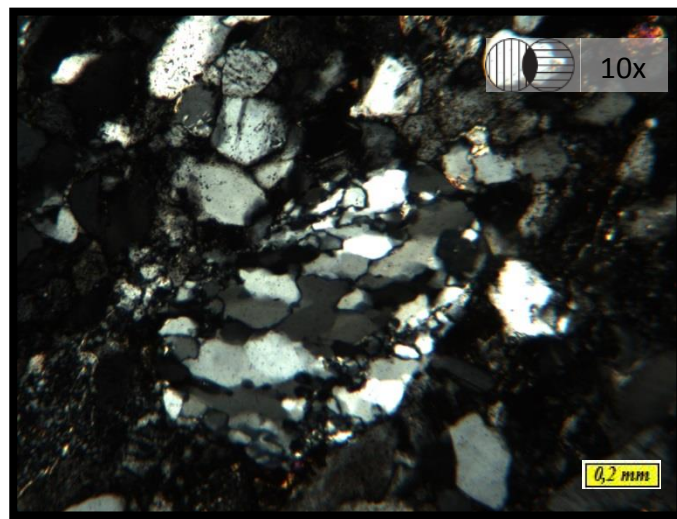


Fotomicrografías 5. Fragmento de rocas ígneas félsicas Muestra 1.2 Tope (2)

FRAGMENTOS DE ROCA SEDIMENTARIA

Los fragmentos rocas sedimentarias (*ver fotomicrografías 7*) corresponden al 10,68% en promedio del total de elementos de la columna, están compuestas por una matriz indeterminada, poseen tamaño de arena media a muy fina. Los granos se muestran subredondeados y de esfericidad media a baja.

En la columna (*ver gráfico 5*) poseen un crecimiento de tope a base; esto producto del alto volumen que se pueden observar en las muestras de la base en específico por el segmento comprendido por 1.3 a 1.2 Tope (2), las cuales poseen en promedio 62,20% de fragmento de arenisca respecto al total de elementos que las conforman, esto debido al área que ocupan ciertos fragmentos de areniscas en las muestras, de las que resalta la muestras 1.3, de la cual el 93,28% pertenece a fragmentos de rocas sedimentarias.



Fotomicrografías 6. Fragmento de roca sedimentarias Arcillosas. Muestra 1.7 Base

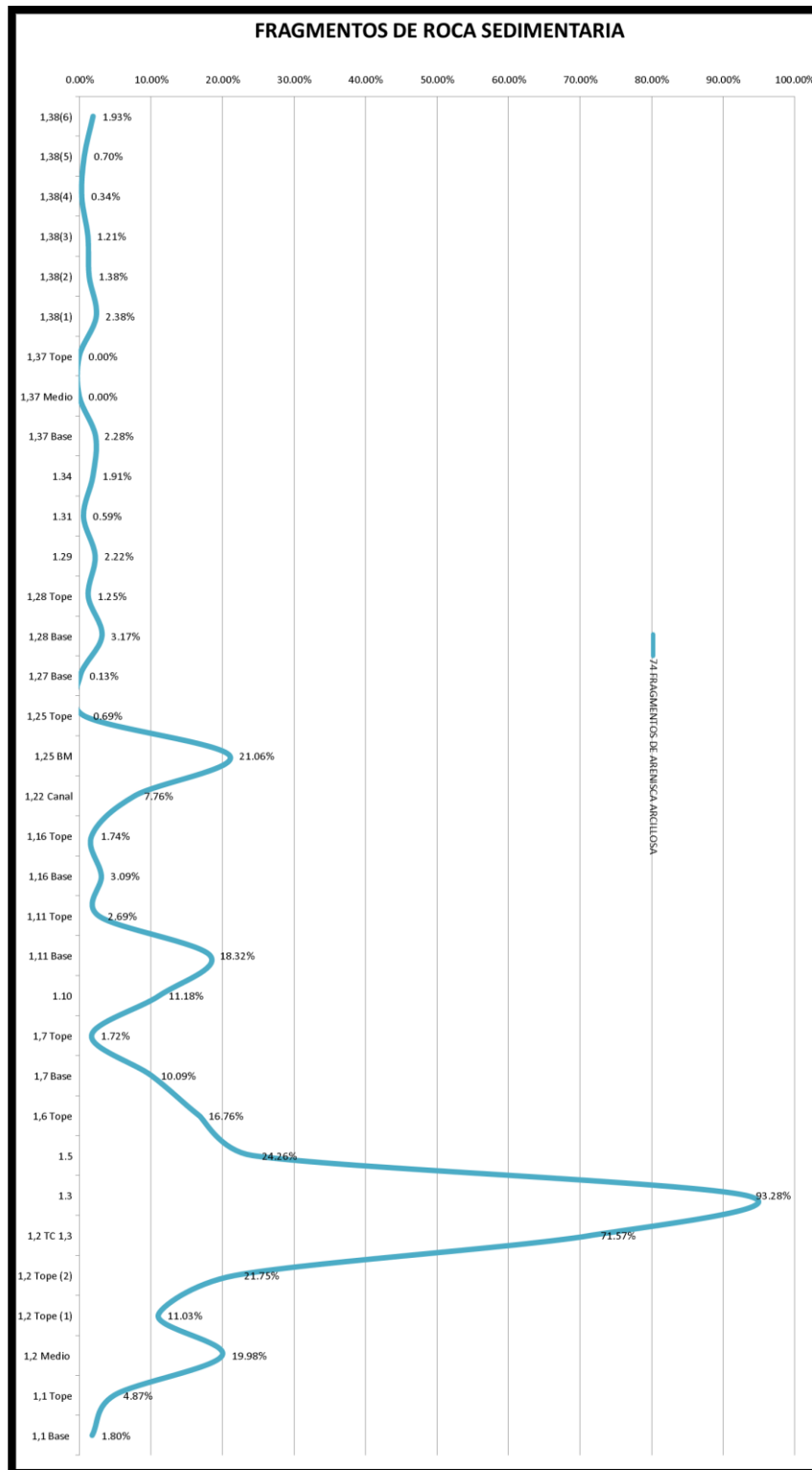
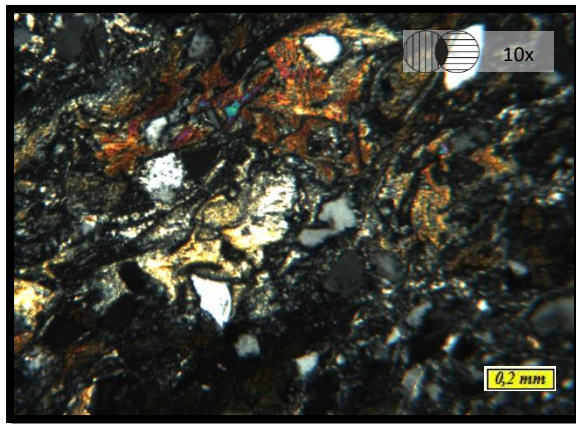


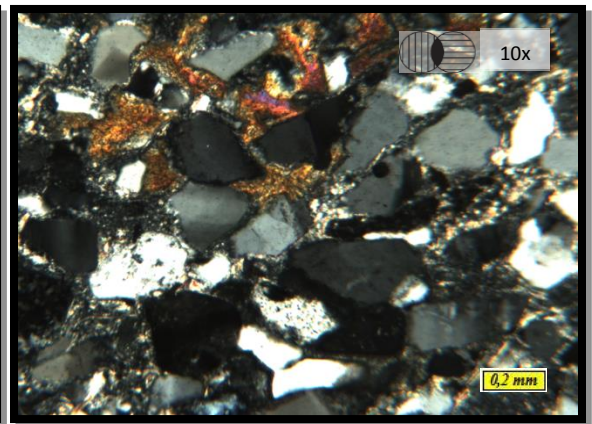
Grafico 6. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Fragmentos de rocas de Areniscas arcillosas, definidos bajo los parámetros de YORIS, 1989

5.1.1.4. EPIDOTO

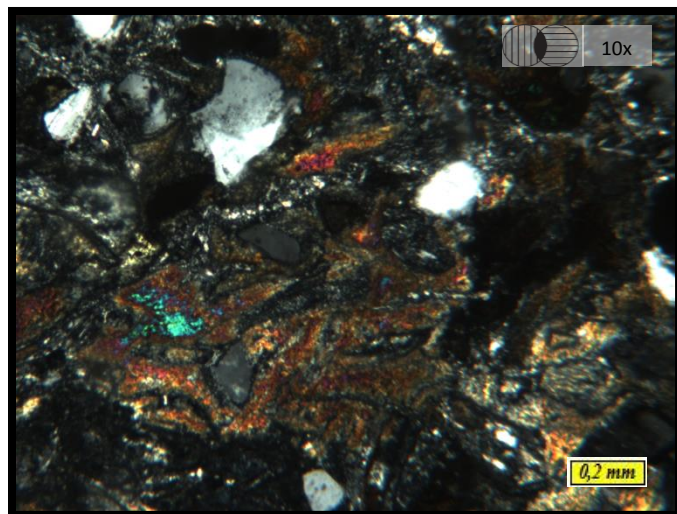
El epidoto (*ver fotomicrografías 8,9 y 10*) corresponde en promedio 3,86% de los granos de las muestras, presenta una tendencia a aumentar de base a tope, poseen un máximo (*ver gráfico 7*) en la muestra 1.27 Base donde el epidoto en función del área representa el 81,91% del total de elementos de la muestra. Se pueden observar de forma subangular, cristalográficamente poco desarrolladas, de color verde, con alto relieve; el mismo es asociado a el proceso de saussuritazion, formándose a expensas sobre todo de minerales ferro-magnesianos y a aportes de Ca, y a posibles eventos de hidrotermales.



Fotomicrografías 8. Epidoto. Muestra 1.31.
Epdt: Epidoto



Fotomicrografías 7. Epidoto. Muestra 1.34.
Epdt: Epidoto



Fotomicrografías 9. Epidoto. Muestra 1.27 Base. Epdt: Epidoto

La muestra 1.27 Base, posee el máximo pico de porcentaje referente al epidoto, el mismo corresponde al 81,91% (respecto al recalcado solo en función de epidoto) en función del área de la partícula, definido bajo los parámetros de **YORIS (1989)**.

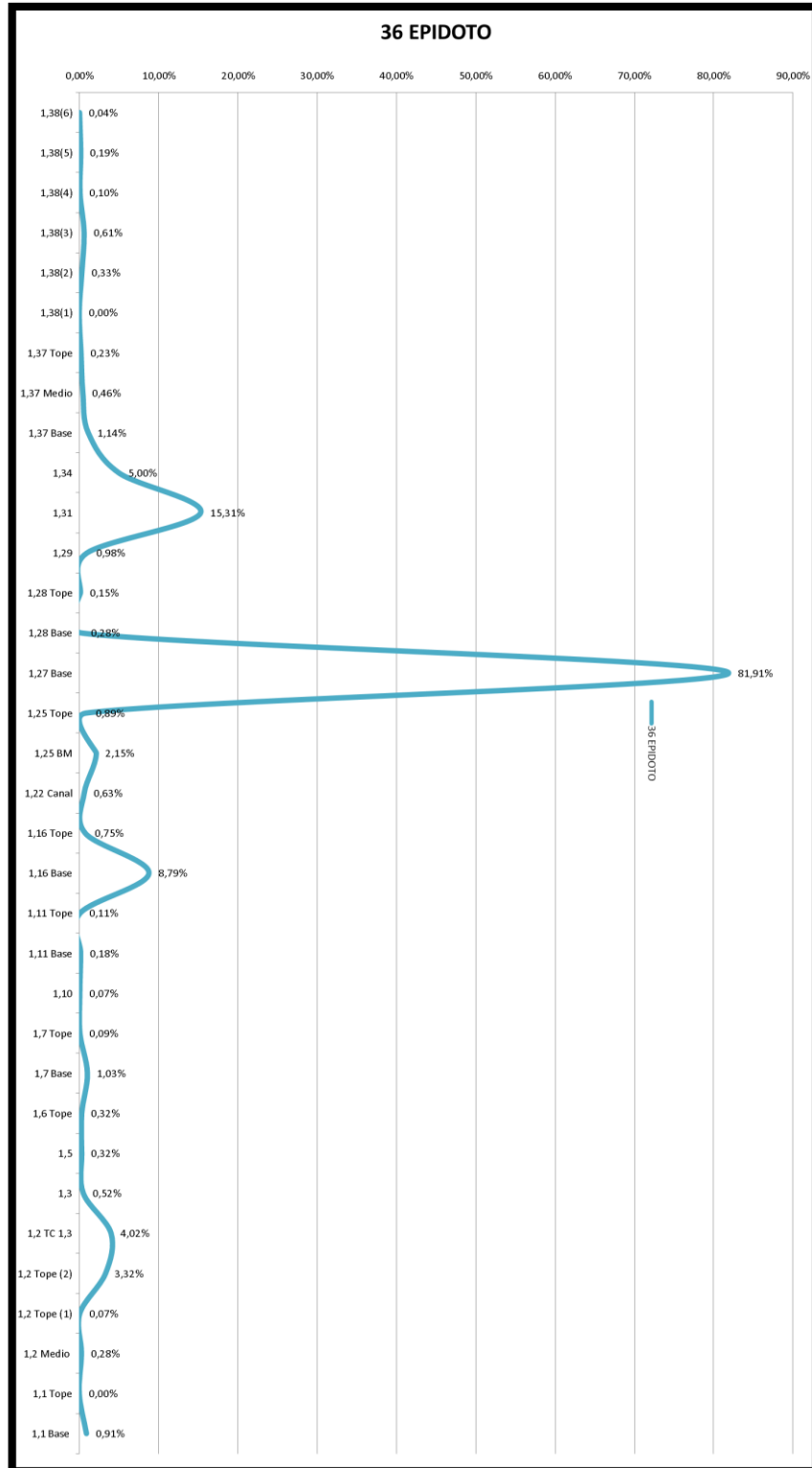
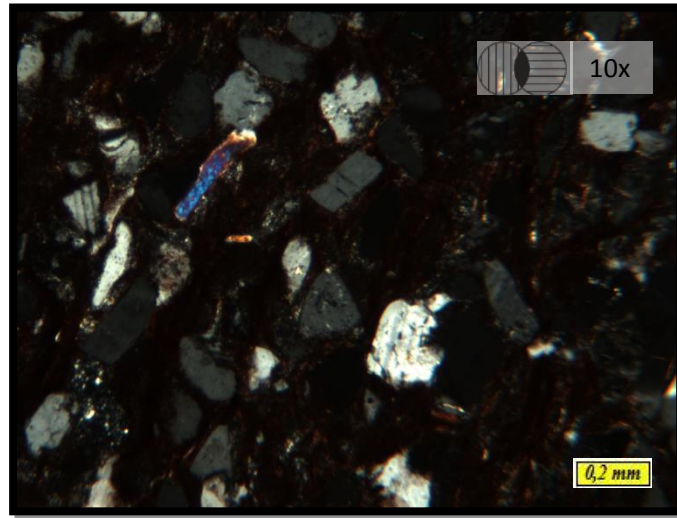


Gráfico 7. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Epidoto, definidos bajo los parámetros de YORIS (1989).

5.1.1.5. ACCESORIOS

MUSCOVITA

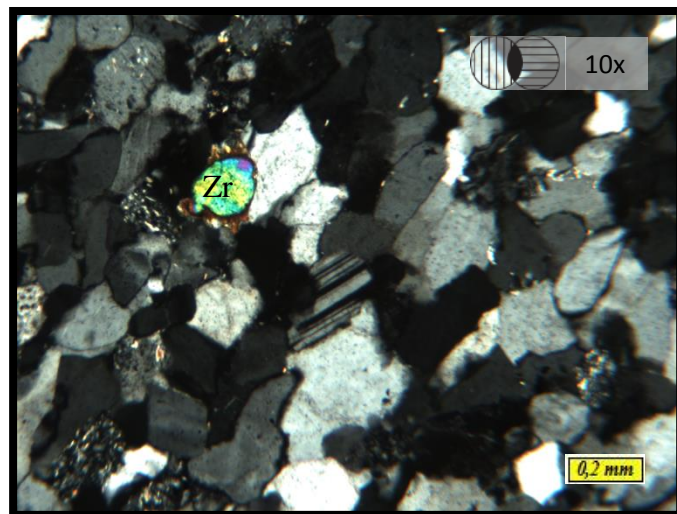
La muscovita (*ver fotomicrografías 11*) representa en promedio el 0,13% respecto al total de elementos que conforman el estudio, son alargadas y presentan dimensiones muy variadas, que van desde arena fina a muy fina, de bordes angulares, con esfericidad muy baja.



Fotomicrografías 10. Muscovita. Muestra 1.1 Base. Mus: Muscovita

ZIRCÓN

El zircón (*ver fotomicrografías 12*) posee tamaños arena de muy fina a fina, con bordes subredondeados y subangulares, corresponden al 0,13% en promedio del total de elementos en la columna, posee una tendencia (*grafico 8*) a aumentar de base a tope, donde su máximo pico de la muestras analizadas es de 0,65% correspondiente a la muestra 1.29.



Fotomicrografías 11. Zircón. Muestra 1.38 (6). Zr: Zircón.

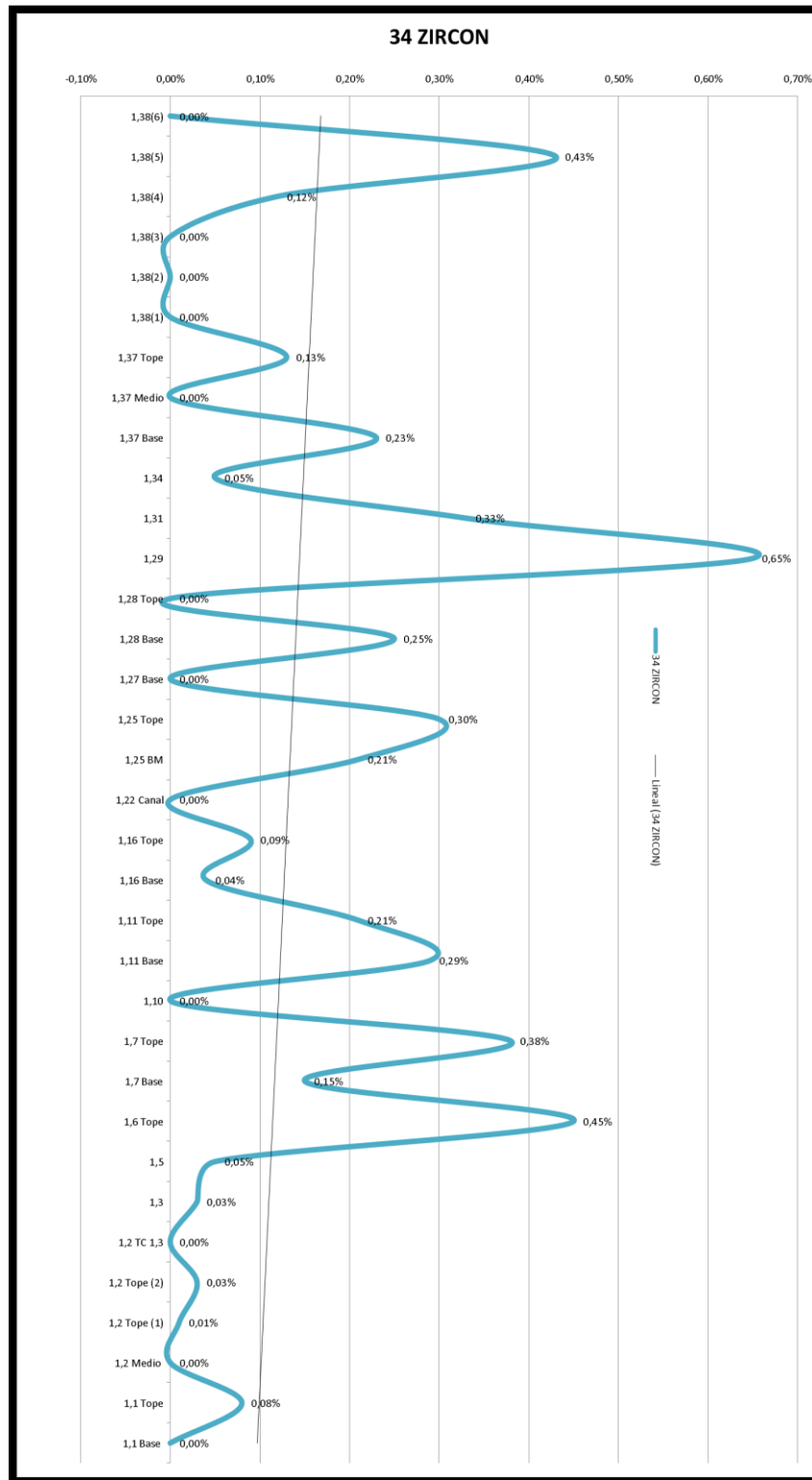


Gráfico 8. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Zircon, definidos bajo los parámetros de YORIS (1989).

MAGNETITA

Este óxido ferroso en el estudio apenas cuenta en promedio con el 0,06% respecto al total de elementos de la columna, se observan con su característico color oscuro y alto relieve, con alta esfericidad y tamaño de grano de fino a muy fino. Se presenta como granos irregulares, con bordes subredondeados, opacos a nícoles paralelos y cruzados, con un brillo negro azulado a la luz reflejada

5.1.1.6. MATRIZ

Según **FOLK y otros (1970)** se considera matriz a todo el material detrítico con tamaño de grano no mayor a 30 micras (0,03mm) que fueron depositados junto con los clastos mayores. Esta matriz clástica representa por lo general en el estudio valores menores al 15%. En general la matriz se compone de un conjunto de minerales de arcilla y fragmentos de cuarzo, feldspatos y escasos minerales opacos, que son depositados a la par con las partículas tamaño arena (**WILSON & PITTNAN, 1977**). A este tipo de matriz primaria **DICKINSON (1970)**, la denominó protomatriz.

La matriz observada en las muestras de areniscas y grauvacas se describe por su composición de minerales de arcilla, la misma es generalmente de rojiza, lo que sugiere la presencia de óxidos en su composición como, hematita, goethita y limonita, las cuales representan en promedio el 0,09% respecto al total de elementos de las muestras. Se observan en la matriz, generalmente en las muestras más al tope, que la matriz posee trazas de dióxido de titanio como lo son leucoxeno, esfena o rutilo, a las que corresponden el 0,09% del total de elementos, los mismos se observan generalmente como granos irregulares, opacos en nicoles paralelos y cruzados, de color blanco amarillento a la luz reflejada.

La matriz en promedio está compuesta por materiales limo-arcillosos indeterminados que corresponden al 16,29% respecto al total de elementos del estudio. La matriz describe una tendencia lineal a aumentar de tope a base como puede observarse en el *grafico9*.

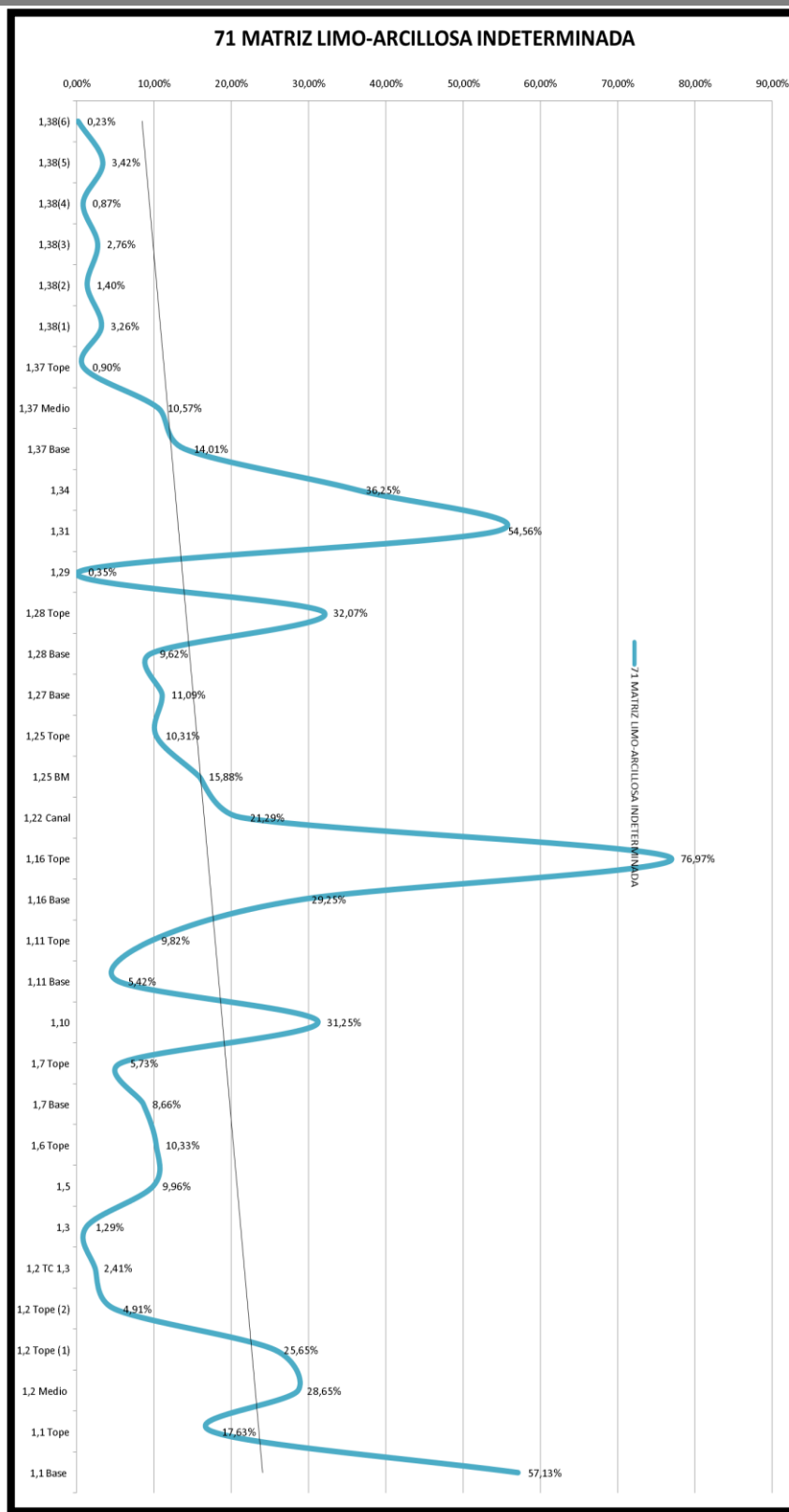


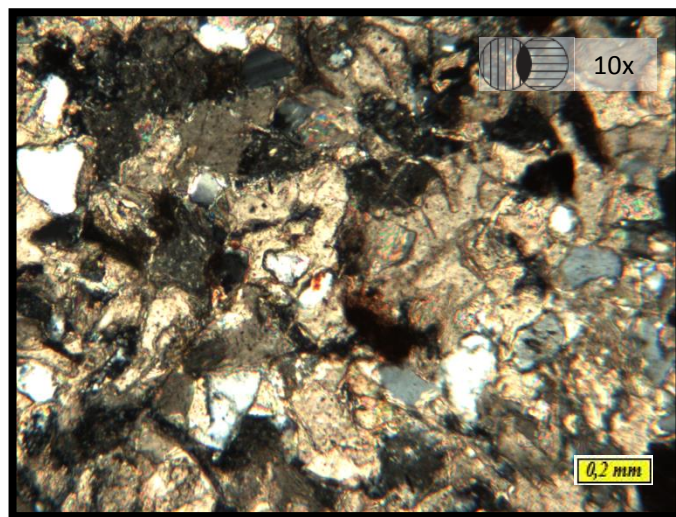
Grafico 9. Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Matriz, definidos bajo los parámetros de YORIS (1989).

MINERALES DE ARCILLAS

Los minerales de arcillas son muy comunes en la muestras, se presentan como componentes de la matriz, como cemento donde rodean los granos de materiales detríticos mostrando la clásica orientación perpendicular de las fibras respecto al grano o rellenando el espacio poral entre los clastos o fracturas. Los minerales de arcillas pueden ser caolinita, o illita/smectita, juntos representan apenas el 0,93% de los elementos, esto respecto al total de variables que conforman cada muestra.

5.1.1.7. CALCITA

La calcita (*fotomicrografías 13*) se presenta como parches entre los granos y sobre estos, en forma de espato generalmente, se genera como reemplazo de los granos detríticos en las areniscas y grauvacas, en promedio la calcita representa el 1,07% respecto al total de elementos que conforman la columna.



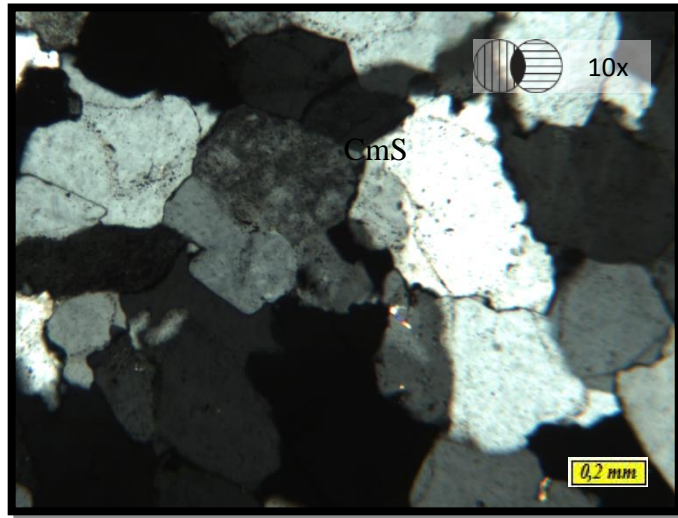
Fotomicrografías 12. Calcita. Muestra 1.1 Tope. Cal: Calcita

5.1.2. CEMENTO

Se identificaron los tipos de cemento presentes en las muestras de arenisca, grauvacas y lutitas, de acuerdo a su constitución y en orden de abundancia: sílice, minerales de arcilla y minerales de hierro.

5.1.2.1. CEMENTO DE SÍLICE

El cemento de sílice, con un 2,24%, es el más abundante en las muestras de areniscas y grauvacas analizadas. En ocasiones no es posible diferenciar los contactos reales entre granos, y resulta difícil diferenciarlo a simple vista, hecho que puede observarse en la *fotomicrografías 14*, este fenómeno se debe a que el cemento silicio como crecimiento secundario presenta continuidad óptica y cristalográfica.



Fotomicrografías 13. Cemento Silicio.Muestra 1.38 (6). CmS: Cemento Silicio

5.1.2.2. CEMENTO DE MINERALES DE HIERRO

Entre los cementos de minerales de hierro se tienen limonita, goethita y hematita como las más comunes en las muestras de areniscas y grauvacas, es usual que se encuentren relleno de poros, forros de granos y enmascarando la matriz.

5.1.2.3. CEMENTO DE MINERALES DE ARCILLA

Los minerales de arcilla son cementos muy comunes en los poros de las areniscas del estudio, sobre todo en las ubicadas en la base de la columna sedimentaria. Se razona que éstas lograron haberse originado por recristalización de arcillas detríticas (transformación) o por precipitación *in situ* como el producto de la disolución de minerales detríticos inestables (WILKINSON & STEVENS, 2003). En este último caso, la formación de arcilla autigénica involucra la nucleación y el aumento desde una solución acuosa supersaturada, conjuntamente con la disolución de minerales lábiles. De esta manera la formación de un mineral u otro según WORDEN & BURLEY (2003), depende de la composición detrítica del sedimento, de la tasa de meteorización “*in situ*” de los minerales

detríticos, del clima y de la composición de los fluidos porales. El cemento de arcilla en las muestras es más común en la unidad I (*ver anexos*), donde este cemento es predominante, coincidiendo con el mayor porcentaje de matriz y menor cantidad de cemento silicio.

5.1.3. POROSIDAD

La porosidad más común identificada es la porosidad por disolución de granos y matriz, con un promedio de 3-4%. Se pudo observar porosidad por fractura e inducida. En algunas muestras se presenta la porosidad por disolución de granos, este efecto es usual en granos sin distinción de estabilidad química. Es usual encontrar que los poros estén siendo rellenados por cemento de minerales de hierro

5.2. PROCESOS DIAGENÉTICOS

El siguiente capítulo denota la importancia que tienen los procesos diagenéticos que ejercieron efecto en las rocas y que han alterado en diferentes formas su textura y composición original

5.2.1. COMPACTACIÓN

La pérdida de porosidad correlativa con el cambio a empaquetamientos más apretados, es producto de la compactación por carga de soterramiento en las areniscas. En general estas se compactan mucho menos que las lutitas y limolitas, por dos motivos principales: a) en promedio las areniscas contienen mucha mayor cantidad de granos de cuarzos, que es casi indeformable en el rango de presión y temperatura en el que existen las rocas sedimentarias. b) las partículas finas de los fangos contienen inicialmente mayor cantidad de agua. (SANDOVAL, 2002)

La compactación mecánica domina hasta profundidades de alrededor de un 1km, dejando lugar luego a la compactación química, con dominio de la presión-solución. Alrededor de los 6km de profundidad promedio, la porosidad de las areniscas se reduce drásticamente a 0 (cero). El reconocimiento de los efectos de la compactación en las areniscas requiere analizar el tipo de porosidad presente, medir el empaquetamiento y estimar la deformación de los granos. (SANDOVAL, 2002)

Para las muestras del estudio pueden existir tener tres factores fundamentales que hablen de los efectos de la compactación en las mismas, el primer factor es *el escogimiento y el grado de redondez* de los granos, estos al ser bien escogidos y con grados de redondez entre medio a alto, pueden darnos evidencia de que las rocas en un principio poseían un alto índice de porosidad, ya que en granos con esta características es mayor la porosidad que en granos angulares poco redondeados. Otro de los factores que influyen es el *tamaño de la partícula*, ya que mientras más pequeños sean los sedimentos más rápidamente serán comprimidos los mismos, tal cual como ocurre con las areniscas del estudio la cual poseen tamaño de arena fina a muy fina. Por último, el grado de *madurez textural*, ya que la presencia de sedimentos finos, es decir, la matriz en las areniscas, influye también en la

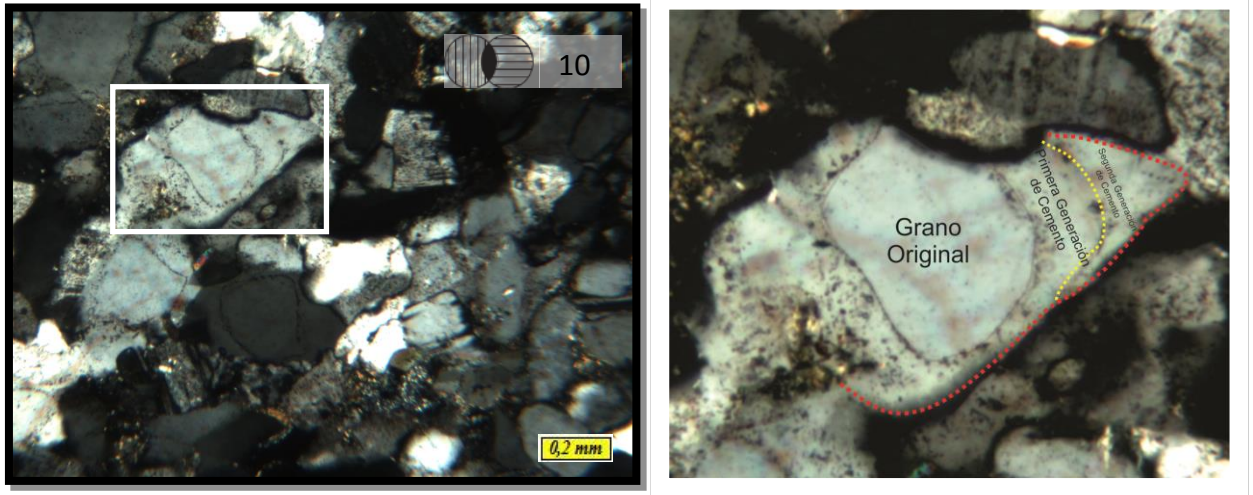
grado de compactación; para el caso de las areniscas del estudio la variación de la matriz, influyó en la capacidad de acomodarse de los granos, ya que el tope posee menos matriz que las muestras de la base, lo que evidencia que para una misma carga litostática, las muestras de la base con mayor porcentaje de matriz perdieron volumen y los granos pudieron reacomodarse, caso contrario para las areniscas del tope, ya que al poseer menor cantidad de matriz los granos no tuvieron espacio para reacomodarse, más sin embargo generó un apiñamiento de los granos que formó un gran porcentaje de contactos suturados y aumento del cemento silíceo.

En función de estos elementos, escogimiento, el grado de redondez, tamaño de la partícula y madurez textural podríamos determinar una compactación generalizada entre media a alta para el total de las muestras de la columna, siendo determinante también el porcentaje de matriz que se diferencian entre unidades, ya que la misma es determinante en el grado de madurez textural que se evidencia en las muestras y la diferencia entre ambas, en cuanto a contacto entre granos y formación de cemento silíceo.

5.2.2. CEMENTACIÓN

5.2.2.1. CEMENTO DE SÍLICE

La cementación (*ver fotomicrografías 15*) predominante en las muestras estudiadas es de sílice como sobrecrecimiento de granos detríticos de cuarzo en continuidad óptica y cristalográfica, este tipo de cemento se denomina Sintaxial, la cual es la más común. El sílice aparece en una gran variedad de formas diagenéticas y cristalinas, como cemento la forma más común y la única termodinámicamente estable en todas las condiciones diagenéticas. Para la aparición del sílice como cemento las etapas más probables serían eogénesis y la mesogénesis temprana (**WORDEN & BURLEY, 2003; RAIGEMBORN, 2007**), esto debido a que este proceso ocurriría al incrementar la temperatura y la profundidad, procesos para lo que se requiere altas concentraciones de sílice en las aguas porales. El cemento en el estudio corresponde en promedio al 2,24% del total de elementos de la columna, el cual muestra una tendencia a aumentar (*ver gráfico 10*) de base a tope.



Fotomicrografías 14. Cemento Silicio, de la muestra 1.38 (5).

En la vista de detalle puede observarse los bordes del grano original y dos generaciones de cemento separadas por las líneas punteadas roja (última generación de cemento silicio) y amarilla (primera generación de cemento silicio)

5.2.2.2. CEMENTO DE HEMATITA Y GOETHITA

Los cementos y pigmentos rojos en las areniscas del estudio se presentan como rellenos primarios de poros, como resultado de la precipitación a partir de una solución, como partículas de hierro microcristalinas depositadas junto con los clastos, o como iones de hierro absorbidos en la superficie de las partículas de arcillas. La mayor parte de la Hematita, el cemento más común presenten en las capas rojas, pueden generarse autigenicamente durante la eogénesis, distinguiéndose dos procesos principales: 1) alteración in situ de minerales ricos en hierro para formar óxidos de hierros hidratados, que posteriormente se deshidratan para formar hematita, 2) deshidratación de pigmentos de óxidos de hierro hidratados formados en los ambientes de meteorización o depositación, que también resulta en la formación de hematita como principal mineral autigenico.

La fuente más común de hierro son los minerales de las rocas ígneas y metamórficas, si bien en estos minerales el hierro se encuentra mayormente en estado ferroso, la oxidación durante la meteorización lo convierte rápidamente al estado férrico. La goethita es común en sedimentos jóvenes y tiende a transformarse en hematita durante la diagénesis.

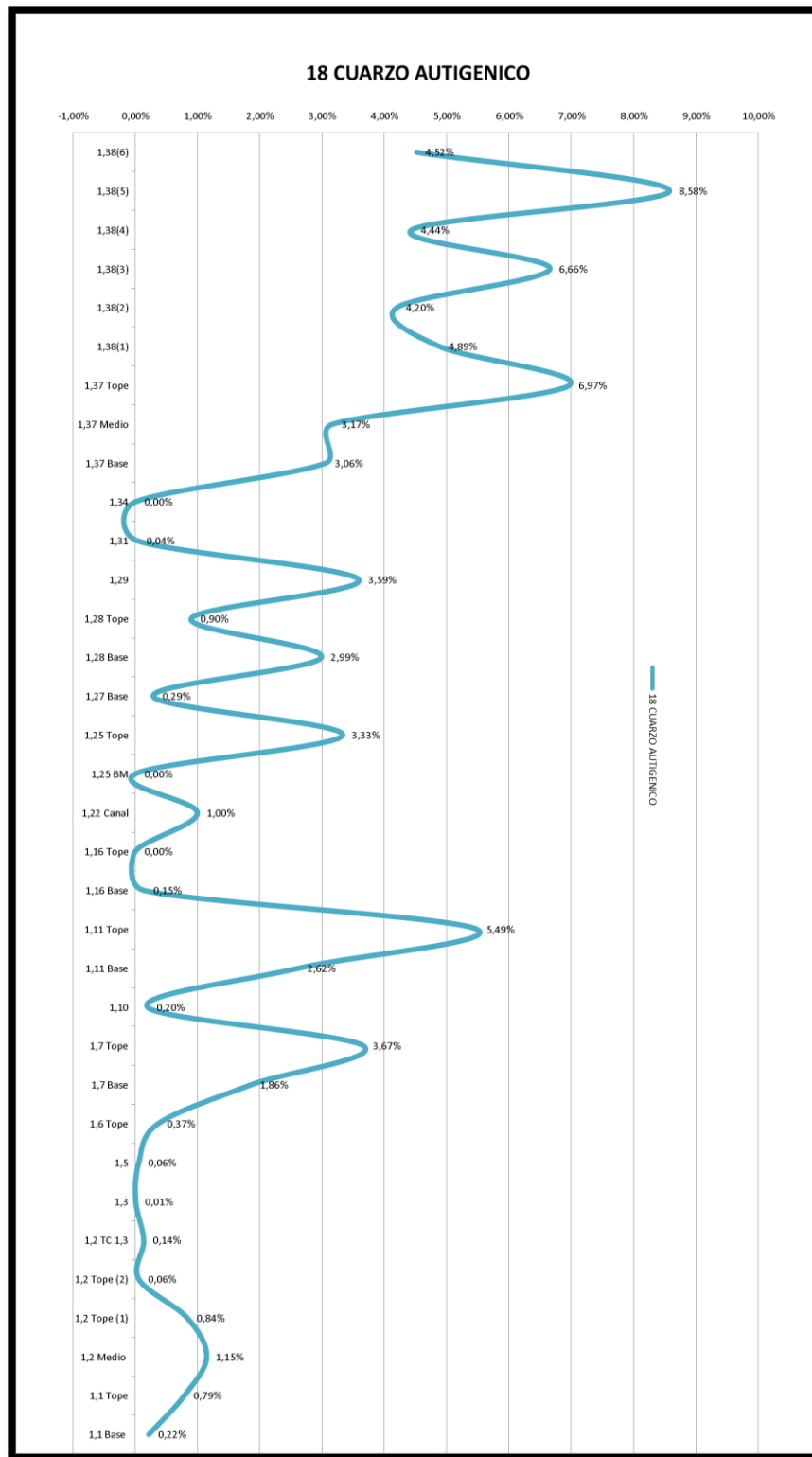


Grafico 10 Variación Vertical en la columna sedimentaria de los porcentajes de Sílice autígeno (Cemento Silicio), definidos bajo los parámetros de YORIS (1989)

Por la textura que presentan los óxidos en las muestras, rodeando de forma completa lo granos, se puede inferir que un porcentaje de los mismos sea de origen sinsedimentario, y otra porción que se muestra interrumpida por los contactos de granos sea de origen post-depositacional durante la diagénesis.

5.2.2.3. CEMENTO DE ARCILLAS

Las arcillas del estudio pudieron ser identificadas por microscopía óptica como en DRX; para este último estudio es difícil establecer en específico el mineral de arcilla encontrado pero se puede asegurar su presencia, ya que en la mayor parte de los resultados se encuentra el rango de *d-spacing* (4,46-4,48), el cual asegura la presencia de los principales minerales de arcillas, los cuales en el estudio corresponden a caolinita y el interestratificado de illita-smectita.

La esmectita y en menor medida la caolinita, son los minerales de arcillas diagenéticos más frecuentes. La esmectita se presenta como cemento envolvente de granos, mientras que la caolinita, en parte la esmectita y los escasos interestratificados de illita/esmectita se disponen como cemento relleno de poros y fracturas entre los clastos. **(RAIGEMBORN, 2007)**

5.2.2.4. CEMENTO DE CALCITA

Si bien el cemento de calcita es muy frecuente en las areniscas éste no es el caso de las areniscas estudiadas, ya que fueron descritas en escasas muestras.

Respecto al origen de los componentes requeridos para la formación del cemento carbonático, es posible que los materiales volcánicos de las areniscas jueguen un rol importante en la precipitación de estos cementos **(MORAD & DE ROS, 1994)**. El vidrio, las plagioclasas y los silicatos ferromagnesianos resultan altamente reactivos en contacto con agua, hidratándose y aportando iones de Ca^{+2} , Fe^{+2} y Mg^{+2} al sistema. El Fe^{+2} y el Mg^{+2} son incorporados de preferencia en la estructura de los minerales de arcillas, mientras que el Ca^{+2} se combina con el carbonato disuelto para formar calcita que precipitará como cemento **(DE ROS y otros, 1997)**.

La cementación de calcita con textura de tipo poiquilitica indica características de cementación tardía, bajo condiciones mesogenicas tempranas, llevando al decrecimiento de la porosidad intergranular. Esta calcita posiblemente refleje incrementos de pH en el sistema, cambio en la composición de las aguas hacia condiciones más alcalinas (**MORAD, 1998**) y oxidación termal de la materia orgánica (**MORAD y otros, 2000**)

La escasa proporción de cemento carbonático presente en las areniscas y grauvacas del estudio puede ser atribuida, como lo expresara **BLATT (1992)**, a una significativa contribución de CO₂ en el subsuelo, el cual se ocasiona producto de la desintegración parcial de la materia orgánica alojada en los poros de las areniscas. De este modo se produce un descenso del pH impidiendo la precipitación de la calcita o favoreciendo la disolución de la misma.

5.2.3. DISOLUCIÓN

La temperatura, salinidad, Eh y pH de las soluciones controlan la solubilidad de los minerales y por lo tanto su disolución o no. La disolución se presenta en las muestras generando la porosidad secundaria, al disolverse granos de feldespatos o matriz, esta posiblemente causada en su mayoría por la disolución de feldespato potásico con el aumento de la profundidad, lo que deriva en el uso del potasio en la transformación de esmectita a illita, proceso muy común en la diagénesis de rocas clásticas. (**RAIGEMBORN, 2007**)

5.2.4. LA ALTERACIÓN

Son reacciones en las que ocurre una disolución selectiva del material o fase sólida, mediante el cual el sólido o mineral no disuelto cambia su composición bien sea porque se han disuelto parte de sus componentes o porque la relación de sus componentes en la fracción del solido original varió por el proceso de alteración. Se reconocieron los siguientes procesos de alteración en el estudio:

LA SAUSSURITIZACIÓN es la alteración de las plagioclasas a epidoto. Las plagioclasas más cálcicas son estables a altas temperaturas y menos estables que las sódicas a bajas temperaturas, por lo que las plagioclasas cálcicas se alteran más fácilmente que la albita, liberando Ca y Al, para formar epidoto. (**WHITTEN & BROOKS, 1972**). Dicha

alteración puede observarse con mayor frecuencia en las muestras pertenecientes a la secciones 1.25, 1.27, 1.28, 1.29, 1.30 y 1.31 (*véase apéndice a*), donde se observa al epidoto con un color amarillo, en nicoles cruzados, y verde en nicoles paralelo, también se denota su relieve alto y forma irregular. Otra de las evidencias que indicaron la alteración por saussuritización, es la muy poca identificación en el estudio por difracción de rayos X, ya que al epidoto al proceder de una alteración incompleta es difícil identificarlo por el estudio, ya que aún posee propiedades ópticas de plagioclasas.

LA ALBITIZACION de los feldespatos es un proceso de reemplazo especial que incluye el reemplazo de plagioclasas cálcicas o de feldespato potásico, por albita. (**SANDOVAL, 2002**). Las plagioclasas en las muestras son muy comunes, pero el 99%, de las analizadas son identificadas como albitas, hecho frecuente a lo largo de la caracterización petrográfica para las muestras de la columna.

5.2.5. PRESIÓN-SOLUCIÓN

El principal proceso físico químico que afecta a los sedimentos después de su depositación, es el proceso de presión-solución, el cual no es más que la disolución de los minerales o materiales sedimentarios, por efecto del aumento de la presión litostática. Para **WALDSMIDT (1941)**, este proceso es muy común a grandes profundidades de soterramiento, es decir, en los estados diagenéticos avanzados y lo considera de gran importancia como proceso modificador de las características originales de las areniscas, por lo cual, dicho proceso ocasiona la disminución de la porosidad y permeabilidad después que la compactación mecánica pasa el límite del fracturamiento de las partículas dúctiles, ya que debido a la disolución de los granos en los puntos de contactos resulta una disminución del espacio del poro producto de la interpenetración de los mismos y a su vez una precipitación del sílice disuelto, que a su vez genera un sobrecrecimiento o relleno de poros.

El criterio utilizado para el reconocimiento de este proceso a través del microscopio polarizante, es la identificación petrográfica y semicuantitativa de los contactos suturados, ya que se cree que los mismos constituyen unos de los mecanismos más importantes en el aporte de sílice disuelto en los fluidos de poros y así se estimula la formación de sobrecrecimientos secundarios de cuarzo. (**SANDOVAL, 2002**)

El proceso de presión-solución es de importancia en la modificación de las características originales de los sedimentos durante la evolución de la diagénesis, ahora bien, el grado en el cual una arenisca se ve afectada por el proceso de presión-solución, dependerá de una serie de factores tanto intrínsecos de las areniscas como del medio diagenético. Estos son:

- 1) *Tamaño de las partículas y escogimiento o grado de clasificación*, el cual se refiere a la influencia que tiene el tamaño de la partícula en el mayor o menor desarrollo de la presión-solución, ya que existe una relación lineal entre el tamaño de grano y el volumen de cuarzo disuelto, el cual bajo las mismas condiciones de temperatura, a medida que el tamaño de grano disminuye, el volumen de cuarzo disuelto por presión-solución aumenta con respecto a las areniscas de grano más grueso, esto es producto de un número mayor de contactos entre granos.
- 2) *Morfología de las partículas*, **RITTENHOUSE (1971)**, sugiere que el grado de esfericidad no es un factor importante en la mayor o menor proporción de presión-solución, mientras que el grado de redondez sí, ya que en partículas más angulares, mayor será el efecto de presión-solución que en aquellas redondeadas. **PITTMAN (1979)**, mencionó en su trabajo, que mientras los granos son más angulares y más finos, son más susceptibles a las presión-solución, tal y como sucede en el estudio.
- 3) *Fábrica de los componentes*, **RITTENHOUSE (1971)** investigó distintas formas de empaquetamiento con partículas de diferente tamaño, escogimiento, esfericidad y redondez, y encontró que ningún tipo de empaquetamiento, ni variación de la esfericidad, redondez y escogimiento, causaban mayor efecto de presión-solución, que el modelo de empaquetamiento ortorrómbico.
- 4) *Contenido de Arcilla*, se ha determinado que es muy importante no solo la cantidad sino, además, el tipo de arcilla presente, de las cuales, el grupo de illita es uno de los mayor influencia.
- 5) *Profundidad de soterramiento*, a medida que aumenta la profundidad, se incrementan los tipos de contactos entre granos debido al aumento de la presión litostática, encontrando que a mayor profundidad había una mayor proporción de contactos del tipo cóncavo-convexos y suturados que a una profundidad menor, donde se encuentran del tipo longitudinal y puntual.
- 6) *La temperatura*, afecta en especial a las partículas de cuarzo, ya que el volumen de cuarzo disuelto por efectos de presión-solución es mayor en areniscas de mayor madurez térmica, es decir que a una misma profundidad de soterramiento pero con diferentes temperaturas para areniscas de un mismo tamaño de grano, se interpretan diferentes efectos de la presión-solución, por lo que la influencia de la temperatura es de mayor importancia que el efecto de la presión absoluta.
- 7) *Tipos de*

contactos, dependiendo de la profundidad de soterramiento, se pueden definir varios tipos de contactos, para este estudio se resaltaron (*ver gráfico 11*) dos por encima de los demás tipos, los primeros recorren la columna desde la base hasta la zona media de la columna, estos son los contactos del tipo tangencial o puntual, lo cuales también pueden ser denominados como contactos flotantes, son el resultado del empaquetamiento original. Los contactos flotantes son aquellos que no presentan contactos en el plano de la sección fina pero están soportados por otros granos o cemento; se puede interpretar de la cantidad encontrada en el estudio que la cementación probablemente ocurrió en un ambiente donde la suspensión de las partículas sedimentarias estuvo en un medio químicamente denso, gel silicio, que no permitió un empaquetamiento más cerrado de las arenas, o que los granos fueran empujados aparte por precipitación de cemento cristalino. El segundo tipo de contacto más común en el estudio, corresponde en casi su totalidad a las muestras al tope de la columna, estos son contactos suturados, los cuales resultan de la solución en los puntos de contactos entre granos que producen una línea aserrada de contacto en el plano de la sección fina. La continuación de este proceso, bajo un incremento de la solución diferencial, puede formar microestilolitas.

En vista de los factores que influyen la presión-solución, se puede dividir la columna (*ver gráfico 33*) del estudio en dos secciones, donde los factores más dominantes son Tamaño de la partícula y escogimiento, contenido de arcilla y tipos de contactos.

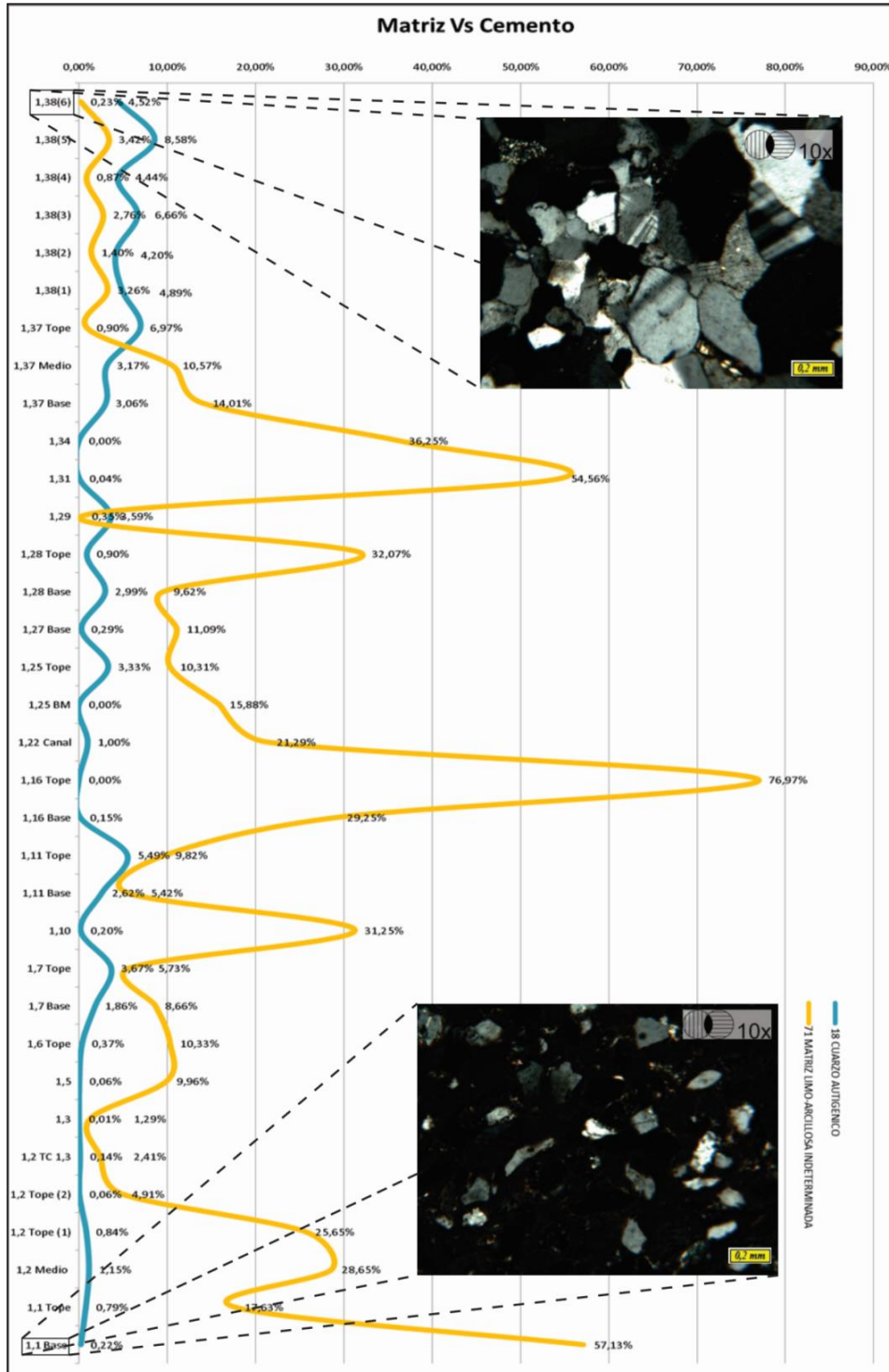


Gráfico 11. Variación Vertical del contraste que existe entre los porcentajes de matriz y cemento silicio, además de las diferencias en las muestras en la base y el tope respecto al tipo de contactos y su respectivo porcentaje de matriz. Tomado de WORDEN & BURLEY (2003)

5.3. ETAPAS DIAGENÉTICAS

Los mecanismos fundamentales para que se produzcan las reacciones diagenéticas son el fluido de poro, la temperatura y la presión. La evidencia empírica sugiere que esta secuencia de parámetros es el orden de importancia para controlar las reacciones diagenéticas.

El tiempo es un componente crítico en las reacciones diagenéticas. Las reacciones diagenéticas tempranas pueden ser extremadamente rápidas, como la cementación marina en carbonatos y areniscas que tienen lugar durante algunas décadas.

El concepto de régimen diagenético se refiere a un amplio marco de procesos de evolución (*ver gráfico 12*) en las cuencas sedimentarias. Se reconocen tres regímenes conceptuales:

- ***Eogenesis***: equivale a la diagénesis temprana, este régimen incluye todos los procesos que ocurren en o cerca de la superficie, donde los sedimentos están controlados por la química de las aguas intersticiales y el ambiente depositacional original. La eogenesis puede ser definida en términos de profundidad de enterramiento, donde el límite de profundidad máximo es de 1 a 2 km, sabiendo que el gradiente geotérmico varía entre 20 y 30°C km⁻¹, a diferencia de la superficie donde la temperatura media es de 10°C (**WORDEN & BURLEY, 2003**).
- ***Mesogenesis***: ocurre durante el enterramiento y se define como todos aquellos procesos diagenético que ocurren una vez ha pasado la influencia del ambiente depositacional y las primeras etapas del metamorfismo de bajo grado. Generalmente para esta etapa, el enterramiento se da entre los 100m y los 1000m, profundidad a la cual son equivalentes rangos de temperatura de entre 200 a 250°C. La mesogénesis a menudo se denomina diagénesis de entierro. Los principales factores que influyen en la mesogenesis incluyen: La evolución temporal de la temperatura, el incremento de la presión geostática y la geoquímica del agua intersticial. El límite entre eogenesis y mesogenesis se puede definir en términos de profundidad y temperatura (**MORAD y otros, 2000**), la cual comienza entre 1 a 2 km, a temperaturas de 30 y 70°C (**WORDEN & BURLEY, 2003**).

- Telogenesis:** ocurre cuando una pila sedimentaria es levantada y su parte superior erosionada, entonces las asociaciones de la parte remanente, que fueron formadas en mesogenesis, son llevadas a un ambiente de menor temperatura y presión, y pueden llegar hasta la misma superficie. Las modificaciones minerales de las asociaciones minerales pueden ocurrir a cierta profundidad bajo la superficie o en la misma, por procesos de meteorización, con alteración y disolución de cementos o formación de otros nuevos. Otro de los cambios diagenéticos observados, que han sido atribuidos a la modificación telogenética, incluyen la oxidación y destrucción de la materia orgánica, la oxidación de carbonatos de hierro para formar óxidos y eventualmente hematita, la disolución de piroxenod y anfíboles y otros minerales pesados durante la meteorización, y la alteración de feldspatos detríticos. (WORDEN & BURLEY, 2003)

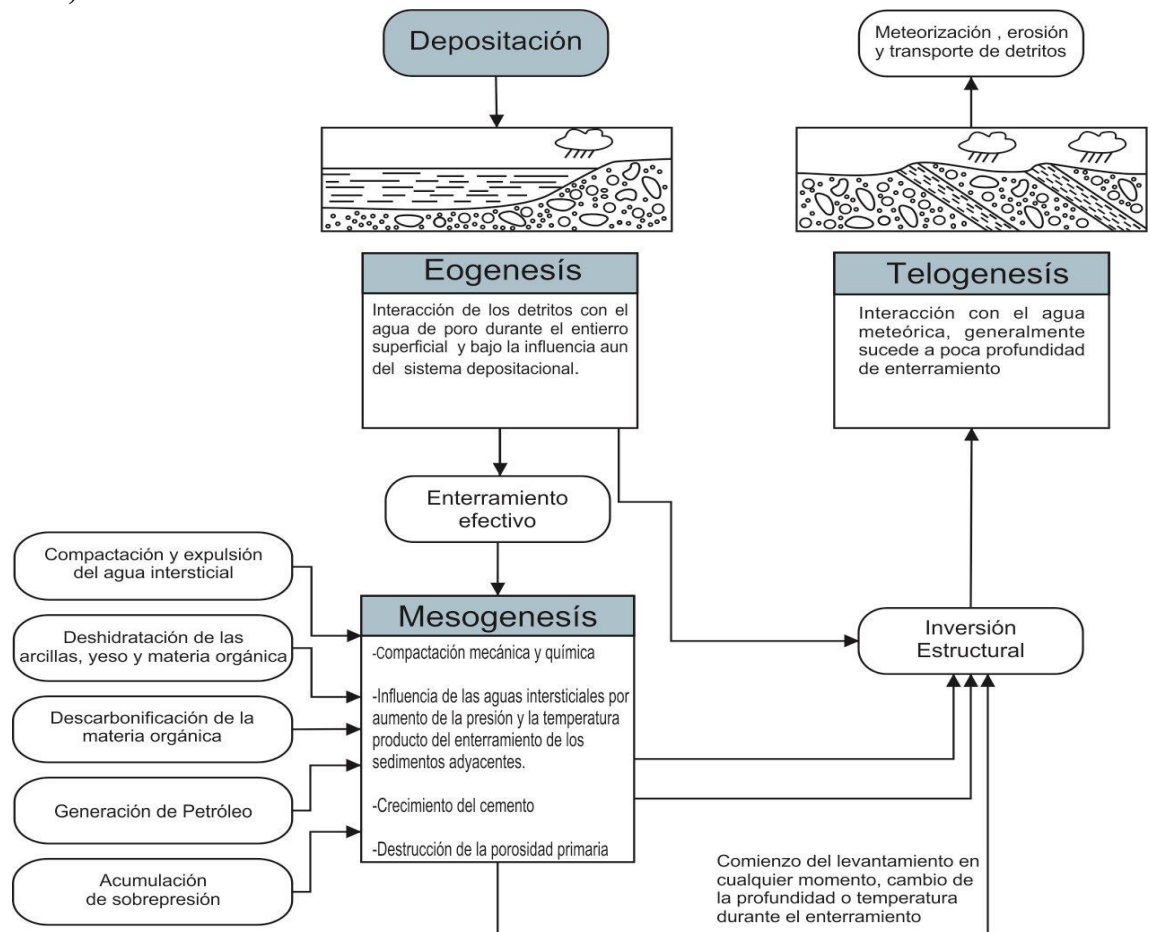


Grafico 12. Diagrama de flujo que muestra los vínculos entre los regímenes diagenéticos. El cambio de mesogénesis a telogénesis puede ocurrir en cualquier momento durante el entierro. Telogénesis (proceso relacionado con el levantamiento), solo ocurre cuando las aguas superficiales penetran en la cuenca invertida y causan diversas reacciones minerales.

Para las muestras del estudio se pueden establecer que las mismas pertenecen a un régimen **MESOGENICO**, el cual, cuando el efecto del ambiente depositacional deja de ejercer una influencia importante y finalizan los procesos de disolución o reemplazo de los componentes inestables, entonces los sedimentos alcanzan un estado de cuasi-equilibrio, es allí donde comienzan a activarse otros parámetros, como es el aumento de la temperatura y las presiones geostáticas. Si bien el límite entre la eogénesis y la mesogénesis se ubica donde el sedimento está soterrado a profundidades en las cuales se encuentra aislado de las aguas superficiales, esta ocurre generalmente en sedimentos que se encuentran enterrados entre los 100m y 1000m con temperaturas equivalentes a los 200⁰C hasta 250⁰C.

A continuación se describen algunos aspectos que sustentan la interpretación de este régimen diagenético en la columna sedimentaria:

- La ausencia de sanidina, ortosa y las plagioclasas cálcicas, son evidencia de un fuerte proceso de disolución y alteración. La casi exclusiva representación de Feldespato está reflejada en la presencia de Albita y Microclino, ya que debido a su estructura ordenada son mucho más estables en estas condiciones diagenéticas.
- La albitización de los feldespatos cálcicos y potásicos es un fenómeno corriente en areniscas sometidas a soterramiento profundo con altas temperaturas diagenéticas.
- La presencia de contactos suturados en el tope de la columna producto de la disolución en los puntos de contactos entre granos, produciendo una línea aserrada de contacto; esto ocurre bajo un incremento de la presión litostática.
- La presencia de cemento silicio, inclusive en diferentes niveles de cementación, como indicio de incremento en las temperatura (alrededor de 200⁰C) y de soterramiento a altas profundidades, para que el mismo se genere, es necesaria grandes concentraciones de sílice disuelto en las aguas porales para posteriormente al alcanzar los parámetros de temperatura y profundidad, ya mencionados, precipite el cemento de cuarzo. Cabe destacar que parte de la saturación de sílice en las rocas también están asociado a la disolución de partículas silíceas por alteración de silicatos y fragmentos de rocas, sobre todo de origen volcánico.

Son evidentes las diferencias del presente estudio en porcentaje de cemento, matriz y tipos de contacto entre granos entre las unidades, tanto así que parecieran proceder de regímenes diagenéticos distintos.

La explicación del porqué difieren entre si las unidades se encuentra en la posible discrepancia que existe entre las cantidades de matriz y sus densidades; la unidad II (*véase columna en anexos*) posee una menor cantidad de matriz, y a menor cantidad de matriz y siendo menos densa, los procesos diagenéticos pueden ser más acentuados lo que la hace más propensa a sufrir reorganización de las partículas, deformación y trituramiento, tal como se puede observar al tope de la columna. La unidad I posee en promedio mayor cantidad de matriz y al ser más densa es menos propensa a la reducción de la porosidad y permeabilidad original. Otro de los aspectos que pudieron acentuar esta diferencia corresponde a los porcentajes de líticos volcánicos, los cuales representan el menor porcentaje en la unidad I, se puede inferir la ausencia de los mismo debido a que estos pudieron compactarse y alterarse rápidamente a arcilla, ya que las rocas volcanoclasticas suelen presentar alta porosidad lo que favorece la migración de fluido y, por lo tanto, la presencia de estos líticos pueden acentuar y acelerar los procesos de presión-solución y alteración por el carácter amorfo de los componentes vítreos y su reactividad.

5.4. PETROGRAFÍA SEDIMENTARIA

La petrografía sedimentaria es el análisis microscópico para determinar la composición mineralógica y textura, aspectos que son fundamentales para el estudio de rocas sedimentarias. El análisis consistió en la observación y determinación de la composición de los fragmentos tanto monominerales como poliminerales. El método petrográfico utilizado para determinar cuantitativamente la composición de los granos de arena fue como se mencionó en el capítulo anterior, el conteo modal por medio del programa MODALMUN. BAS (YORIS, 1989). La información obtenida del análisis petrográfico proporcionó un gran soporte a las observaciones de campo y a su vez esta información fue complementada con los resultados adquiridos en el estudio de difracción de rayos X. La tipificación de las muestras se efectuó a partir de un estudio petrográfico que contó con un conteo modal de no menos de trescientos (300) puntos para cada una de las muestras analizadas. A partir del conteo modal se obtuvo la descripción cuantitativa de los componentes principales de cada muestra y se clasificaron litotipos, obtenidos según los triángulos Q-F-L de **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1973)**. En el *gráfico (13)* puede observarse la distribución porcentual de los tipos de areniscas estudiados, donde las areniscas (52%) predominan sobre las Grauvacas (30%) y Lutitas (18%).

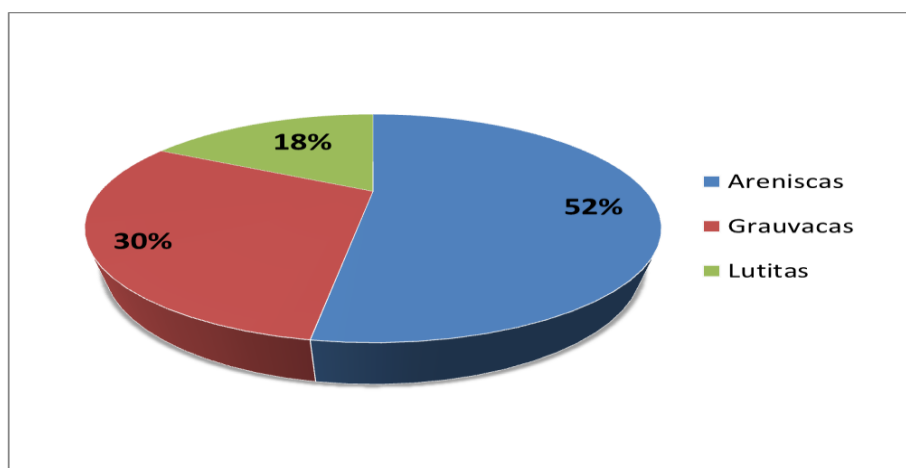
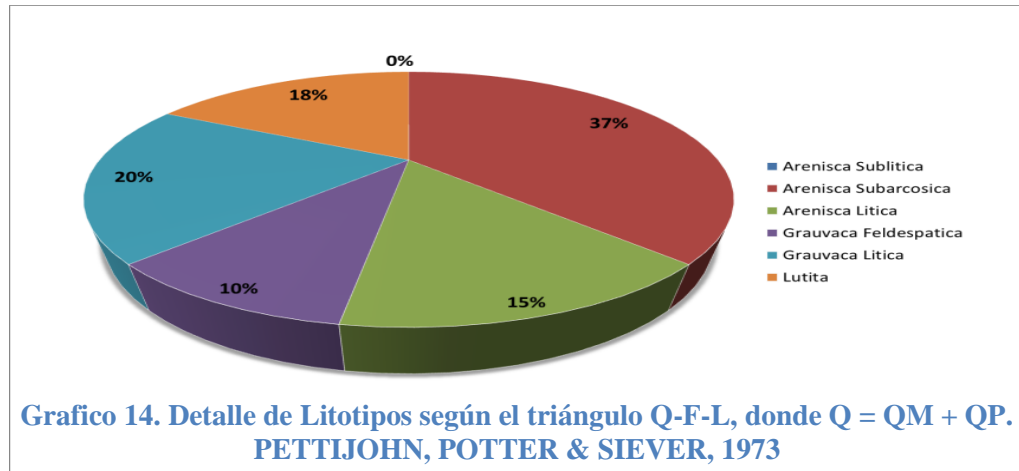


Gráfico 13. Distribución porcentual de los litotipos obtenidos, clasificadas según los parámetros de PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)

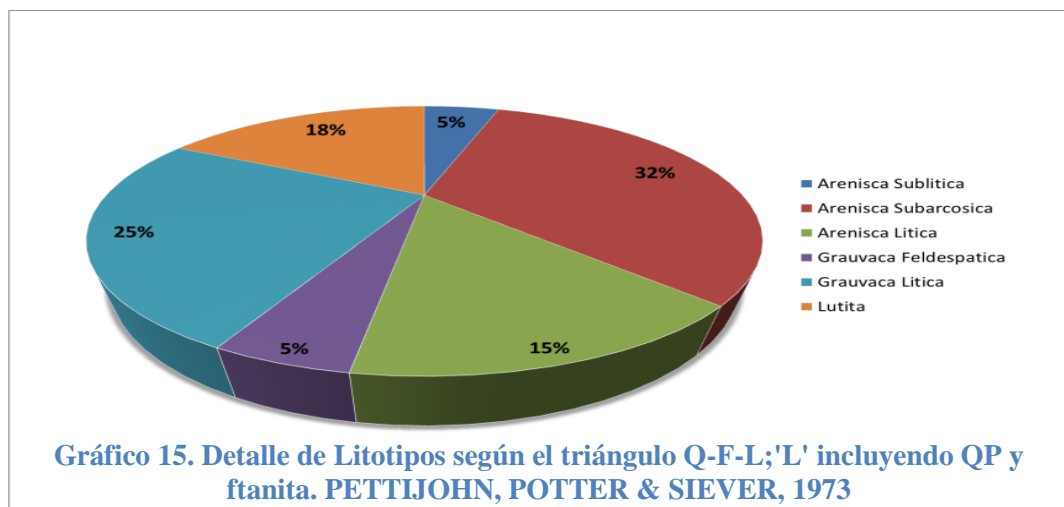
Tabla 4. Tabla resumen de litotipos, en funcion de los parametros de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER, 1973.

			Nombre de la roca segun el triangulo Q-F-L, donde Q = QM + QP. PETTIJOHN, POTTER y SIEVER, 1973	Nombre de la roca segun el triangulo Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita. PETTIJOHN, POTTER y SIEVER, 1973
Unidad II	1.38	1,38(6)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Sublitica
		1,38(5)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,38(4)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,38(3)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,38(2)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,38(1)	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
	1.37	1,37 Tope	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,37 Medio	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,37 Base	Grauvaca Feldepatica	Grauvaca Feldepatica
	1.36			
	1.35	1.35	Lutita	Lutita
	1.34	1.34	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica
	1.33			
	1.32			
1.31	1.31	Grauvaca Feldepatica	Grauvaca Litica	
Unidad I	1.30	1.30	Lutita	Lutita
	1.29	1.29	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
	1.28	1,28 Tope	Grauvaca Feldepatica	Grauvaca Feldepatica
		1,28 Base	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
	1.27	1,27 Base	Arenisca Subarcosica	Arenisca Sublitica
	1.26			
	1.25	1,25 Tope	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica
		1,25 Base	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica
	1.24			
	1.23			
	1.22	1.22	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica
	1.21			
	1.20			
	1.19		Lutita	Lutita
	1.18			
	1.17			
	1.16	1,16 Tope	Lutita	Lutita
		1,16 Medio	Lutita	Lutita
		1,16 Base	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica
	1.15			
	1.14			
	1.13			
	1.12			
1.11	1,11 Tope	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica	
	1,11 Base	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
1.10	1.10	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica	
1.9				
1.8	1.8	Lutita	Lutita	
1.7	1,7 Tope	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica	
	1,7 Base	Arenisca Subarcosica	Arenisca Subarcosica	
1.6	1,6 Tope	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
1.5	1.5	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
1.4				
1.3	1.3	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
1.2	pe Contacto c	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
	1,2 Tope(2)	Arenisca Litica	Arenisca Litica	
	1,2 Tope(1)	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica	
	1,2 Medio	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica	
1.1	1,1 Derecha	Lutita	Lutita	
	1,1 Tope	Grauvaca Litica	Grauvaca Litica	
	1,1 Base	Grauvaca Feldepatica	Grauvaca Litica	

Los litotipos obtenidos se muestran organizados de tope a base en la *tabla (4)*, donde también se pueden observar a que unidad, capa y muestra pertenece cada litotipo, también se discrimina en color las clasificaciones de areniscas obtenidas. Las unidades I y II en la la tabla están en función de los parámetros estratigráficos descritos por **VELEZ (2012, comunicación informal)**, que también pueden observarse en la columna de la sección (*véase anexos*)



La distribución porcentual de los litotipos se puede observar en el *gráfico (13)*, en donde se encontraran dos parámetros de **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973**, en el primero (*ver gráfico 14*) $Q = QM + QP$, donde no se observa una tendencia definida en función de la distribución porcentual de los litotipos, que se muestra a continuación: las Areniscas Subarcosicas como litotipo predominante con un 37%, Grauvacas Líticas (20%), Lutitas (18%), Areniscas Líticas (15%) y Grauvaca Feldespática (10%)



Para el segundo parámetro (*ver gráfico 15*) donde en 'L' se incluyen QP y ftanita, se mantienen los porcentajes de Areniscas respecto a las Grauvacas y Lutitas. Se puede observar una variación entre las grauvacas feldespáticas y líticas donde la disparidad porcentual es mayor ya que las Grauvacas líticas aumentan un 5% y las Grauvacas Feldespáticas disminuyen 5% sobre el patrón anterior. Al igual que el patrón anterior las Areniscas Subarcosicas son predominantes pero esta vez con un 32% sobre el resto de los litotipos, Grauvacas Líticas (25%), Lutitas (18%), Areniscas Líticas (15%), Grauvacas Feldespáticas (5%) y Areniscas Sublíticas (5%).

A continuación se describen brevemente cada uno de los litotipos hallados en cada una de las unidades sedimentarias.

5.4.1. ARENISCA SUBARCÓSICA

Las areniscas del estudio, clasificadas (véase gráfico 16) bajo los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)** poseen un tamaño de grano promedio de 0.073mm, lo que las ubica en el rango de Arenas muy finas, los granos están muy bien escogidos; en cuanto a su forma se pueden describir dos tipos de granos una porción de granos subredondeados y otra porción de granos subangulares. Las Areniscas Subarcósicas del estudio pueden separarse en dos grupos (ver gráfico 17) el primero (ver figura 20), compuesto por toda la sección 1.38 y las muestras 1.37 Tope y 1.29, las cuales poseen contactos suturados, abundante cemento silicio y el porcentaje de matriz es escaso; el segundo grupo (ver figura 21) está compuesto por las muestras 1.37 Medio, 1.28 Base, 1.27 Base, 1.25 Tope, 1.11 Tope, 1.7 Tope y 1.7 Base, para las cuales el porcentaje de matriz es mayor, el porcentaje de cemento silicio es escaso respecto al primer grupo y los contactos entre granos en su mayoría son tangenciales y puntuales.

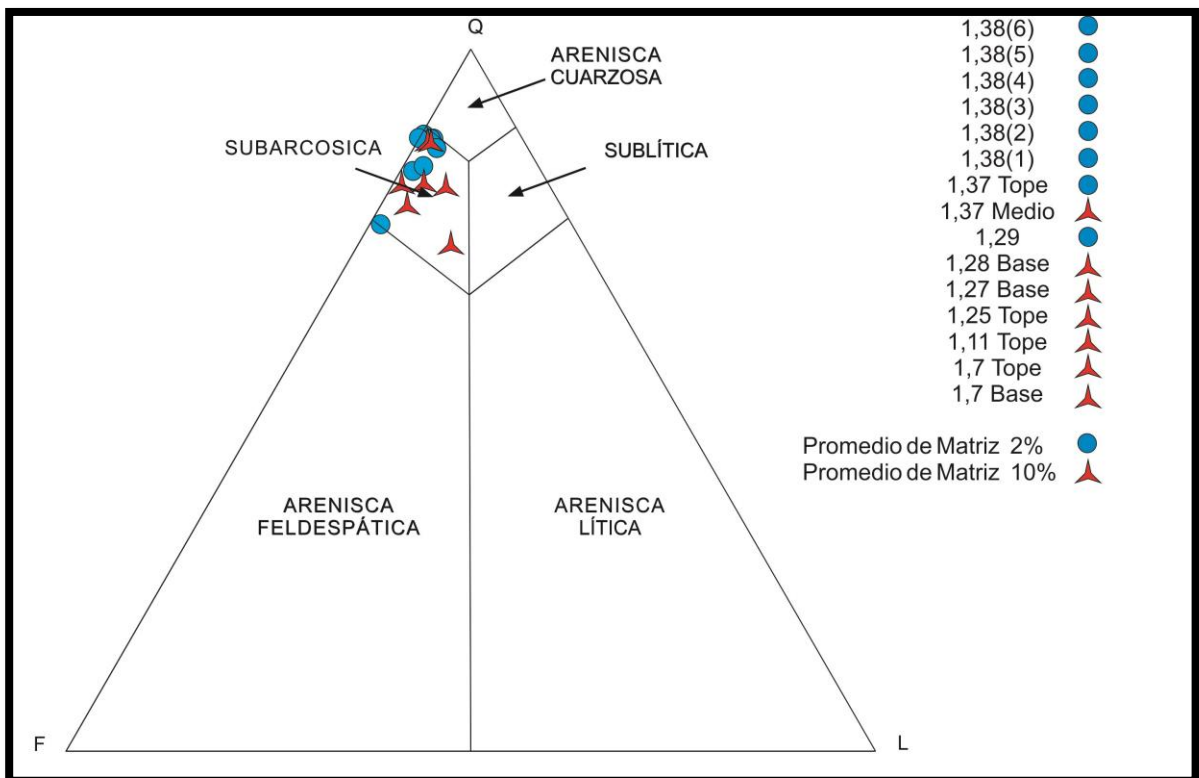


Grafico 16. Diagrama Triangular. Areniscas Subarcósicas. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)

En el diagrama triangular se discriminan dos grupos en función de la cantidad de matriz, aspecto que hace que las mismas difieran entre sí en la textura

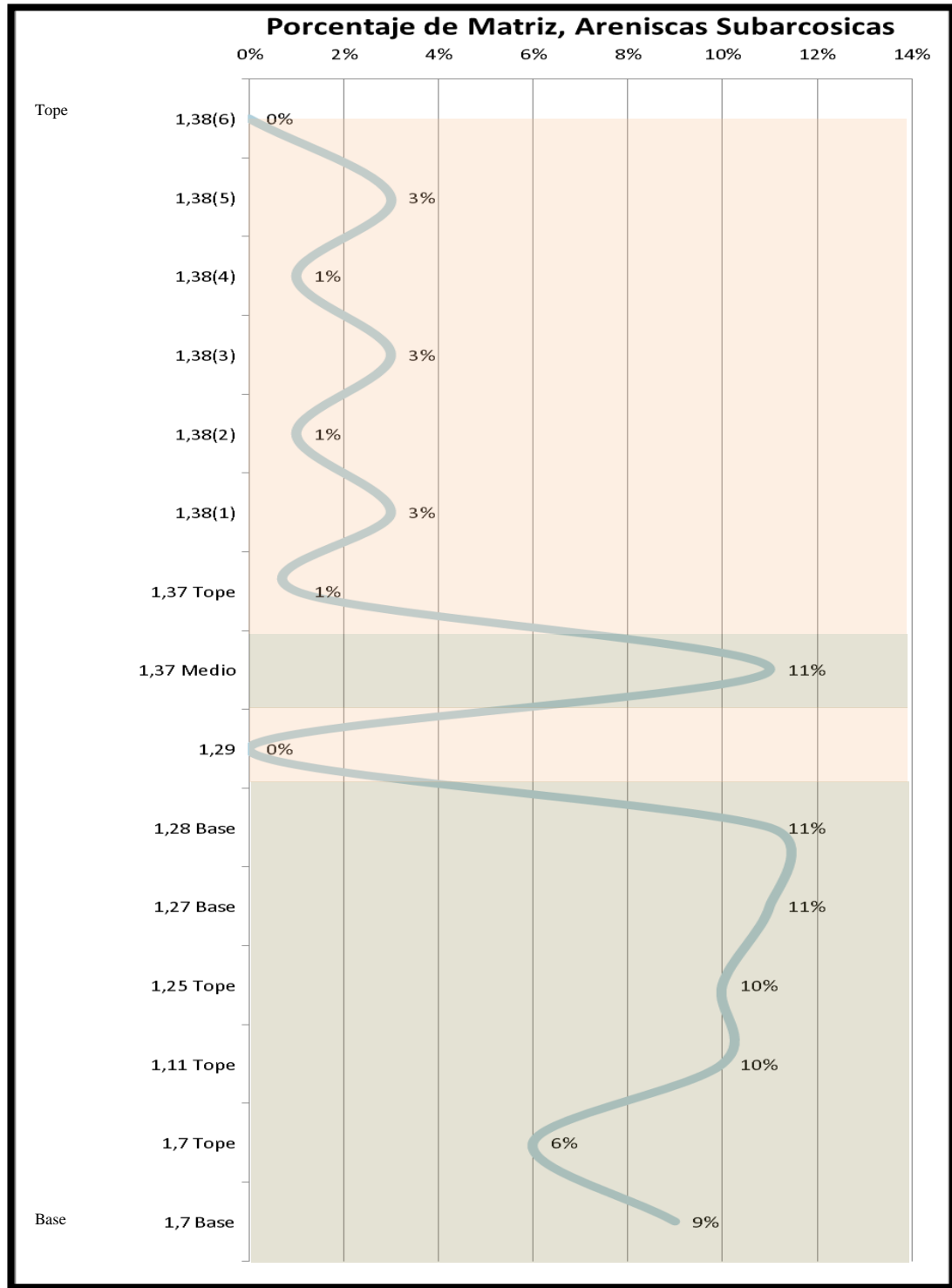


Gráfico 17. Variación Vertical del porcentaje de matriz en Areniscas Subarcosicas

En el gráfico se muestran dos grupos de areniscas subarcosicas, (figura 20) El primero con porcentaje de matriz promedio 2%, (figura 21) el segundo parámetro corresponde a areniscas subarcosicas con un promedio de 10% de matriz. En el gráfico se puede observar la tendencia de las mismas a disminuir hacia el tope.

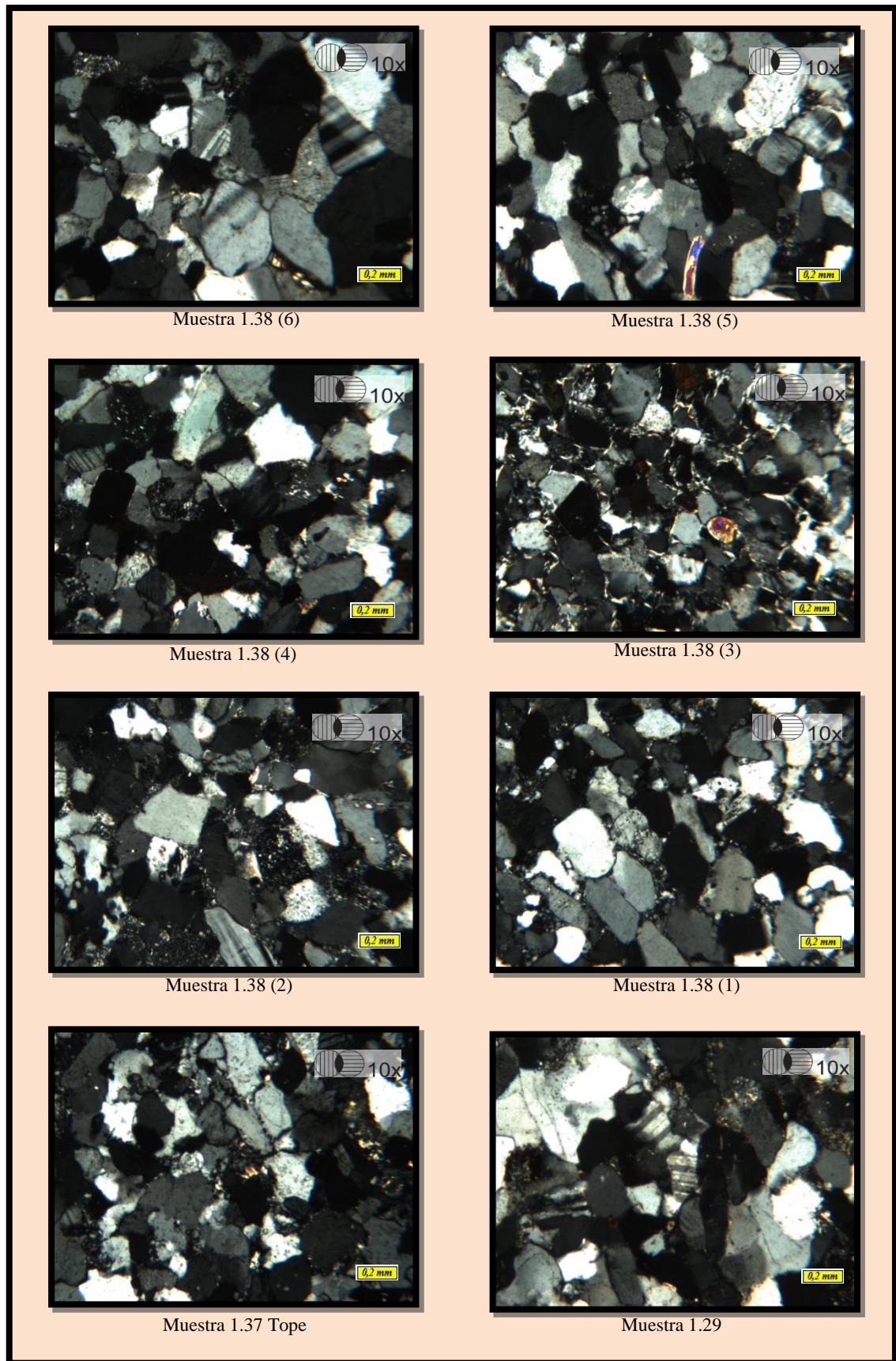


Figura 20. Fotomicrografías. Areniscas Subarcosicas con promedio de matriz 2%

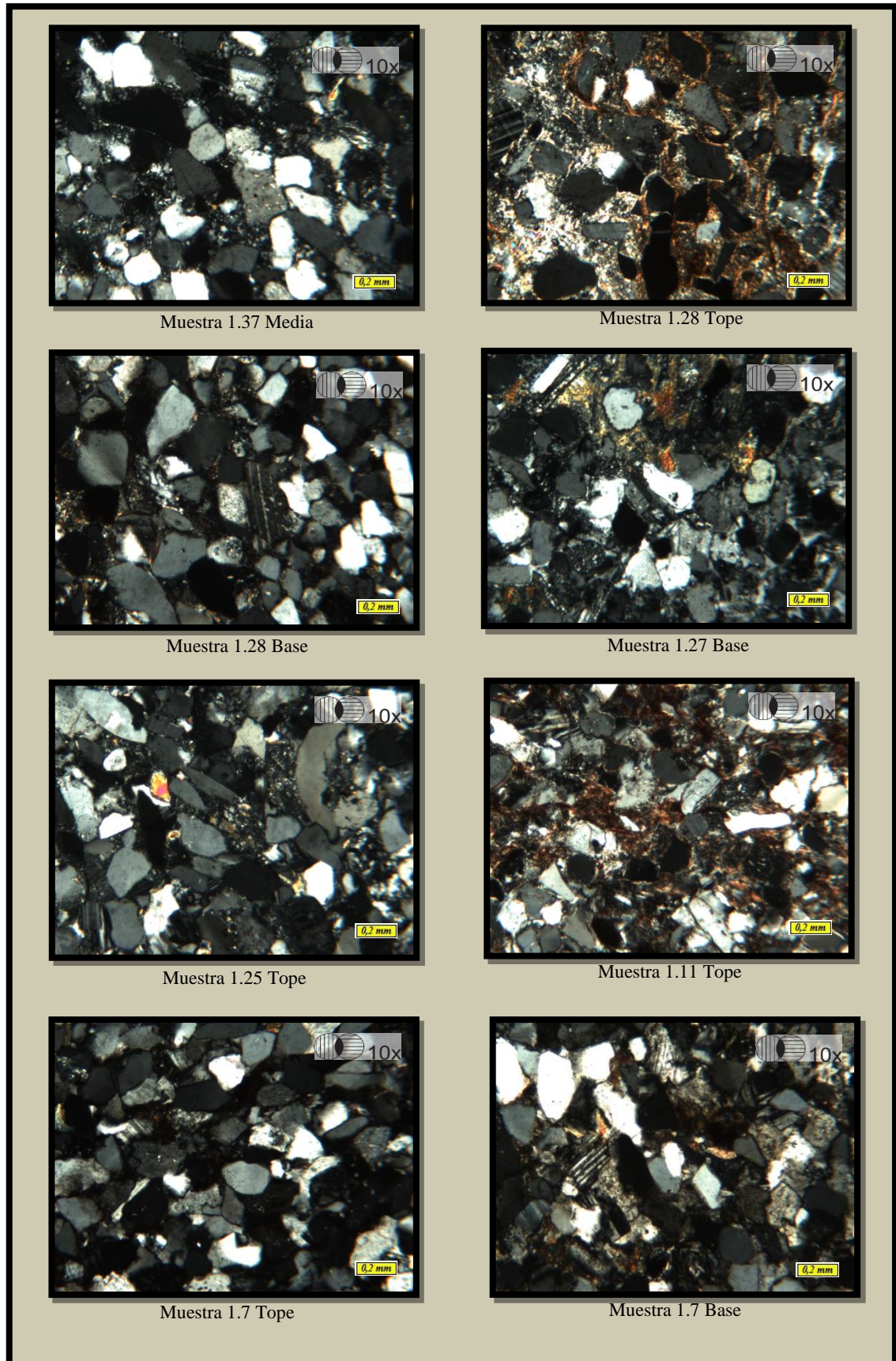


Figura 21. Fotomicrografías. Areniscas Subarcosicas con promedio de matriz 10%

Entre los componentes principales del litotipo están los granos de cuarzo, los cuales están distribuidos de manera homogénea, los mismo pueden observarse como cuarzo policristalino, cuarzo monocristalino plutónico y cuarzo monocristalino metamórfico. El cuarzo representa en promedio para las Areniscas Subarcosicas un 82,99% respecto a los elementos principales (Q-F-L).

El feldespatos también se encuentra presente en las muestras con un 15,04% en promedio respecto a recalcu de los elementos principales (Q-F-L), son abundante dentro de las muestras, de distribución homogénea y algunos presentan hábitos tabular, la mayoría presentan formas granulares con bordes irregulares. Del mismo podemos conseguir cristales de plagioclasas tipo Albita con su maclado polisintético.

Los fragmentos de rocas para este litotipo son escasos ya que en promedio alcanzan solo el 2,89%, respecto a los elementos principales (Q y F), poseen una distribución heterogénea, los fragmentos encontrados en estas corresponden a rocas volcánicas no metamórficas y de areniscas arcillosas.

Hay una importante tendencia en el litotipo, la cual hace que las mismas sean separadas en dos secciones; esta división se realizó en función del porcentaje de matriz que posee el litotipo. Como puede observarse en las *gráfica (17)* donde toda la sección 1.38 y las muestras, 1.37 Tope y 1.29 poseen un promedio de apenas el 2% de matriz y la segunda sección conformada por las muestras 1.37 Medio, 1.28 Base, 1.27 Base, 1.25 Tope, 1.11 Tope, 1.7 Tope y 1.7 Base, presentan un 10% de matriz en promedio. Suponiendo que parte del porcentaje original de la matriz es destruida o alterada en las primeras etapas del soterramiento, aun así se conservó la disparidad en porcentaje de matriz para ambos grupos, siendo este un factor determinante en el comportamiento de los granos, su grado de empaquetamiento y la diferencia en porcentaje de cemento silicio.

5.4.2. ARENISCA LÍTICA

Este tipo litológico presenta un tamaño de grano muy fino de 0,5mm (Diámetro mayor) a 0,1mm (Diámetro menor), ambos calculados en función del promedio de la muestra, muy bien escogidos, granos subredondeados a subangulares con esfericidad media baja, en función del tamaño de grano se pueden diferenciar las mismas en dos grupos, el primero corresponde a las muestras 1.11 Base, 1.6 Tope y 1.5, las cuales poseen una distribución homogénea de los granos, el otro grupo compuesto por las muestras 1.3, 1.2 Contacto con 1.3 y 1.2 Tope (2), poseen clastos de tamaños de fragmentos de rocas que exceden el tamaño promedio de los granos en el litotipo, por lo que presentan una distribución heterogénea. En función de la matriz (*ver tabla 5*) se pueden diferenciar dos patrones podemos diferenciar dos patrones; para las muestras 1.11 Base, 1.6 Tope y 1.5, el porcentaje promedio de matriz es de 11% y para el grupo compuesto por 1.3, 1.2 Contacto con 1.3 y 1.2 Tope (2), la cantidad de matriz promedio es de apenas el 4%, esta diferencia es producto de clastos con tamaño promedio de 2mm que se encontraban en las muestras, aspecto determinante en la relación tamaño de grano vs matriz y en su respectiva distribución porcentual. Los contactos entre granos son puntuales, grano-matriz y en ocasiones tangenciales.

Tabla 5. Porcentaje de elementos principales de cada una de las muestras correspondientes a Areniscas Líticas, en función de los parametros de. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973

	1,11 Base	1,6 Tope	1,5	1,3	1,2 Contc 1.3	1,2 tope (2)	Promedio
Q	50,65%	85,77%	28,29%	3,59%	15,65%	28,43%	35,40%
F	14,14%	5,93%	12,92%	1,04%	2,55%	21,31%	9,65%
FR	35,21%	8,30%	58,79%	95,37%	81,80%	50,26%	54,96%
Matriz	7%	11%	14%	5%	2%	5%	7%

Véase también figuras 22 y 23, donde se pueden observar las fotomicrografías correspondientes a los patrones en función de la matriz

El cuarzo como componente principal del litotipo ocupa el 35% de los componentes mayoritarios, subangulares y algunos otros redondeados, los mismos pueden presentarse como cuarzo policristalino (3,19%), cuarzo monocristalino plutónico (9,18%) y cuarzo monocristalino metamórfico (16,17%), esta distribución porcentual es respecto al total de especies minerales en las muestra.

El feldespato es otros de los elementos mayoritarios para la clasificación de las areniscas presentes en las mismas con un 9,65% en promedio, distribución homogénea algunos presentan hábitos tabulares y un porcentaje aún mayor presentan formas granulares con bordes irregulares. Se hallan cristales cristales de plagioclasas tipo Albita con su maclado polisintético y microclinos con el típico maclado “tartán” o “enrejado”.

Las Areniscas Líticas (*ver gráfico 18*) de la sección poseen un porcentaje de 54,96% respecto al recalcu de los elementos principales (Q-F-L), poseen una distribución heterogénea. En función de los porcentajes de rocas para cada una de las muestras que representan el litotipo, se pueden separar en dos grupos, el primero (*ver figura 23*) compuesto por 1,11 Base, 1,6 Tope, 1,5 y 1.2 Tope (2), las cuales poseen un porcentaje menor al 60% en fragmentos de roca (*véase gráfico 9*); el segundo grupo (*ver figura 22*) conformado por las muestras 1,3 y 1,2 contc 1,3, poseen un porcentaje mayor al 81% en fragmentos de rocas. Se pueden observar fragmentos de lutitas (0,04%), fragmentos volcánicos no metamórficos (1,25%), fragmentos de rocas ígneas félsicas (2,21%) y

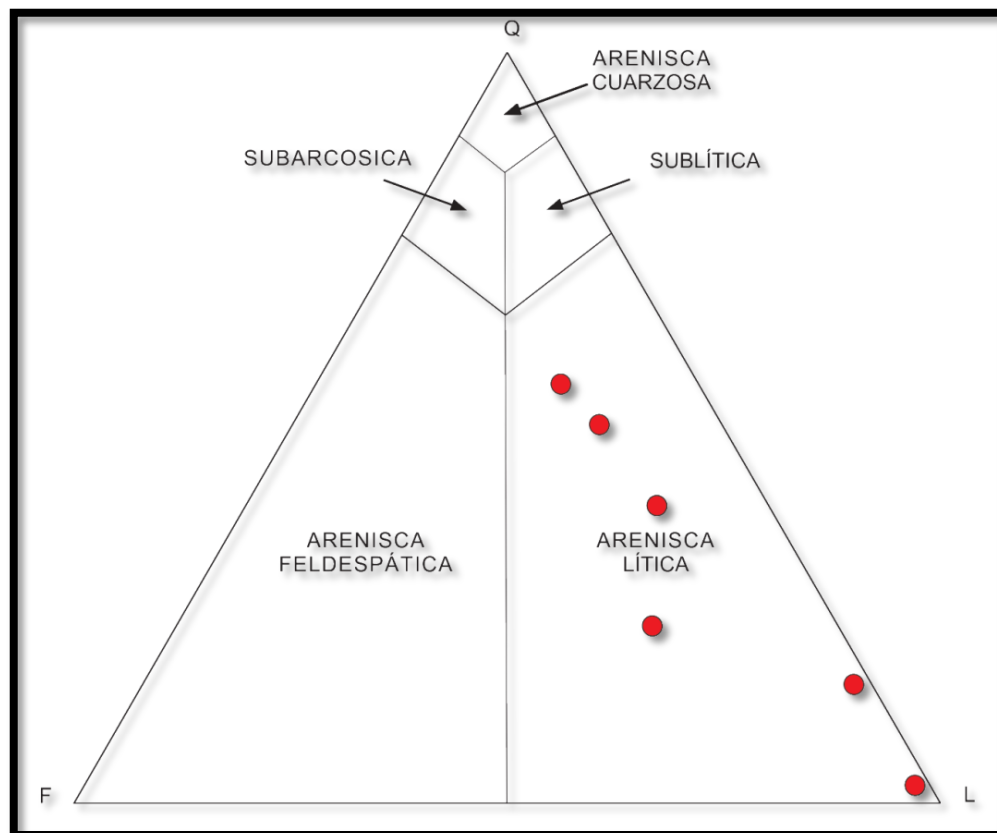
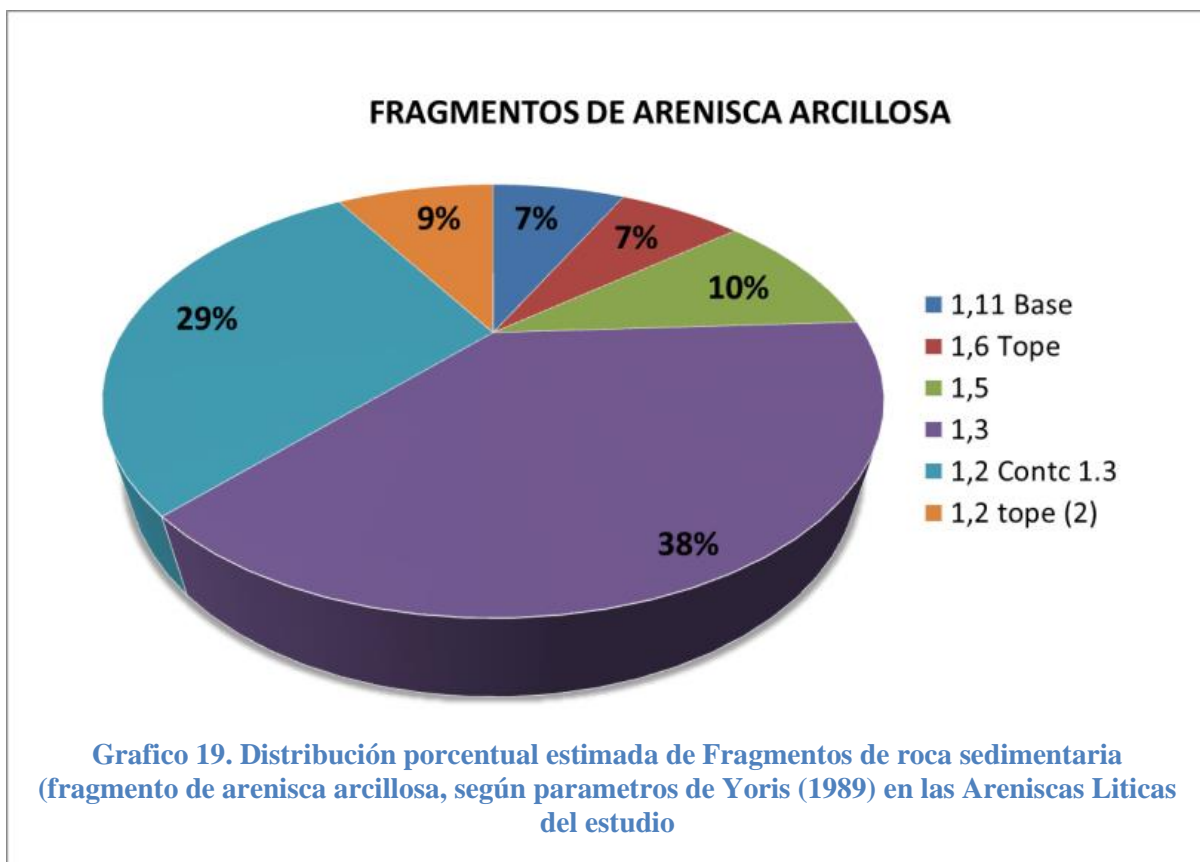


Grafico 18. Diagrama Triangular. Areniscas Líticas. PETTIJOHN, POTTER y SIEVER,

fragmentos de Areniscas (13,16%).

Los fragmentos de areniscas (*ver gráfico 19 y gráfico 20*) representan el mayor porcentaje de fragmentos de rocas del litotipo, diferenciándose dos grupos, el primero (*ver figura 23*), conformado por las muestras con porcentaje de fragmento de areniscas menor al 7% en promedio y el segundo grupo comprenden las muestras mayor al 29%, este último grupo (*véase figura 22*) está compuesto por las muestras 1.3 (38%) y 1.2 contc 1.3 (29%), en las cuales los fragmentos de areniscas poseen un tamaño en promedio de entre 0.1mm a 0.2mm



Se puede observar en las muestras de Areniscas Líticas 1.2 contc 1.3 y 1.3, el porcentaje de Fragmentos de rocas correspondientes a Areniscas es mucho mayor que en el resto de las muestras correspondientes al litotipo, siendo estos fragmentos determinantes para la diferencia entre grupos.

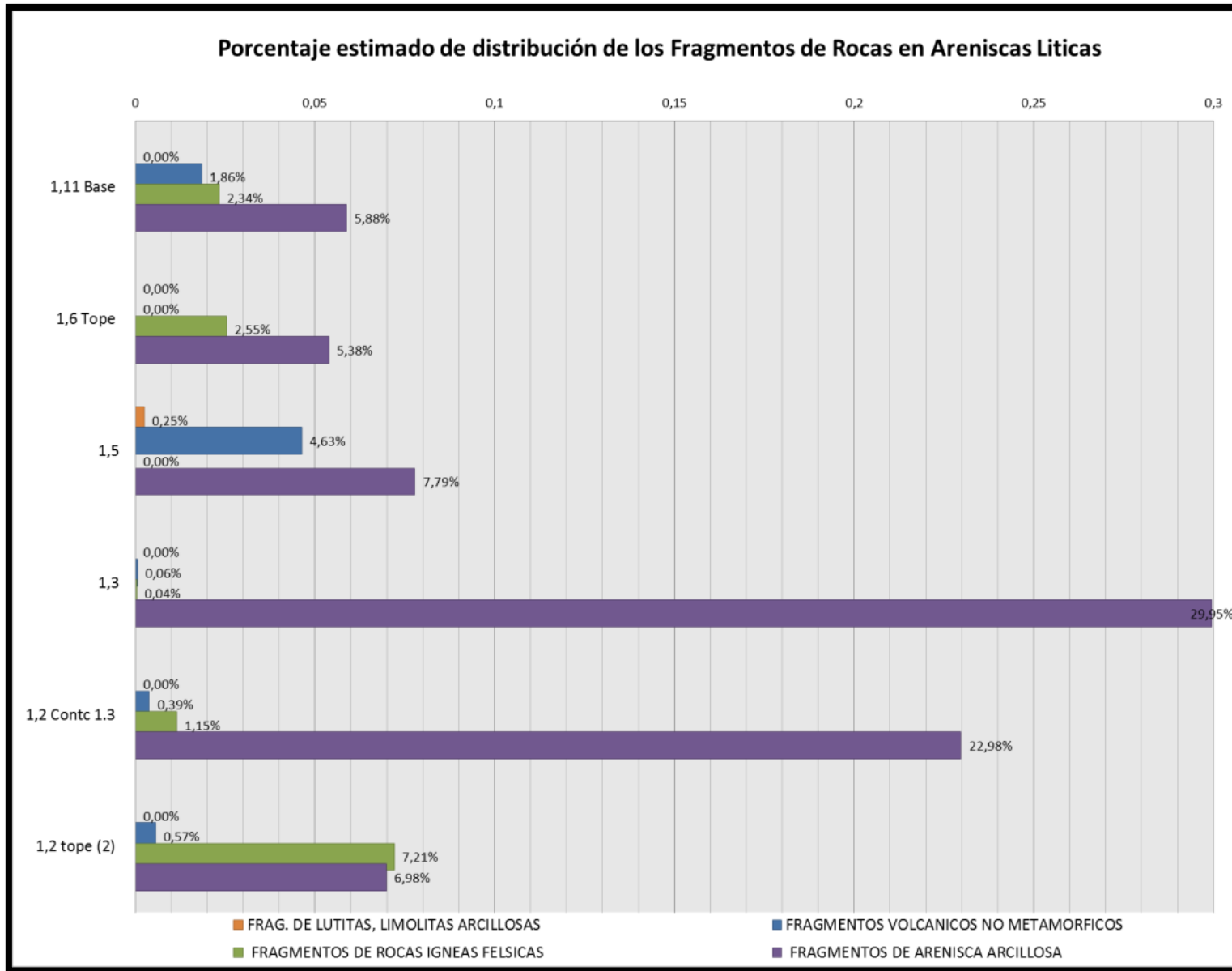


Grafico 20. Porcentaje estimado de distribucion de los Fragmentos de Rocas en Areniscas Líticas

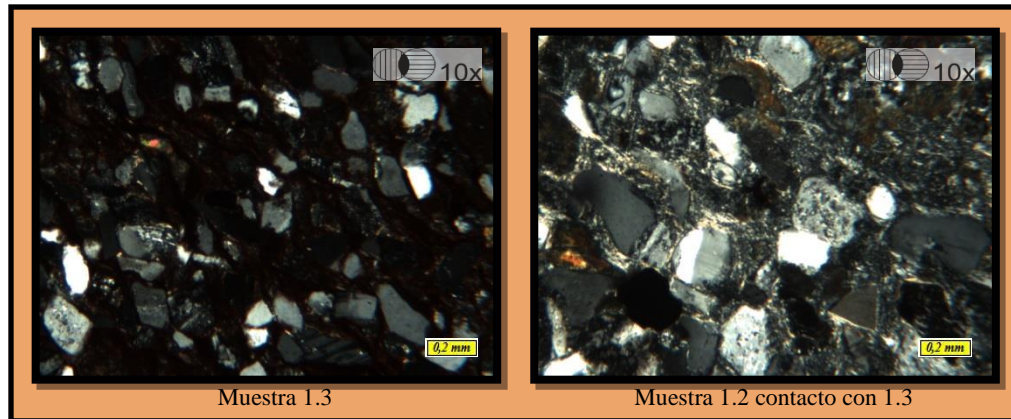


Figura 22. Fotomicrografías. Areniscas Líticas.

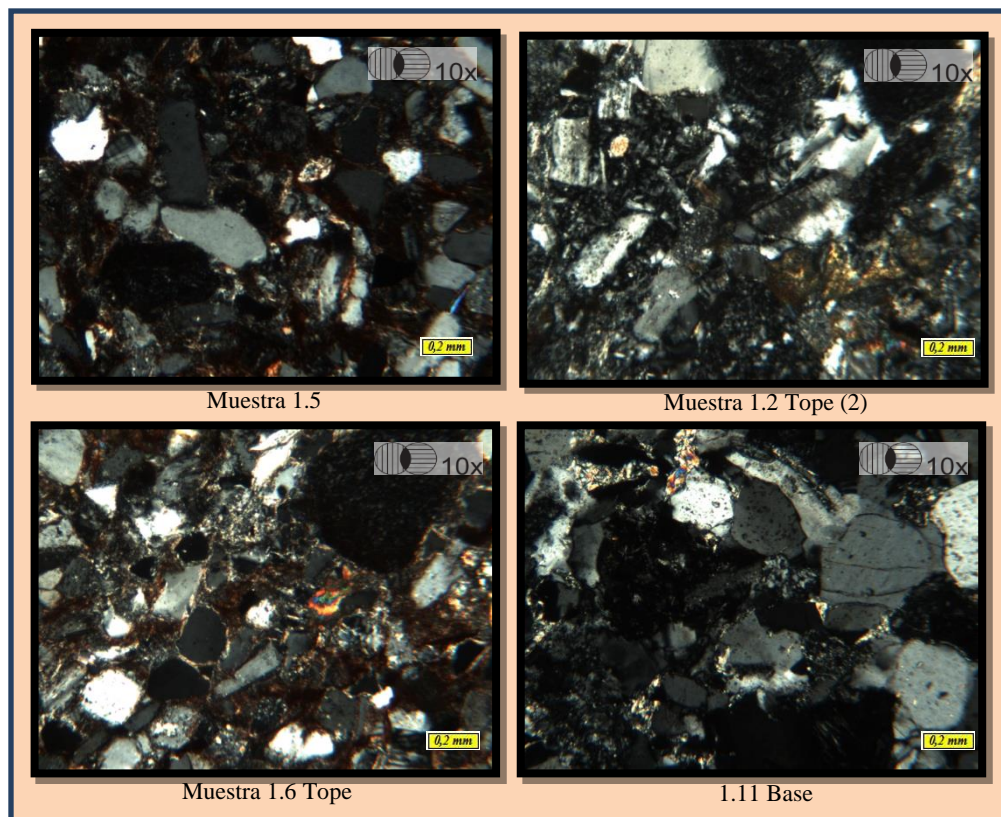


Figura 23. Fotomicrografías. Areniscas Líticas. Fragmentos de Rocas menor al 60%

Areniscas Líticas correspondientes a un porcentaje de roca menor al 60%, del cual el 8,25% pertenece a Areniscas Arcillosas.

5.4.3. ARENISCA SUBLÍTICA

Las areniscas sublíticas, conforman (*ver fotomicrografías 9 y 10*) apenas el 5% del estudio, las mismas son productos del segundo patrón según los triángulos (*ver gráficos 21 y 23*) Q-F-L de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, donde el parámetro “L” está compuesto por fragmento de rocas, ftanita y cuarzo policristalino. El tamaño promedio del grano es de 0,108mm respecto al diámetro mayor, tamaño que corresponde a arenas muy fina. Ambas muestras, 1.38 (6) y 1.27 Base, fueron descritas también como areniscas subarcosicas, al recalcular el cuarzo total respecto al cuarzo policristalino, cambian las relaciones entre elementos donde ahora tendremos $Q > L > F$.

Las muestras distan mucho entre sí, principalmente en el porcentaje de matriz donde 1.38 (6) posee 0% de matriz y 1.27 Base 11%, también es bastante evidente la diferencia en cuanto a la cantidad de cemento silicio el cual representa del total de la muestra 1.38 (6) el 4,52% y de 1.27 Base apenas el 0,29%, esto en función del total de elementos de las muestras. Los contactos entre granos para 1.38 (6), son mayoritariamente longitudinales y suturados, para 1.27 Base abundan los contactos granos matriz y puntuales.

Los elementos principales (*ver gráficos 22 y 24*) del litotipo están distribuidos de la siguiente manera: Cuarzo 78,48%, Feldespato 7,62% y Fragmento de rocas 13,91%. El cuarzo como el elemento dominante, se muestra de distribución homogénea, en ambas muestras pueden conseguirse dos poblaciones de cuarzo, subangulares con esfericidad media e irregular con baja esfericidad. El cuarzo en el litotipo puede presentarse como cuarzo policristalino (4,26%), cuarzo monocristalino plutónico (18,15%) y cuarzo monocristalino metamórfico (21,55%).

El feldespato del tipo litológico corresponde a 7,62% en promedio, de distribución más o menos homogénea, los cuales corresponden en casi su totalidad a plagioclasas tipo albita con su característico maclado polisintético.

Los fragmentos de roca del litotipo corresponde al 13,91% en función de los elementos principales (Q, F y L), el fragmento de roca predominante es de Arenisca Arcillosa, el cual representa el 100% de los fragmentos hallados en las areniscas y corresponden al 1,03% en promedio de la totalidad de los elementos de las muestras.

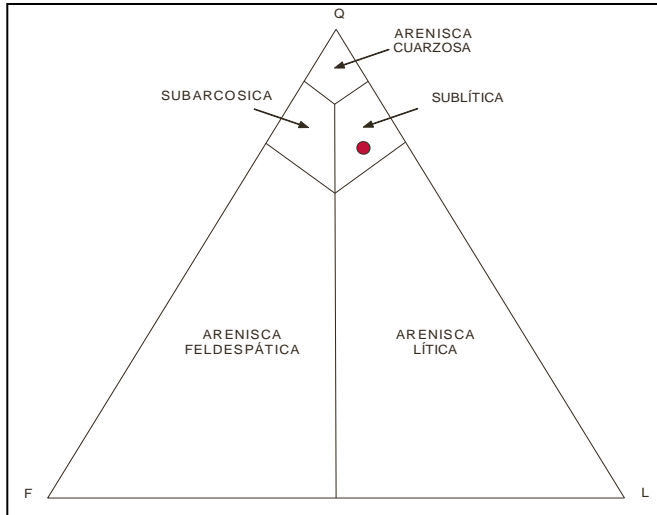


Grafico 21. Diagrama Triangular.Muestra 1.27 Base. Areniscas Subíticas. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)

Para ambas muestras el patrón usando es el descrito por **PETTIJOHN, POTTER y SIEVER (1973)**, *Q-F- L*, donde 'L' incluye *QP* y *ftanita*.

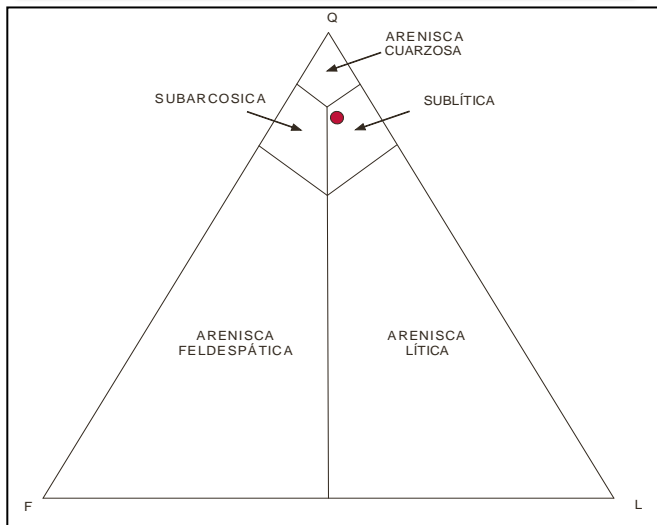
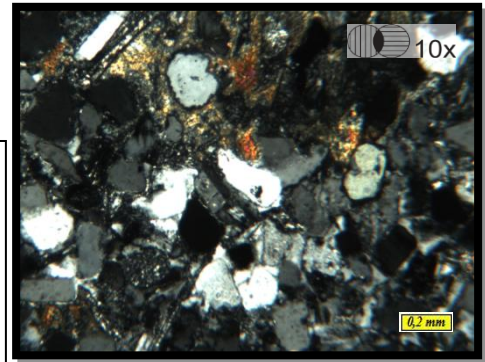


Grafico 23. Diagrama Triangular.Muestra 1.38 (6). Areniscas Subíticas. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)



Fotomicrografías 1. Muestra 1.27 Base

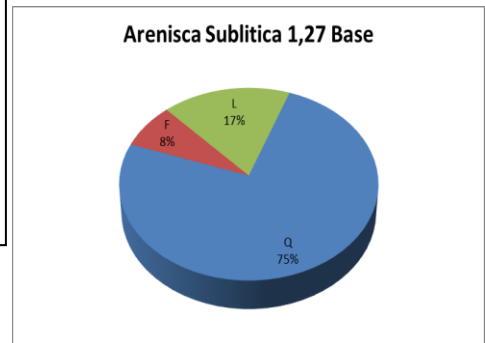
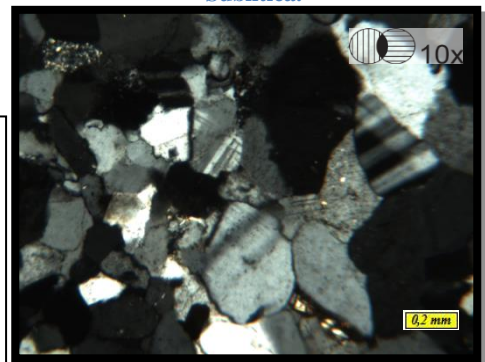


Grafico 22. Distribución de elementos principales. Q:cuarzo,F:feldespato y L:Líticos. Muestra 1.27 Base. Arenisca Sublítica.



Fotomicrografías 2. Muestra 1.38 (6)

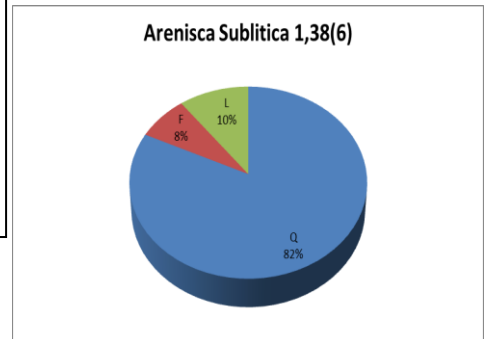


Grafico 24. Distribución de elementos principales. Q:cuarzo,F:feldespato y L:Líticos. Muestra 1.38 (6) Base. Arenisca Sublítica.

5.4.4. GRAUVACAS LÍTICAS

Las grauvacas líticas (*ver gráfico 25*) del estudio poseen un tamaño de grano en promedio que corresponde a los limos y arenas muy finas (0,067mm-0,035mm), representan el 20% de las muestras analizadas y poseen una distribución homogénea a lo largo de la columna. El litotipo está comprendido por las muestras 1.34, 1.25 Base Media, 1.22 Canal, 1.16 Base, 1.10, 1.2 Tope (1), 1.2 Medio y 1.1 Tope.

En las muestras se pueden observar dos poblaciones de granos: un grupo de cuarzos subangulares con baja esfericidad y otro de cuarzos subangulares con alta esfericidad; los contactos entre granos en su totalidad son longitudinales, puntuales y grano matriz, dicha relación de granos es producto del porcentaje de matriz del litotipo el cual es en promedio de 27,75%. Las muestras presentan un bajo porcentaje de cemento silicio, representando este el 0,52% en promedio.

Los elementos principales poseen una relación Q>L>F, siendo nuevamente predominante el Cuarzo con 58,15%, luego los Fragmentos de Rocas con 29,63% y por ultimo Feldespato con 12,22%. El cuarzo posee una distribución homogénea, se presenta como granos subangulares de alta esfericidad o subangulares con baja esfericidad, el mismo está compuesto por Cuarzo policristalino (2,66% respecto al total de elementos de las muestras), Cuarzo plutónico (14,54% respecto al total de elementos de las muestras) y Cuarzo metamórfico (19,81% respecto al total de elementos de las muestras).

El feldespato representa el 12,22% respecto a los elementos principales, y está mayoritariamente compuesto por plagioclasas, en específico Albita con su maclado polisintético característico; los granos de Albita, se muestran subangulares con bordes irregulares y poseen una distribución homogénea en las muestras. También se pueden observar de distribución heterogénea, Microclinos con su típico maclado “Tartán”.

Los fragmentos de rocas (*grafico 26*) representan el 29,63% respecto a los elementos principales, están compuestos por Fragmentos de Areniscas Arcillosas (55,33%) (*Ver gráfico 27*), Fragmentos de rocas ígneas félsicas (27,00%), Fragmentos volcánicos no metamórficos (17,01%) y Fragmentos de esquistos y/o filitas (0,67%), los porcentajes están en función del total de fragmentos de rocas de las muestras. El porcentaje de fragmento de esquisto y/o filitas (0,67%), es el más bajo de todos los fragmentos observados, solo

pudieron observarse en la muestra 1.1 tope en la cual de todos elementos que conforman la muestra, este apenas representa el 0,98%. Los fragmentos de rocas volcánicos no metamórficos, son más abundantes que los fragmentos descrito con anterioridad, y los mismos representan el 17% de los fragmentos de rocas de las grauvacas líticas del estudio. Si observamos su distribución entre las Grauvacas líticas es homogénea, con mayor presencia en 1.2 Medio (43%, respecto al porcentaje total de F.R Volcánicos No Metamórficos), 1.16 Base (18%), 1.34 (17%) y 1.10 (15%).

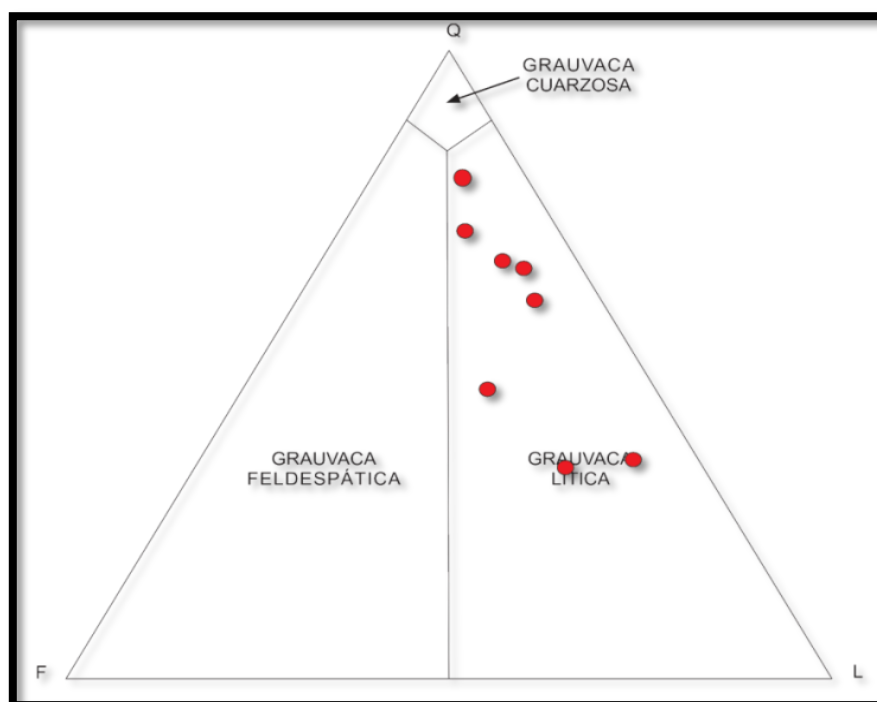


Grafico 25. Diagrama Triangular. Grauvacas Líticas. PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973

Los fragmentos de rocas ígneas félsicas se caracterizan por una distribución heterogénea, en el total de muestras pertenecientes al litotipo, siendo 1.2 Tope (1) quien comprende casi la totalidad de los fragmentos con un 64%.

El fragmento predominante del litotipo corresponde a los de Areniscas (55,33%), (ver gráfico 26) las cuales poseen una distribución homogénea para las grauvacas líticas, con una tendencia lineal a disminuir de base a tope, lo que coincide con tres de las muestras de grauvacas que se encuentran más hacia la base con mayor porcentajes de Areniscas como lo son, 1.2 Medio (25%, respecto al total de Areniscas en las Grauvacas líticas), 1.2 Tope (1) (14%) y 1.10 (14%).

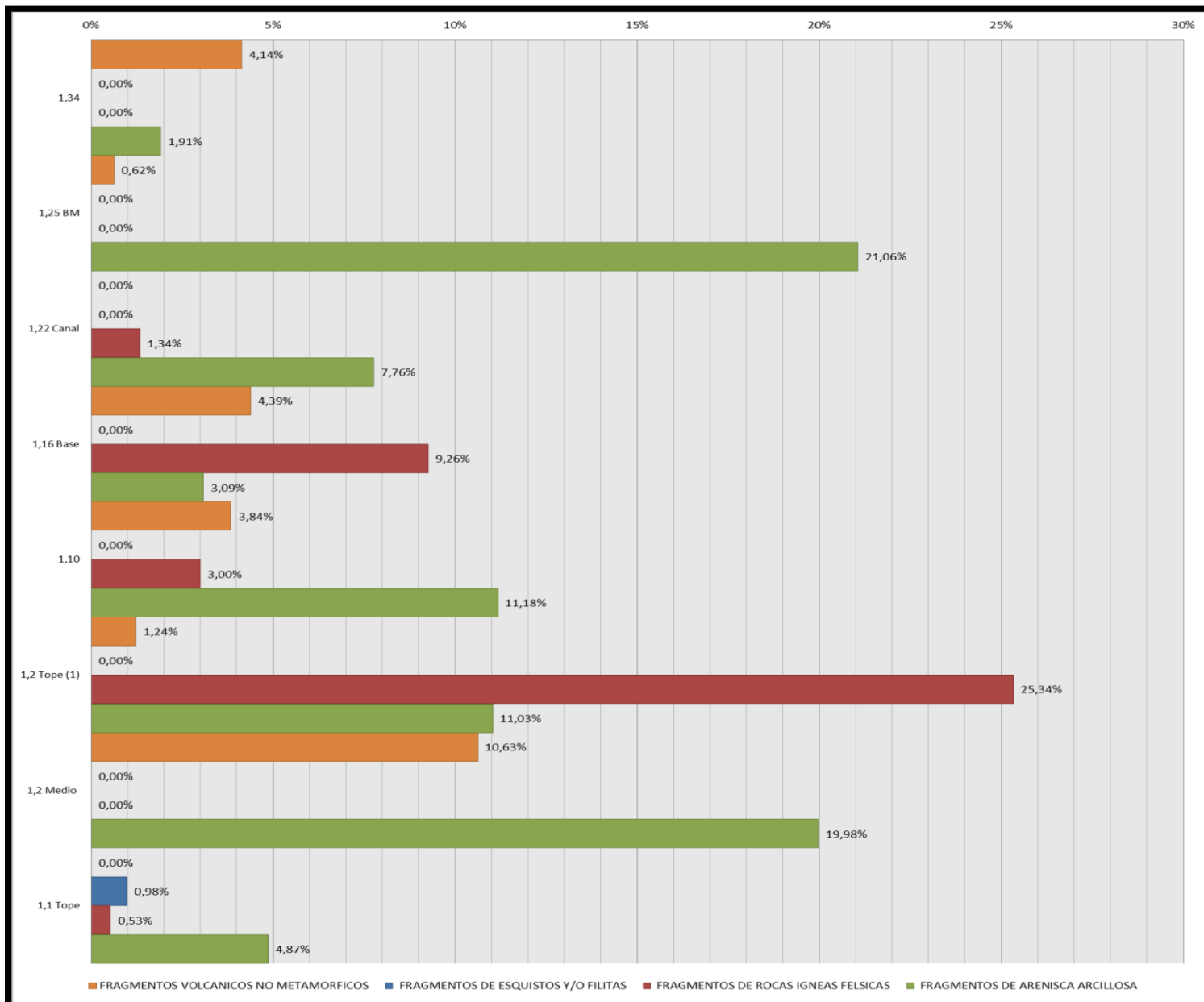


Grafico 26. Porcentaje estimado de distribución de los Fragmentos de Rocas en Grauvacas Líticas

En general las grauvacas líticas (*ver figura 24*) del estudio están bastante apegadas a las definiciones generales, pautadas por **PETTIJOHN, POTTER, & SIEVER (1987)**, donde no las define como areniscas arcillosas o limosas, ni arcosas con matriz arcillosas, sino un grupo separados de rocas con apreciables porcentaje de matriz (mayor al 15%), y en donde existe una graduación granulométrica continua entre clastos y matriz, y están comprendidas por fragmentos de rocas de muy variada naturaleza.

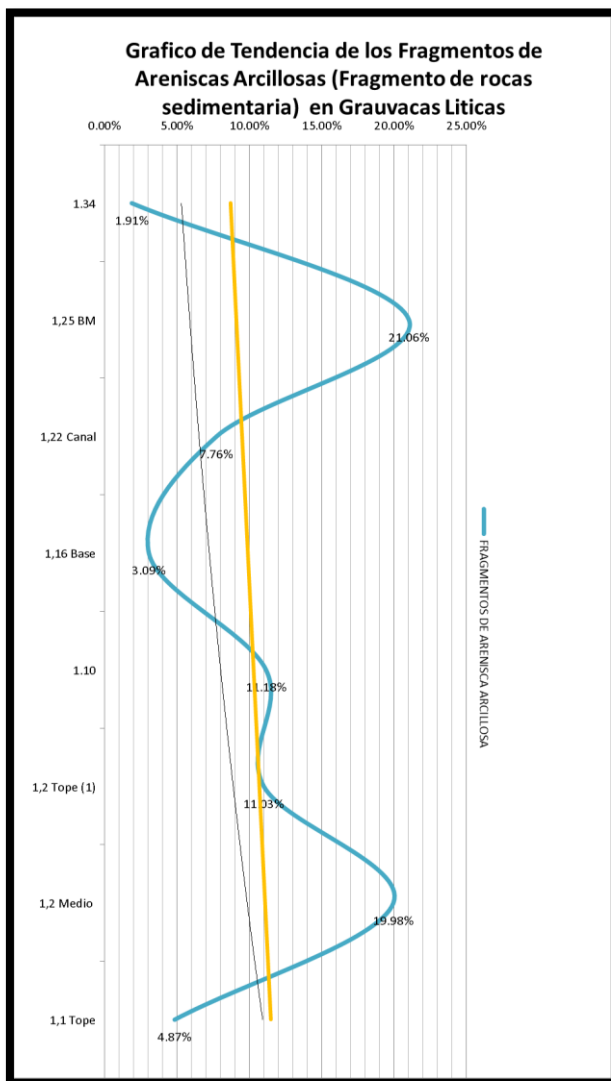


Gráfico 27. Variación Vertical respecto a la distribución de los fragmentos de rocas sedimentarias en las grauvacas líticas del estudio.

La línea de tendencia exponencial (-) y lineal (-), muestran como los fragmentos de rocas de areniscas arcillosas dentro del litotipo disminuyen de base a tope

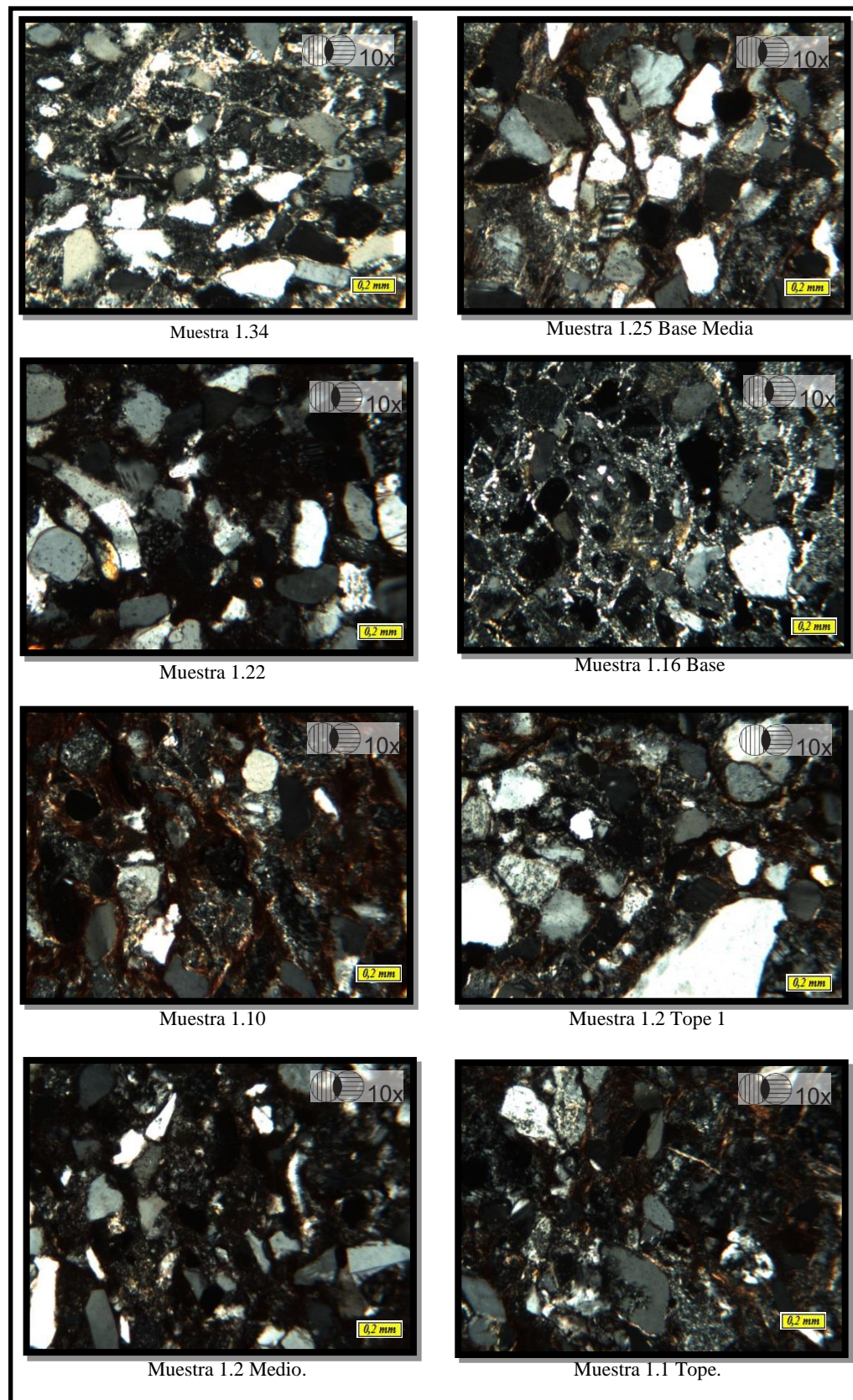


Figura 24. Fotomicrografías. Grauvacas Líticas
Grauvacas líticas, con promedio de matriz de 27,75%. Representan el 20% de las muestras analizadas

5.4.5. GRAUVACAS FELDESPÁTICAS

Las grauvacas feldespáticas (*ver gráfico 28 y figura 25*) conforman el 5% del estudio, las mismas están compuestas por las muestras 1.37 Base, 1.31, 1.28 Tope y 1.1 Base. Poseen un tamaño de grano promedio limo 0,057mm a 0,027mm, en función de los diámetros mayores y menores de los granos. Los contactos entre granos son en su mayoría, grano-matriz, puntuales y tangenciales. La relación de los componentes principales del litotipo es $Q > F > L$.

El elemento mayoritario de las grauvacas feldespáticas, al igual que en los otros litotipos de la columna, es el Cuarzo, el cual representa el 84,48% en promedio, esto respecto a los elementos principales (Q, F y FR); se pueden apreciar dos poblaciones de granos de cuarzo respecto a su forma, ya que pueden ser subangulares de alta esfericidad o subangulares de baja esfericidad. En el litotipo se pueden apreciar Cuarzo policristalino (4,32%, en promedio del total de elementos que conforman el litotipo), Cuarzo Plutónico (20,24%, en promedio del total de elementos que conforman el litotipo) y Cuarzo Metamórfico (18,99%, en promedio del total de elementos que conforman el litotipo). El cemento de sílice apenas representa el 1,06% de los elementos totales.

Las matriz en función del total de elementos representan el 42,50%, y su comportamiento en la columna, respecto al litotipo, es de disminuir de base a tope, observándose claramente que la muestra en la base es la que más matriz posee, 1.1 Base (57%); este patrón es inversamente proporcional a cómo se comporta el cemento en el litotipo, ya que el mismo aumenta de Base a Tope.

Los fragmentos de rocas para las grauvacas feldespáticas poseen una distribución heterogénea y apenas representan el 5,14% de los elementos principales (Q, F y FR), de los cuales el 1,48% en función del total de elementos, corresponden a fragmentos de Areniscas Arcillosas.

Los feldespatos corresponden al 10,38% en promedio, respecto a los elementos principales (Q, F y FR), se pueden observar subangulares en ocasiones con bordes rectos e irregulares, poseen una distribución homogénea, y en su totalidad, corresponde a plagioclasas tipo Albita, con característico maclado polisintético, lo que corresponde a el 5,31% de

elementos totales del litotipo. También pueden observarse microclinos de distribución heterogénea, subangulares con bordes rectos o subangulares con bordes acerrados irregulares; también puede observarse su característico maclado tipo tartán o enrejado.

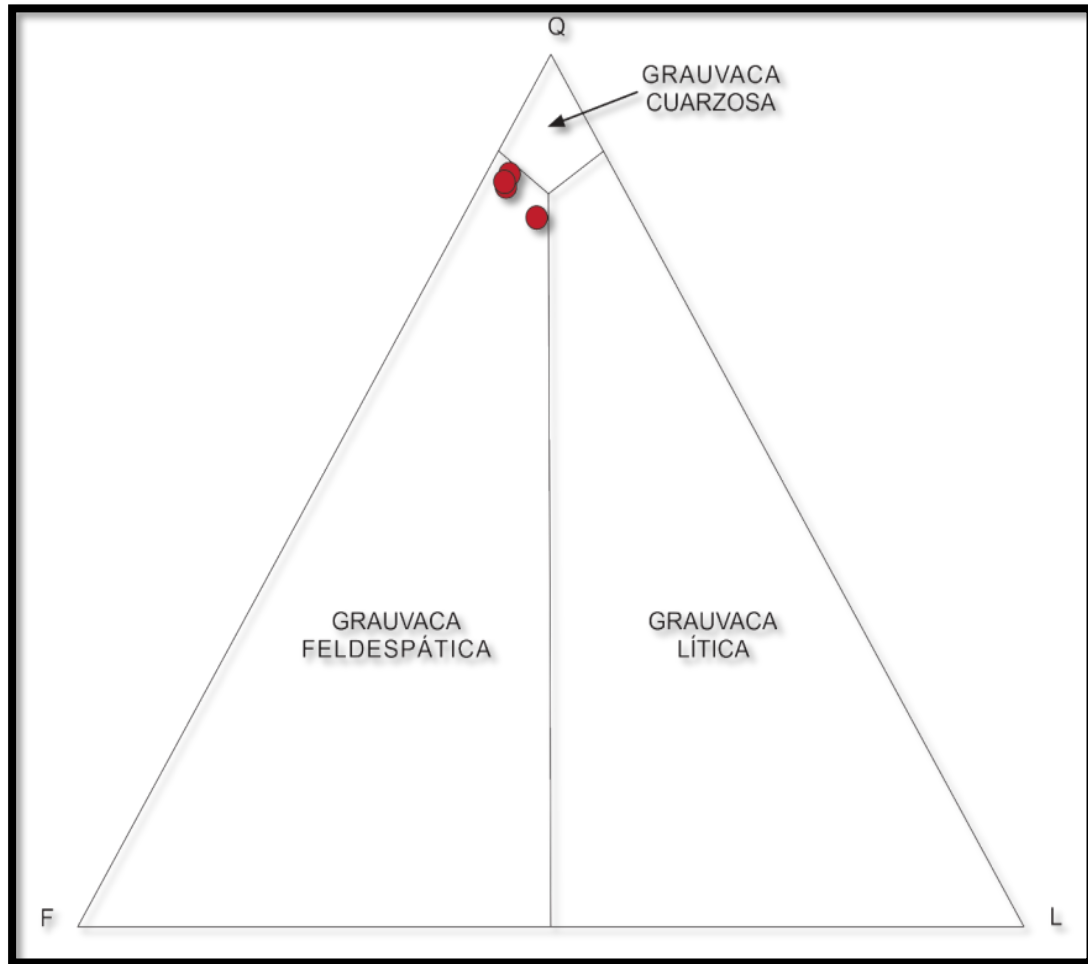


Grafico 28. Diagrama Triangular. Grauvacas Feldespáticas . PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)

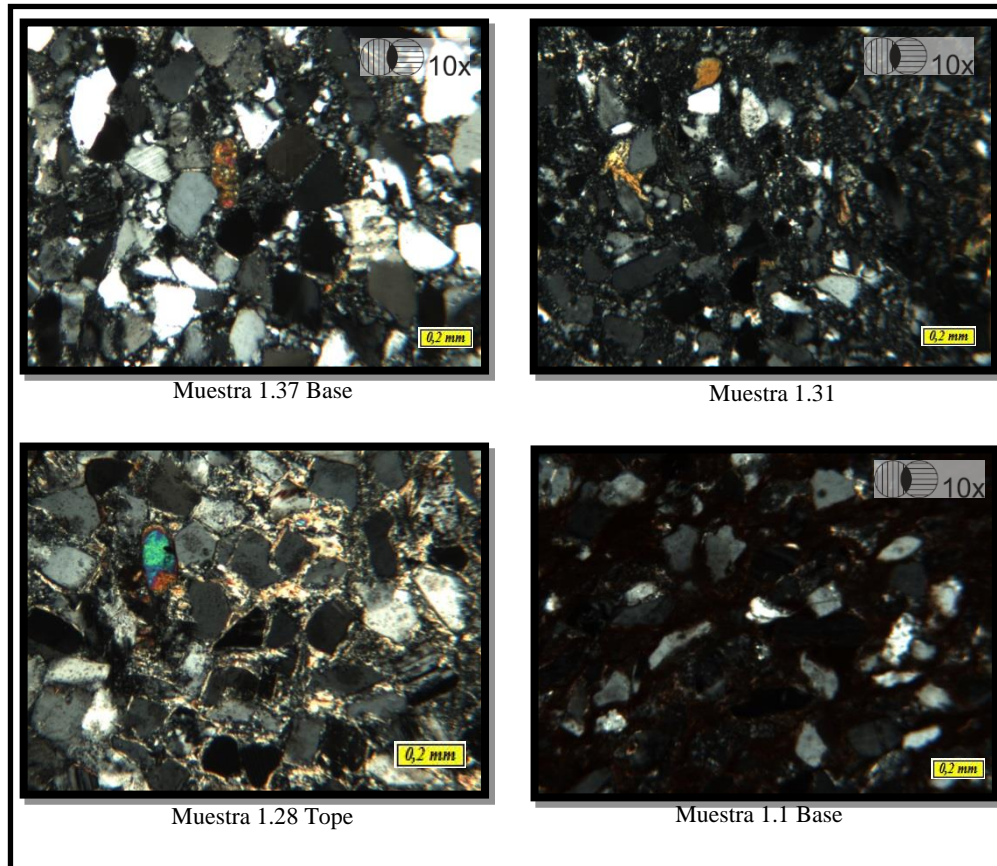


Figura 25. Fotomicrografías. Grauvacas Feldespáticas

Las Grauvacas Feldespáticas del estudio representan el 5% del total de muestras analizadas, las mismas poseen un promedio de matriz de 42,50% y los feldspatos corresponden al 10,38% de los elementos principales.

5.4.6. LUTITAS

Las lutitas (*ver figura 26*) representan el 18% de los litotipos, están compuestas por las muestras 1.35, 1.30, 1.19, 1.16 Tope, 1.16 Medio, 1.8 y 1.1 Derecha. Poseen una distribución heterogénea en la columna. Estas lutitas están compuestas mayoritariamente por materiales limo arcillosos indeterminados, silicatos de aluminio hidratados y otros minerales de arcillas. En porcentaje la cantidad de material fino por muestra es mayor al 75%, por lo que en los parámetros de clasificación de **PETTIJHON y otros. (1972)** las mismas están consideradas como arcillitas.

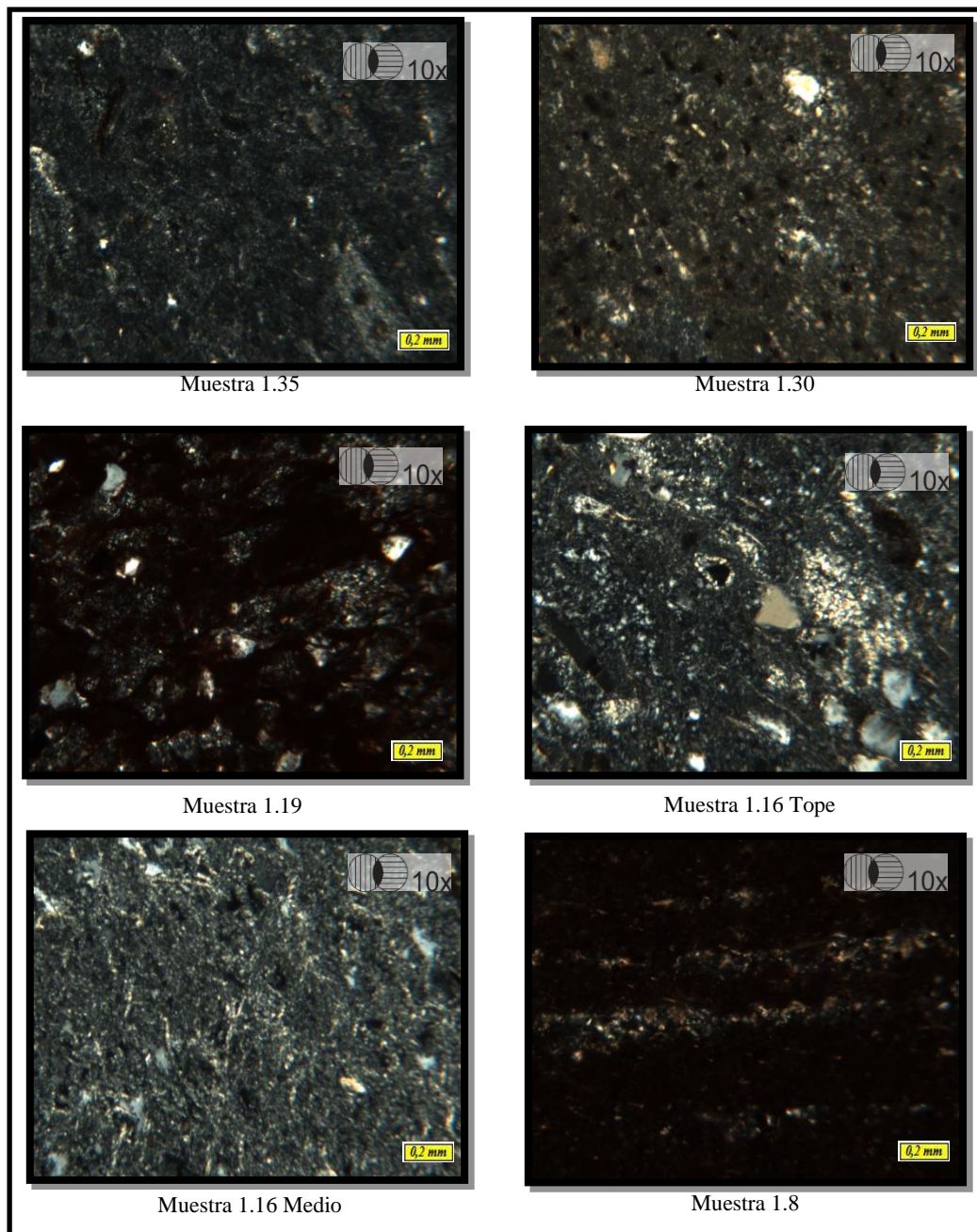


Figura 26. Fotomicrografías Lutitas

5.5. AMBIENTE TECTÓNICO Y PROCEDENCIA

5.5.1. Qt-L-F

Para el Diagrama ternario Qt-F-L (ver gráfico 29) para procedencia, correspondiente a las muestras del estudio, se pueden describir dos poblaciones de puntos predominantes, que nos arrojan un patrón (ver gráfico 30) de preferencia por las zonas de Cratón Interior (40%) y Orógenos Reciclado (36%), el resto de puntos se distribuyen en 12% en el sector continental transicional, 6% en arco disectado y 6% para arco no disectado. También se puede apreciar que las areniscas subarcosicas y grauvacas feldespáticas es el tipo litológico predominante para el cratón interior, lo contrario ocurre con la zona de orógenos reciclado la cual coincide con los litotipos de arenisca lítica y grauvaca lítica.

Qm: Cuarzo monocristalino

Qp: cuarzo policristalino

Qt: Cuarzo total (Qm+Qp)

F: Total de granos de feldespatos

L: Total de fragmentos líticos inestables (incluyendo granos policristalinos)

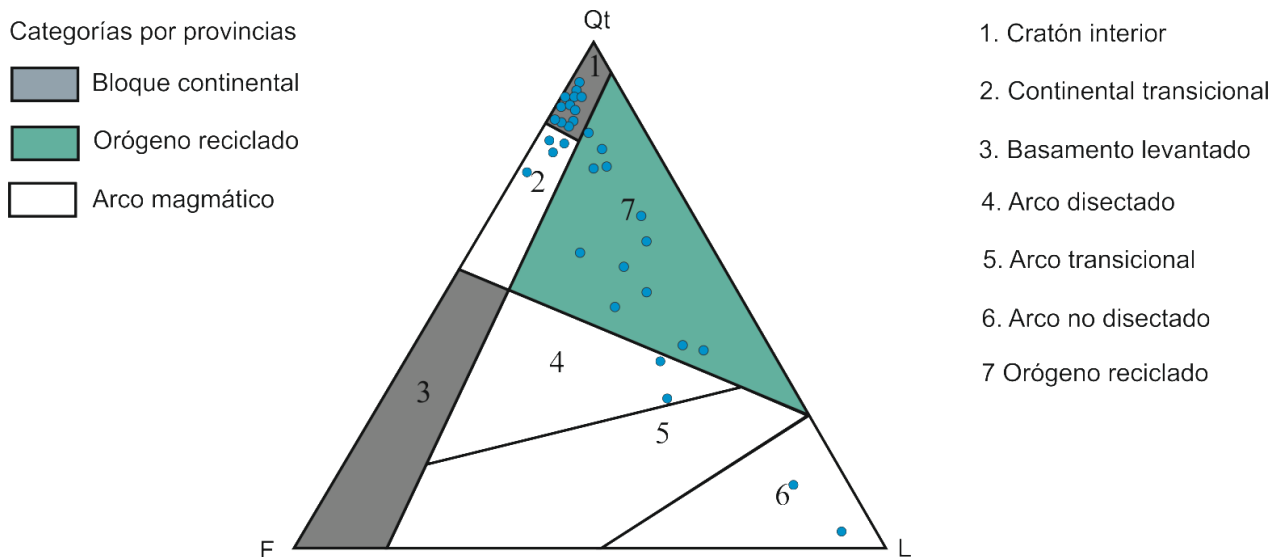
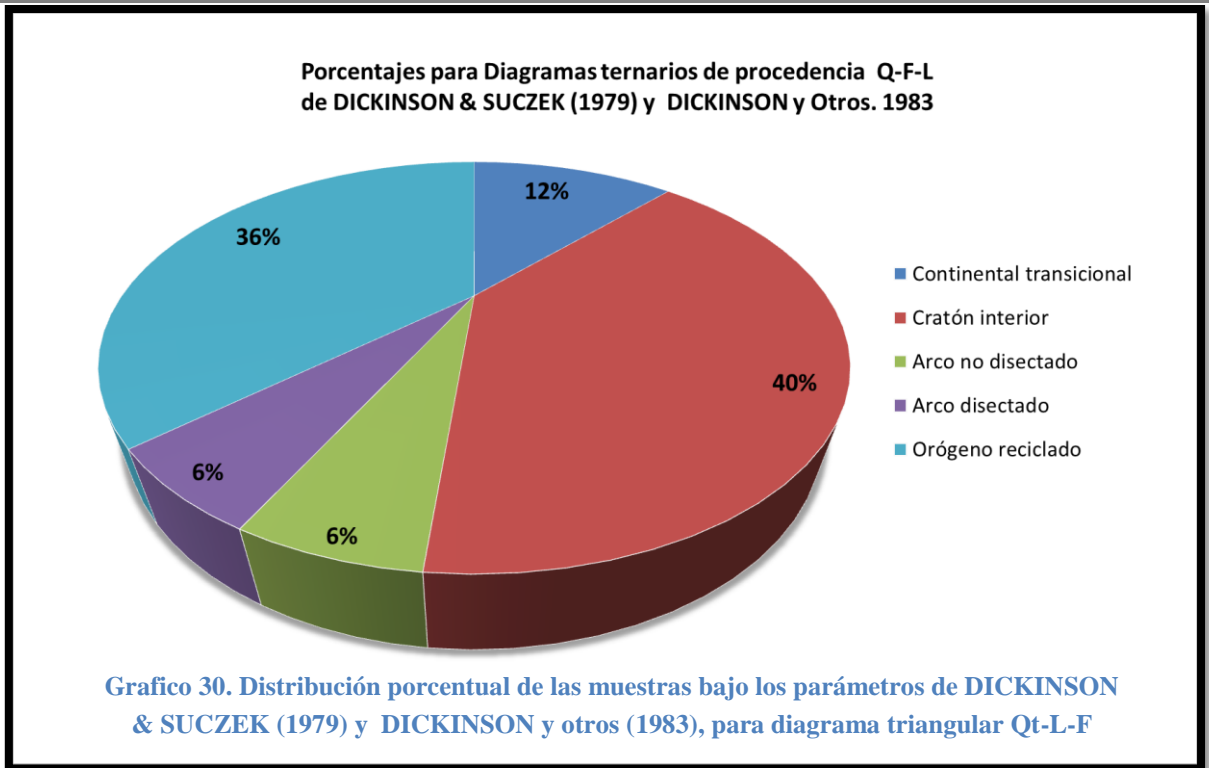


Grafico 29. Diagrama Qt-L-F

En el diagrama, los puntos , representan la totalidad de muestras analizadas, producto del conteo modal y los cálculos bajo los parámetros de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON y otros (1983)**.



5.5.2. *Qm-Lt-F*

Para el diagrama ternario *Qm-Lt-F* (ver gráfico 31), se describe una tendencia marcada (ver gráfico 32) en la distribución de los puntos, donde el cratón interior y el cuarzo reciclado, representan el 43% y 27% respectivamente, en menor porcentaje se observa al transicional reciclado (9%) y a la zona de mezcla (9%), por último se encuentran arco no disectado (6%), Arco transicional (3%) y continental transicional (3%). A nivel de provincias se puede observar un claro dominio de las provincias bloque continental y orógeno reciclado por encima del arco magmático. Los litotipos predominante para las nubes de puntos sobresalientes corresponden a Areniscas Subarcosicas para el Cratón interior y Grauvacas líticas y feldespáticas para el Cuarzoso reciclado.

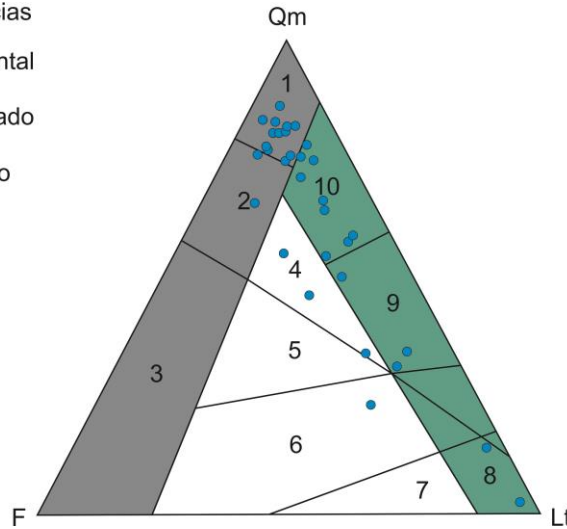
Qm: Cuarzo monocristalinos

F: Total de granos de feldespatos (incluyendo granos monocristalinos)

Lt: Total de fragmentos líticos policristalinos, incluyendo cuarzoes estables

Categorías por provincias

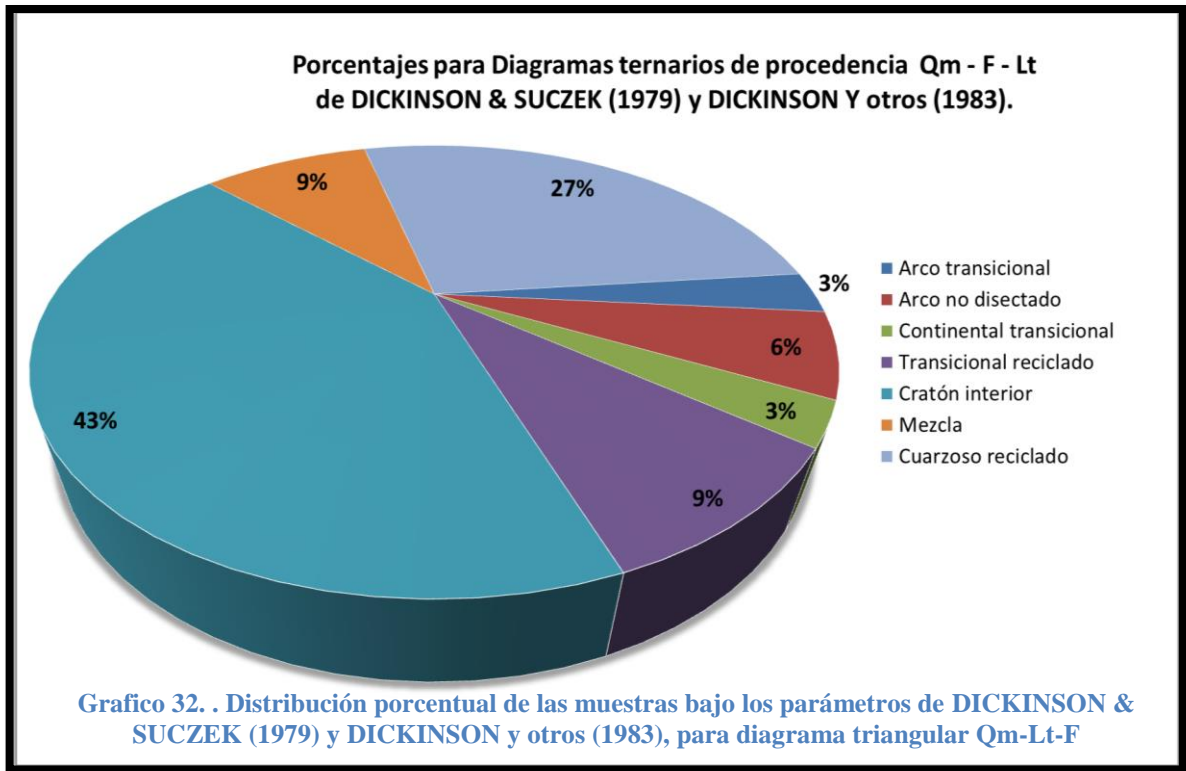
- Bloque continental
- Orógeno reciclado
- Arco magmático



1. Cratón interior
2. Continental transicional
3. Basamento levantado
4. Mezcla
5. Arco disectado
6. Arco transicional
7. Arco no disectado
- 8 Lítico reciclado
9. Transicional reciclado
10. Cuarzoso reciclado

Grafico 31. . Diagrama Qm-Lt-F

En el diagrama, los puntos ●, representan la totalidad de muestras analizadas, producto del conteo modal y los cálculos bajo los parámetros de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**



5.5.3. Qp-Ls-Lv

En el siguiente diagrama ternario (*ver gráfico 33*) **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, trabajaron en función de fragmentos líticos estables (cuarzo policristalino) y los fragmentos inestables (fragmentos volcánicos Lv, sedimentarios y metasedimentarios Ls) y a partir de múltiples análisis generaron el diagrama Qp-Ls-Lv, donde determinaron tres áreas de procedencia tectónica, un área de complejo de subducción, un área de arco volcánico y por ultimo un área de orógenos colisional.

Las muestras del estudio para este diagrama ternario poseen una dispersión preferencial (*ver gráfico 34*) por las áreas de Orógeno colisional y complejo de subducción, las cuales poseen una distribución porcentual de 61% y 36% respectivamente, con un 3% restante perteneciente a un punto ubicado en el arco orogénico.

Qp: Cuarzo policristalinos

Ls: Líticos sedimentarios

Lv: Líticos Volcánicos

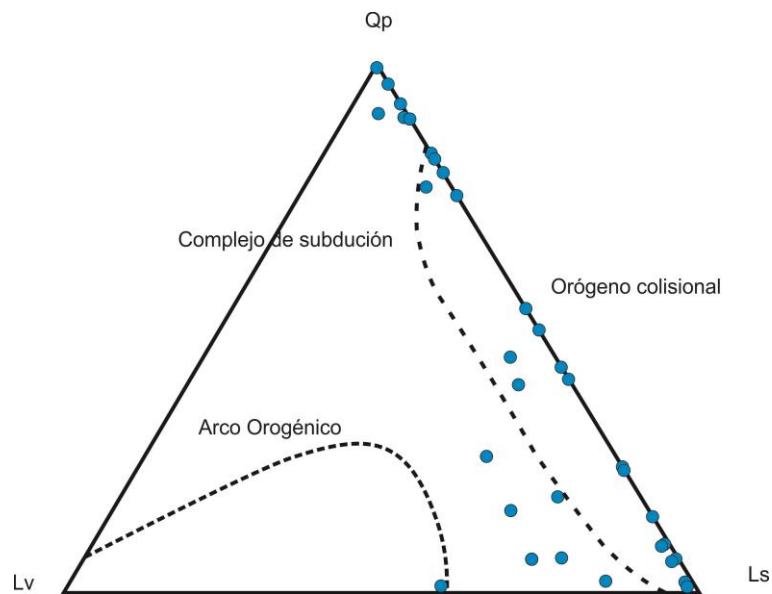

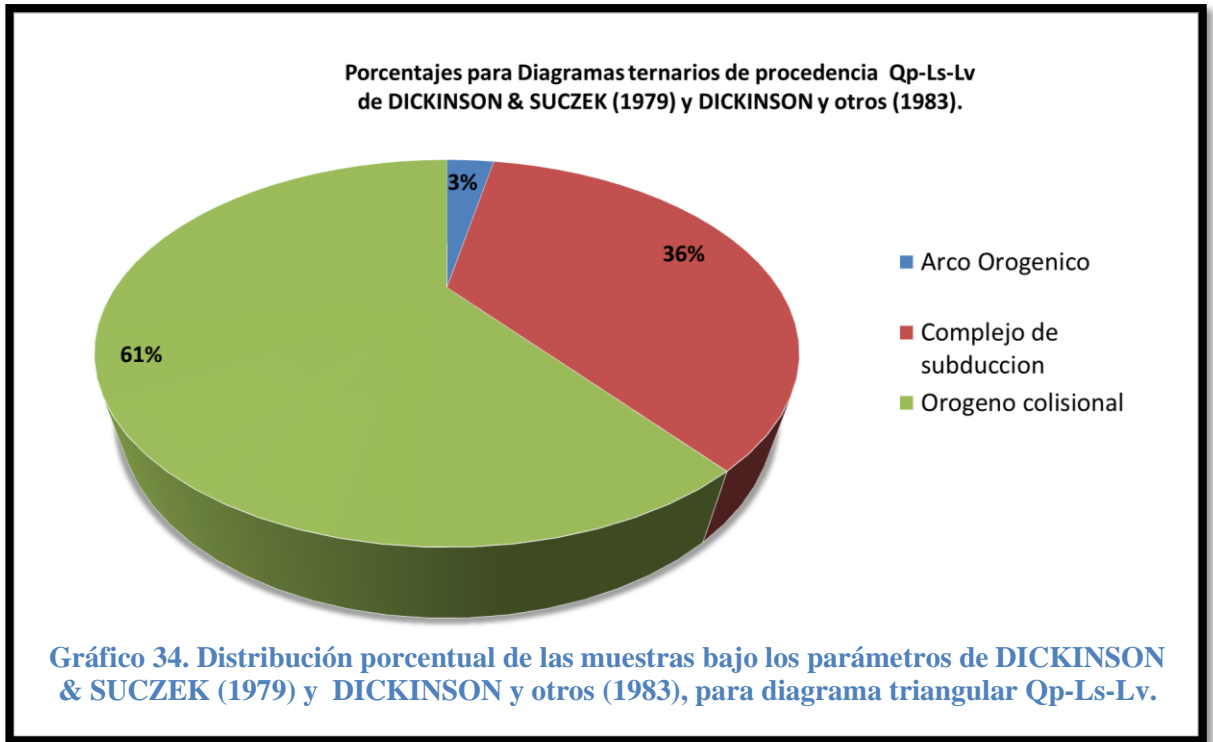


Grafico 33. Diagrama Qm-Ls-Lv

En el diagrama, los puntos  , representan la totalidad de muestras analizadas, producto del conteo modal y los cálculos bajo los parámetros de DICKINSON & SUCZEK (1979) y DICKINSON y otros (1983)



5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PROCEDENCIA

Se puede inferir en función de los patrones (*ver tabla 6*) que se generaron a partir de los diagramas de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**, y su ubicación en la columna , una secuencia donde primero se encuentra actividad de un arco magmático, que posiblemente refleje el aporte de áreas relacionadas a márgenes activos (zonas de subducción), la erosión de las secuencias volcánicas generan arenas con elevados porcentajes de líticos volcánicos, caracterizados por una mayor proporción de plagioclasas respecto a los feldespatos potásicos, como ocurre en algunas muestras del estudio, las cuales estarían asociados a los cinturones de rocas verdes que por definición según **CONDIE (1994)** están asociados a rocas volcano-sedimentarias supracorticales, que pueden haber sido formadas en ambientes de arcos de islas, arcos márgenes continentales, “plateau” submarinos, islas oceánicas y, en algunos casos, en el Arqueozoico como corteza oceánica. Estos cinturones verdes están asociados a la Provincia de Pastora, la cual está conformada por cinturones de rocas verdes donde pueden diferenciarse dos tipos: los más antiguos, delgados y tectonizados como los de Carichapo (formados en o cerca de un arco de islas en una zona de convergente) y , los más jóvenes, menos tectonizados y con menos evidencias de metamorfismo, formados en una cuenca delante de un arco de islas (forearc, como las rocas de Botanamo) de edad en el orden de los 2.8 a 2.6 Ga esto según **MENDOZA (2012)**.

El siguiente patrón describe el campo de orógenos reciclados, el cual se asocia a aquellas áreas de proveniencia en donde espesas columnas de rocas sedimentarias o metamórficas de bajo grado han sido deformadas y exhumadas, conformando cadenas orogénicas que involucran secuencias a menudo de varios miles de metros de espesor (**MENDOZA, 2012**). **DICKINSON (1985)**, consideró tres tipos de ambientes tectónicos donde esta situación es frecuente: 1. Fajas de sutura, 2. Complejos de Subducción; 3. El margen externo de cuencas antepaís. Las areniscas procedentes de orógenos reciclados muestran amplia participación de fragmentos líticos, muy baja participación de feldespatos y variable participación (5% a 85%) de cuarzo, con frecuencia policristalino. Lo anterior tiene evidencia en la colisión Imataca-Pastora como parte del Supercontinente atlántica, en el cual se comenzó el fracturamiento del Supercontinente Atlántica-Caura y emplazamiento de las rocas básicas de las asociación Avenero, producto de la orogénesis transamazónica; tras el fracturamiento

de los primeros bloques del Supercontinente, comienzan a formarse nuevas cuencas magmáticas-sedimentarias. (**MENDOZA, 2012**)

También se pudo asociar los eventos anteriores de arco magmático y colisión, a eventos similares que ocurrieron posteriormente, como lo es la actividad magmática de Arco de Cuchivero, y la finalización de la Orogénesis Transamazónica. Ambas serie de eventos son anteriores a las Facies Molasoides Pre-Roraima. El siguiente parámetro referente a la procedencia se refiere a Cratón interior el cual corresponde a areniscas cuarzosas resultado de la erosión de una masa de rocas estable generalmente compuesta de rocas graníticas o gnéissicas, referente a esto **DICKINSON (1985)** ha señalado una alta relación cuarzo monocristalino/policristalino en las areniscas que concuerdan con esta procedencia, debido a la naturaleza de las áreas de proveniencia y a la mayor resistencia del cuarzo monocristalino a los procesos de meteorización y erosión, relación que puede observarse en las Areniscas Subarcóicas del estudio. Esta procedencia puede estar asociada a nivel regional a fragmentos de la provincia Imataca y Pastora, ocasionados por el inicio del fracturamiento del Supercontinente Atlantica-Caura, lo que coincide con el final de la Orogénesis Transamazónica y el inicio de la sedimentación de las facies molasoides del Roraima. Finalmente se describen los campos con menor porcentaje en el análisis, los cuales son los campos de mezcla, transicional reciclado y continental transicional, los cuales según **DICKINSON (1985)**, no siempre reflejan variaciones en las áreas de procedencia, ya que pueden resultar de la introducción mecánica de material correspondiente a diferentes áreas de aporte y pueden que estén más relacionados con alternancias en los ambientes depositacionales, es decir, que estas alternancias sean producto de variaciones composicionales dentro de la columna estratigráfica de una misma área de aporte, e incluso sean causadas por efectos climáticos que de una u otra manera generaron una eliminación selectiva de algunos componentes clásticos lo que puede producir corrimientos en las modas detríticas de mezcla, transicional reciclado y continental transicional.

Tabla 6. Tabla resumen de los cálculos de procedencia según parámetros de DICKINSON y SUCZEK (1979) y DICKINSON, y otros (1983) y su correlación con la Tabla resumen de litotipos, en función de los parámetros de PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973).

			Calculo para los triangulos de DICKINSON & SUCZEK, 1979 y DICKINSON et al., 1983 (se emplean los porcentajes en funcion del area de las particulas)		
			Triangulo Qm - F - Lt	Triangulo Q-F-L	Triangulo Qp-Ls-Lv
Unidad II	1,38	1,38(6)	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
		1,38(5)	Continental transicional	Continental transicional	Complejo de Subducción
		1,38(4)	Cratón interior	Cratón interior	Complejo de Subducción
		1,38(3)	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
		1,38(2)	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
		1,38(1)	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
	1,37	1,37 Tope	Cratón interior	Cratón interior	Complejo de Subducción
		1,37 Medio	Cratón interior	Cratón interior	Complejo de Subducción
		1,37 Base	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
	1,36				
	1,35	1,35			
	1,34	1,34	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Arco Orogenico
	1,33				
	1,32				
	1,31	1,31	Cuarzoso reciclado	Cratón interior	Complejo de Subducción
Unidad I	1,30	1,30			
	1,29	1,29	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
	1,28	1,28 Tope	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
		1,28 Base	Cratón interior	Continental transicional	Orogeno Colisional
	1,27	1,27 Base	Cuarzoso reciclado	Cratón interior	Complejo de Subducción
	1,26				
	1,25	1,25 Tope	Cratón interior	Continental transicional	Orogeno Colisional
		1,25 Base	Mezcla	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional
	1,24				
	1,23				
	1,22	1,22	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional
	1,21				
	1,20				
	1,19	1,19			
	1,18				
	1,17				
	1,16	1,16 Tope			
		1,16 Medio			
		1,16 Base	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Complejo de Subducción
	1,15				
	1,14				
	1,13				
	1,12				
	1,11	1,11 Tope	Cratón interior	Cratón interior	Orogeno Colisional
		1,11 Base	Transicional reciclado	Orógeno reciclado	Complejo de Subducción
	1,10	1,10	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Complejo de Subducción
	1,9				
	1,8	1,8			
	1,7	1,7 Tope	Cratón interior	Continental transicional	Complejo de Subducción
		1,7 Base	Mezcla	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional
1,6	1,6 Tope	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional	
1,5	1,5	Transicional reciclado	Orógeno reciclado	Complejo de Subducción	
1,4					
1,3	1,3	Arco no disectado	Arco no disectado	Orogeno Colisional	
1,2	pe Contacto c	Arco no disectado	Arco no disectado	Orogeno Colisional	
	1,2 Tope(2)	Arco transicional	Arco disectado	Orogeno Colisional	
	1,2 Tope(1)	Transicional reciclado	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional	
	1,2 Medio	Mezcla	Arco disectado	Complejo de Subducción	
1,1	1,1 Derecha				
	1,1 Tope	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional	
	1,1 Base	Cuarzoso reciclado	Orógeno reciclado	Orogeno Colisional	

5.7. ANALISIS MINERALOGICO POR DIFRACCION DE DRX

Para complementar los estudios petrográficos, la técnica por difracción de rayos X permite identificar los minerales en las muestras seleccionadas con fines específicos. Para dicho estudio con el fin de apoyar los resultados obtenidos en el análisis petrográfico: se analizaron el 55% de la totalidad de las muestras, de las que se identificaron los granos más predominantes

Tabla 7. Resumen de los componentes minerales encontrados por Difraccion de Rayos X.

MUESTRAS	MINERALOGÍA													
	Cuarzo	Feldespato Potásico	Albita	Calcita	Epidoto	Zircón	Muscovita	Magnetita	Hematita	Goethita	Limonita	Illita	Smectita	Caolinita
1.38(6)														
1.38(3)														
1.37 T														
1.35														
1.31														
1.30														
1.29														
1.28 T														
1.28 B														
1.27 B														
1.25 T														
1.25 B														
1.16 T														
1.16 M														
1.16 B														
1.11 T														
1.11 B														
1.7 B														
1.5														
1.2 T														
1.1 T														
1.1 B														

Algunos de los componentes mineralógicos que se identificados son, el cuarzo, el feldespato potásico, la albita, el epidoto, y la muscovita. Producto de la cantidad de cuarzo presente en las muestras, se generaron picos que denotan la intensidad de este componente mineral y lo mismo género que se opacaran algunos de los espectros de los demás componentes minerales, haciendo más difícil la disolución del resto de los componentes. Para el caso del epidoto, el cual no es reconocido completamente, debido a que su origen en la sección es producto de la alteración de las plagioclasas cálcicas, hecho que genera que aun posea cualidades cristalográficas de estas y por esto no es reconocido en su totalidad, por ello es que en la *tabla 7* se muestra al epidoto como no reconocido completamente.

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- Se determinaron los litotipos de la sección estratigráfica pertenecientes a la pared sur del tepuy Padapue, esto en función de los parámetros establecidos por **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)**, y bajo la metodología y uso de las herramientas establecidas por **YORIS (1989)**, de lo que se obtuvo la siguiente distribución porcentual: para el patrón $Q = QM + QP$ (Q=cuarzo total, QM=cuarzo monocristalino, QP=cuarzo policristalino) de **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)**, los litotipos son: Grauvaca Feldespática (10%), Areniscas Líticas (15%), Lutitas (18%), Grauvacas Líticas (20%) y las Areniscas Subarcosicas (37%), para el segundo patrón de **PETTIJOHN, POTTER & SIEVER (1973)**, de donde para el recalcu de los elementos 'L' se incluyen en QP (L=líticos, QP=cuarzo policristalino), Grauvacas Feldespáticas (5%), Areniscas Sublíticas (5%), Areniscas líticas (15%), Lutitas (18%), Grauvacas Líticas (25%) y Areniscas Subarcosicas (32%). En ambos patrones las Areniscas Subarcosicas, Grauvacas Líticas y lutitas, representan en porcentaje la fracción mayoritaria de los litotipos en la sección.
- Se observaron las variaciones mineralógicas en la sección, corroboradas a través del análisis modal y difracción de rayos x, medio por los cuales se identificó al cuarzo como el elemento predominante para toda la sección, con una presencia que corresponde al 49,45%, en promedio de todos los elementos que conforman las muestras. Se pueden diferenciar a lo largo de la columna dos poblaciones bien definidas de cuarzo en función de su forma, el primer grupo de cuarzos corresponden a los cuarzos subangulares con alta esfericidad y el segundo grupo a cuarzo subangulares de baja esfericidad, hecho que indica dos posibles fuentes de aporte del material silicio. Otro de los aspectos que indican múltiples fuentes es la existencia de dos marcados grupos de fragmentos de rocas, con una importante tendencia a disminuir de base a tope, estos fragmentos de rocas están agrupados en: fragmentos sedimentarios a los que corresponden los fragmentos de areniscas arcillosas y fragmentos ígneos, los cuales están conformados por fragmentos volcánicos no metamórficos y fragmentos de rocas ígneas félsicas.

- Se establecieron dos unidades informales en función de las características texturales, litotipos y ambiente tectónico de procedencia. La primera unidad está definida desde la base de la columna hasta la sección 1.30, la cual no posee una clara tendencia en un litotipo en específico, distribuyéndose de forma casi equitativa entre las areniscas líticas, subarcosicas y las grauvacas líticas. Texturalmente, se observan contactos puntuales y flotantes, con poco o nada presencia de cemento silicio; para esta unidad es relativamente abundante los fragmentos de rocas, la presencia del feldespatos potásico y la matriz; los patrones de procedencia indican tendencia a lo a actividad de arco y orógenos reciclados. La unidad dos se ubica desde la sección 1.31 hasta el tope de la columna, se caracteriza por una importante presencia de areniscas subarcosicas, lo que marca una importante tendencia hacia este litotipo. Texturalmente se observan contactos suturados y presencia de cemento silicio; los fragmentos de rocas, feldespatos potásico y matriz, son escasos; la procedencia muestra una marcada tendencia al ambiente de procedencia cratón interior.
- Se observa para la sección como varían los porcentajes de matriz a lo largo de la misma, definiéndose dos grupo que coinciden con las unidades informales descritas de la sección, donde la unidad 1, que corresponde mayoritariamente a los espesores de la base de la sección posee un 19% en promedio de matriz, muy contrastante con el 1,8% que corresponde a la unidad 2, relacionada con los espesores más al tope. Esta diferencia entre unidades es también atribuida a dos o más fuentes de aportes, con variadas características texturales antagónicas, entre las que destacan la presencia de material fino.
- Al analizar las características texturales de la sección, se observó una notable diferencia en la variación vertical del cemento, que al igual que la matriz la se puede dividir en dos unidades; unidades que coinciden en magnitud y proporción. La unidad uno que corresponde a los elementos más a la base posee una cantidad de matriz escasa, en ocasiones nula. Para la unidad II la cantidad de cemento aumenta respecto al observado en la unidad I. Se puede apreciar que a medida que aumenta

la cantidad de cemento en la sección es menor la cantidad de matriz, tanto así como para mostrar una tendencia inversamente proporcional. Otra de las características texturales que nos dan indicio de las presiones sufridas en la sección, son los contactos entre granos, rasgo muy peculiar para la columna, ya que son característicos los contactos suturados en las secciones más al tope (de 1.31 a 1.38 (6)) y las secciones más a la base muestran contactos flotantes, al separar esta notable diferencia en dos grupos, los mismos coinciden con las unidades descritas anteriormente; esta diferencia es atribuida principalmente a la diferencia entre fuentes de aportes y a la variación de la cantidad de matriz en la columna, observándose nuevamente una relación inversamente proporcional entre tipos de contactos y cantidad de matriz, es decir, a menor cantidad de matriz se observaron contactos suturados y a mayor cantidad de matriz contactos flotantes.

- Para las muestras del estudio se pueden establecer que las mismas pertenecen a un régimen **MESOGÉNICO**, usando como elementos que sustente esta afirmación los siguientes aspectos observados: 1) La ausencia de sanidina, ortosa y las plagioclasas cálcicas, son evidencia de un fuerte proceso de disolución y alteración. La casi exclusiva presencia de Feldespato está reflejada en la presencia de Albita y Microclino, debido a que su estructura ordenada es mucho más estable en estas condiciones diagenéticas. 2) La albitización de los feldespatos cálcicos y potásicos es un fenómeno corriente en areniscas sometidas a este régimen diagenético. 3) La presencia de contactos suturados en el tope de la columna y 4) La presencia de cemento silicio.
- Se puede relacionar en función de los patrones que se generaron a partir de los diagramas de **DICKINSON & SUCZEK (1979)** y **DICKINSON, y otros (1983)**, y su ubicación en la columna, una secuencia donde primero se encuentra una secuencia asociada a actividad de un arco magmático, que posiblemente refleje el aporte de áreas relacionadas a márgenes activos (zonas de subducción) y a su vez a cinturones de rocas verdes asociados a la Provincia de Pastora. El siguiente patrón (secuencia más al tope) describe el campo de orógenos reciclados relacionados con la colisión Imataca-Pastora como parte del Supercontinente atlántica.

- El presente estudio carece de un estudio geocronológico, por lo que se recomienda realizar el mismo a la totalidad de las muestras y así poder determinar la relación de edad y acontecimientos geológicos con la geología regional descrita para el área. .
- Es altamente recomendable realizar nuevas caracterizaciones, a otros tepuys cercanos al Padapue, para de esta manera obtener las variaciones laterales de las secciones sedimentológicas del área, que ayuden a establecer el paleoambiente de estas estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUERREVERE, S., LÓPEZ, V., DELGADO, C., & FREEMAN, C. (1939). Exploración de la Gran Sabana. *Rev.Fomento*, 501-734.
- ALBERDI, M. (1989). *Informe Geologico-Geoquimico de la zona El Piston de Uroy-Abaren*. CVG-Tecmin. C.A. Reporte Anual.
- ALEZONES, R. (2009). *Procedencia de las facies arenosas de la secuencia paleocena-eocena en la parte occidental del Lago de Maracaibo, región de Perijá, estado Zulia* (Vol. Inedito). Caracas: Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología, UCV.
- ARIAS, I. (2004). *Estudio de minerales de arcilla presentes en muestras de sedimentos superficiales y núcleos de la fachada atlántica venezolana*. Caracas: UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.
- ASCANIO, E., & HUNG, O. (1992). *"Ambientes sedimentarios y tectónicos de la secuencia cretácico-terciaria en la región de Zea-Mesa Bolívar, El Vigía-Estánquez, estado Mérida"* . Caracas: Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Dpto. Geología.
- BANGS, C., & BASU, A. (1994). Provenance analysis of muddy sandstone. *Journal of Sedimentary Research*, v. A64, 2-7.
- BARRIOS, F., CORDANI, H., & KASAWACHITA, K. (1985). Caracterización Geocronológica del T.F. Amazonas,Venezuela. *VI Cong. Geol. Venezolano*, Vol. 3, (págs. 1432-1480).
- BASU, A. (1976). Petrology of Holocene fluvial sand derived from plutonic source rocks, implications to paleoclimatic interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.46, 694-709.
- BELLIZZIA, A. (1957). Consideraciones pretrogenéticas de la provincia magmática de Roraima (Guayana venezolana). *Bol. Geol.* 4(9), 53-81.
- BENEDETTI, M., & HERNÁNDEZ, C. (2007). *Evolución tectono-estratigráfico y procedencia de los sedimentos clásticos del surco de Guárico en las secciones El Pao – Valle Morín, estados Cojedes y Aragua*. Caracas: UCV-G, 123 p.

- BEYERA, R., HIATT, E., KYSER, K., DREVER, G., & MARLATT, J. (2015). Stratigraphy, diagenesis and geological evolution of the Paleoproterozoic Roraima Basin, Guyana: Links to tectonic events on the Amazon Craton and assessment for uranium mineralization potential. *Precambrian Research*(267), 227-249.
- BHATIA, M., & CROOK, K. (1986). *Trace element characteristics of gneisses and tectonic discrimination of sedimentary basin*. Contrib. Mineral. Petrol. v. 92, p. 181-193.
- BLATT, H. (1992). *Sedimentary Petrology* (2 ed.). New York: W.H. Freeman and Company.
- BRICEÑO, H. (1983). *Cartografía geológica en ambiente de selva utilizando técnicas de sensores remotos: río Caroní: Venezuela*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Geoquímica. Trabajo de Ascenso de la categoría de Profesor Asistente a Profesor Agregado.
- BRICEÑO, H., & SHUBERT, C. (1985). Análisis de fracturamiento en zonas de tepuy. *Mem. VI Cong. Geol. Ven.*, 8, (págs. 5503-5521).
- BRICEÑO, H., & SHUBERT, C. (1990). Geomorphology of the Gran Sabana, Guayana Shield, southeastern Venezuela. *Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam*, 125-141.
- BRICEÑO, H., TAPIA, J., & ESTANGA, Y. (1989). Formación Ichúm, volcanismo ácido del Grupo Roraima. *VIII Congreso Geológico Venezolano* (págs. 52-81). T5.
- CAMPOSANO, L., & MARTÍNEZ, N. (2000). *Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas de las formaciones barco y mirador, San Pedro del río, edo. Táchira*. Caracas: Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Dpto. Geología. 266 p.
- COELLO, V. (2012). *Significado tectónico y procedencia de la formación Guárico a través de análisis petrográfico y minerales pesados, Venezuela norcentral*. Tesis especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Dpto. Geología. 281 p.
- CONDIE, K. (1994). Archean Crustal Evolution. *Developments in Precambrian Geology 11*. Elsevier, 542.

- CORDANI, U., & BRITO NEVES, B. (1982). The Geologic Evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. *Brasileira de Geociencias*. Vol. 12, Núm. 1-3, 78-88.
- DE ROS, L., AL-AASM, & IHSAN, S. (1997). Diagenesis of siliciclastic and volcanoclastic sediments in the Cretaceous and Miocene sequences of the NW African margin (DSDP Leg 47A, Site 397). *edimentary Geology*, 112(1-2), 137-156.
- DICKINSON, W. (1970). Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Jour. Sed. Petrology*. v,40, 695-707.
- DICKINSON, W. (1985). *Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones*. Zuffa, G: Provenance of arenites. Reidel Publishing Company.
- DICKINSON, W. R., BEARD, L., BRAKENRIDGE, G., ERJAVEC, J., FERGUSON, R., INMAN, K., . . . RYBERG, P. (1983). *Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting*. Tucson, Arizona: Geol Soc Amer Bull 94.
- DICKINSON, W., & SUCZEK, C. (1979). Plate tectonics and sandstones compositions. *AAPG-Bull*, 2164-2182.
- FOLK, R., ANDREWS, P., & LEWIS, D. (1970). Detrital sedimentary rocks classification and nomenclature for use in New Zeland. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics*.
- GALÁN, C. (1982). Notas sobre la morfología de la Cueva Autana y algunos comentarios generales sobre las formas pseudocársicas desarrolladas en cuarcitas del Grupo Roraima, Guayana venezolana. *Bol. Soc. Ven. Espeleol.*, 10 (19), 115-128.
- GANSSER, A. (1974). The Roraima Problem (South America):. *Verhaudl. Naturf. Ges., Basel*, 84, 80-100.
- GARNER, H. (1966). Derangement of the Río Caroní, Venezuela. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, N.2, 50-83.
- GAUDETTE, H., MENDOZA, V., HURLEY, P., & FAIRBURN, N. (1977). Geology and age of the Parguaza Rapakivi granite, Venezuela. *Geol. Soc. America, Bull.*, 89, 1335-1340.
- GHOSH, S. (1977). Geología del Grupo Roraima en el Territorio Federal Amazonas. *Mem.V Cong. Geol. Venezolano*, Vol. 1, (págs. 167-193). Caracas.

- GHOSH, S. (1978). The Roraima Problem: A case of Precambrian Cratonic Sedimentation in South América: (Abstract). *10th International Sedimentological Congress*, (págs. 246-247). Jerusalem.
- GHOSH, S. (1985). Geology of the Roraima Group and its implications. *Mem. I Simp. Amaz., Puerto Ayacucho*, (págs. 33-50). Caracas.
- GHOSH, S. (1985). Geology of the Roraima Group and its implications. *I Simp. Amazónico*, (págs. 33-50). Puerto Ayacucho.
- GIBSS, A., & BARRON, C. (1983). The Guiana Shield Reviewed. *Episodes*, 1983(2), 7-14.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: foninves.
- GOODWIN, A. (1991). Precambrian Geology: The Dynamic Evolution of the Continental Crust. *Academic Press Geol. series, London*, p. 666.
- GRAF, W., HEREFORD, R., LAITY, J., & YOUNG, R. (1987). Colorado Plateau. In: W.L Graf (Editor), *Geomorphologic Geol. Soc. Am. Cent.*, 2, 259-302.
- GRUPO CIENTIFICO CHIMANTA . (1987). Reconocimiento preliminar del Macizo de Chimanta, Estado Bolívar (Venezuela). *Acta Científica Venezolana*, 37, 25-42.
- HACKLEY, P., URBANI, F., KARLSEN, A., & GARRITY, C. (2006). *Mapa geológico de Venezuela. U.S. Geological Survey. Escala 1:750.000*. Obtenido de U.S. Geological Survey Open File Report 2006-1109: <http://pubs.usgs.gov/of/2006/1109/>
- HALLSWORTH, C. R., & KNOX, R. (1999). *BGS Rock Classification Scheme. Volume 3. Classification of sediments and sedimentary rocks. Research Report, RR 99-03*. British Geological Survey. Retrieved 2008-07-17.
- INGERSOLL, R., BULLARD, T., FORD, R., GRIMM, J., PICKE, J., & SARES, S. (1984). *The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method*. *Journal of Sedimentary Petrology* 54. 103-116 p.
- KALLIOKOSKI, J. (1965). Geology of North-Central Guayana shield, Venezuela. *Geol. Soc. of America. Bull.*, Vol. 76, Núm. , 1.027-1.050.
- KEATS, W. (1974). The Roraima Formation in Guayana. *II Cong. Latinoamericano Geol.* (págs. 901-940). Caracas: Mem. Publ. Esp. Núm. 7, Vol. 2.

- KRYNINE, P. (1942). Differential sedimentation and its products during one complete geosynclinal cycle. *Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología* (págs. 537-561). Santiago, Chile: Geología 1st pt. 2.
- LEITE, J., & SOUZA, G. (2003). Geocronología Pb/Pb de Zircões Detríticos e Análise Estratigráfica das Coberturas Sedimentares Proterozóicas do Sudoeste do Cráton Amazônico. *Revista do Instituto de Geociencias-USP*, 113-127.
- MACK, G. H., & SUTTNER, L. J. (1977). Paleoclimate interpretation from a petrographic comparason of Holocene sands and the Fountain Formation (Pennsylvanian) in the Colorado front range. *Journal of Sedimentary Petrology*. v. 47, 89-100.
- MALAVÉ, L. (2004). *Análisis petrográfico de rocas clásticas*. . Caracas: LUMA, S.A.p 21-25.
- MARCANO, M. (1992). *Estudio sedimentológico de la secuencia cretácico-terciaria en la región de Zea-Mesa Bolívar, El Vigía-Estánquez, estado Mérida* . Caracas: Tesis especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.
- MARTINI, J. (1982). Karst in Black Reef and Wolkenberg Group quartzite of eastern Transvaal escarpment. S.A. *Bol. Soc. Ven. Espeleol.*,10, 99-114.
- MENDOZA, V. (1973). Evolución tectónica del Escudo de Guayana (Resumen). *II Congreso Latinoamericano de Geología*, (pág. 75). Caracas.
- MENDOZA, V. (1977). Evolución Tectónica del Escudo de Guayana. *II Cong. Latinoamericano Geol. Caracas*, (págs. 2237-2270). Mem. Publ. Esp. Vol. 3,Núm. 7.
- MENDOZA, V. (2012). *Geología de Venezuela: Evolucion Geológica, Recursos Minerales del Escudo de Guayana y Revisión del Precámbrico Mundial* (2a ed., Vol. Tomo I). Bogota: Gran Colombia Gold.362.
- MENDOZA, V., BENAİM, N., & SOSA, C. (1974). Grupo Roraima: una revisión. (pág. 9). Simp. Sobre la Geología del Escudo de Guayana. Dir. Geol. Min. Upata.
- MENENDEZ, V. (1968). Revisión de la estratigrafía de la Provincia Pastora según el estudio de la Región de Guasipati, Guayana Venezolana. *Bol. Geol, Caracas, Vol. 10*, 309-338.
- MENENDEZ, V. (1972). Geología de la Región de Guasipati, Guayana Venezolana. *IV Congreso Geologico Venezolano, Memorias*. (págs. 49-67). Publ. Esp.Núm. 6.

- MORA, S. (2013). *Geología de Venezuela. Caracterización petrográfica, sedimentológica y geoquímica de la sección basal del pozo sol-6, formación la quinta, cuenca de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela*. Caracas: Tesis Especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Dpto. Geología. 246 p .
- MORAD, S. (1998). Carbonate Cementation in Sandstones. *Spec. Publs Int.Assoc. Sediment. No.26. Blackwell Science, Oxford*, 511.
- MORAD, S., & DE ROS, L. (1994). Geochemistry and diagenesis of stratabound calcite cement layers within the Rannoch Formation of the Brent Group, Murchison Field, Nortg Viking Graben (northern North Sea). *Sedim. Geol.*, 93, 135-141.
- MORAD, S., KETZER, J., & DE ROS, L. (2000). Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer insedimentary basins. *Sedimentology*, 47. *Millenium Reviews*, 95-120.
- OLMORE, S., & GARCIA-GERDES, A. (1990). *Cenozoic Tectonic evolution of the Norther margin of the Guiana Shield, Bolivar State, Venezuela*. Geol.Soc. of America, Vol. 22, Núm. 7. p. A337.
- PETTIJOHN, F. (1975). *Sedimentary rocks*. New York: Harper and Brothers.
- PETTIJOHN, F., POTTER, P., & SIEVER, R. (1973). *Sand and Sandstones*. New York: Springer-Verlag. Primera Edición.
- PETTIJOHN, F., POTTER, P., & SIEVER, R. (1987). *Sand and sandstone*. New York: Springer – Verlag. Segunda Edición .
- POUYLLAU, M., & SEURIN, M. (1985). Pseudo-karst clans les roches greso-quartzitiques de la Formation Roraima. *Karstologia*, 45-52.
- REID, A. (1974). Stratigraphy of the type area of the Roraima Group, Venezuela. *Conf. Geol. Interguayanas, Mem, Publ. Espec*, (págs. 6, 343-354).
- REIS, N. (2006). Monte Roraima, RR-Sentinela de Macunaíma. En M. Winge, C. Schobbengaus, M. Berbert-Born, E. Queiroz, D. Campos, C. Souza, & A. (. Fernandes, *Sitios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicadona Internet em 10/02/2006 no endereço*.
- RENNER, R., & GIBBS. (1987). Geochemistry and petrology of metavolcanic rocks of the Early Proterozoic Mazaruni Greenstone Belt, Northern Guyana. En T. PHARAOH, R. BECKINSALE, & D. RICKARD, *Geochemistry and mineralization of*

- Proterozoic volcanic suites* (págs. 289-309). Geol. Soc. of London, Spec. Publ., Vol. 33.
- RITTENHOUSE, G. (1971). Mechanical compaction of sand containing different percentages of ductile grains: a theoretical approach. *A.A.P.G., Bull.*, 55(1), 92-96.
- RITTENHOUSE, G. (1971). Pore space reduction by solution and cementation. *A.A.P.G., Bull.*, 55(1), 80-91.
- 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*. Caracas: UCV-G.
- SALAZAR, E., & FRANCO, L. (1994). Geología del Estado Bolívar, zonas Bochinchito, Marwani-Anacoco y Las Flores-Sua Sua. *III Simp. Int.Oro, AVO*.
- SANDOVAL, M. (2002). *Diagénesis de Areniscas*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- SANTOS, J., VAN BREEMEN, O., GROVES, D., HARTMAN, L., ALMEIDA, M., MCNAUGHTON, N., & FLETCHER, I. (2004). Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in The Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. *Precam. Research. Vol.131. Núm. 1-2*, 73-109.
- SCASSO, R., & LIMARINO, C. (1997). *Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas*. Argentina: Asociación Argentina de Sedimentología.
- SCHUBERT, C., & HUBER, O. (1989). *La gran sabana: Panorámica de una Región*. Caracas: Cuadernos Lagoven.
- SCHUBERT, C., BRICEÑO, H., & FRITZ, P. (1986). *Paleoenvironmental aspects of the Caroni-Paragua river basin (southeastern Venezuela)*. *Interciencia*, Vol.11, 278-289 p.
- SCHUBERT, C. (1988). Climatic changes during the Last Glacial Maximum in northern South America and the Caribbean: a review. *Interciencia*, 13, 128-137.
- SIDDER, G. (1995). Geology and Mineral Deposits of the Venezuelan Guayana Shield. *U.S.Geol. Surv. Bull. Núm. 2.124 A*, 01-20.
- SIDDER, G. B., & MENDOZA, V. (1995). Geology of the Venezuelan Guayana Shield and its relation to the geology of the entire Guayana Shield. *Geology and mineral*

- deposits of the Venezuelan Guayana Shield, Rep. no.B 2124 ; U.S. Geological Survey Bulletin, B1-B41.*
- SNELLING, N., & MCCONELL, R. (1969). The Geochronology of Guyana. *Geol. Mijnbouw*, 48, 201-2013.
- SOUZA, M., FERREIRA, M., TOHVER, E., SANTOS, F., ELMIN LUTE, S., & PACCA, I. (2008). Proterozoic Paleogeographic evolution of South American Cratons. *33rd Int. Geol. Congress. Oslo (Noruega). Resúmenes* .
- SUTTNER, L., BASU, A., & MACK, G. (1981). Climate and the origin of quartz arenites. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 51, 235-246.
- SZCZERBAN, E., & URBANI, F. (1974). Carsos de Venezuela, Parte 4: Formas cársticas en areniscas Precámbricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar. *Bol. Soc. Venez. Espel.*, 5(1), 27-54.
- TASSINARI, C., BETTENCOURT, J., GERALDES, M., MACAMBRIA, M., & LAFÓN, J. (2000). The Amazonian Craton. En U. CORDANI, & e. al, (Eds.) *Tectonic Evolution of South America, Rio de Janeiro* (págs. 41-95). Rio de Janeiro: Janeiro: 31st Int. Geol. Cong.
- TATE, G. (1938). Auyantepui. Notes on the Phelps Venezuelan Expedition. *Geogr. Rev.*, 28, 452-474.
- URBANI, F. (1986). Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima. *Interciencia*, 11, 298-300.
- URBANI, F., TALUKDAR, S., SZCZERBAN, E., & COLVÉE, P. (1977). Metamorfismo de las rocas del Grupo Roraima, estado Bolívar y Territorio Federal Amazonas. *Memoria V Congreso Geológico Venezolano*, 623-641.
- VAN DE PUTTE, H. (1974). Contribution to the stratigraphy and structure of the Roraima Formation state of Bolívar, Venezuela. *9 Conf. Geol. Interguayananas*, (págs. 372-394). Ciudad Guayana, estado Bolívar.
- WALDSCHMIDT, W. (1941). Cementing materials in sandstones and their probable influence on migration and accumulation of oil and gas. *A.A.P.G, Bull*, 25 (10), 1839-1879.
- WILKINSON, K., & STEVENS, C. (2003). *Environmental Archaeology: Approaches, Tempus, Stroud: Techniques & Applications*.

- WILSON, M., & PITTNAN, E. (1977). Authigenic clays in sandstones: recognition and influence on reservoir. *J. sedim. Petrol.* 47, 3-31.
- WORDEN, R., & BURLEY, S. (2003). Sandstone Diagenesis: The Evolution of Sand to Stone. En R. Worden, & S. Burley, *Sandstone Diagenesis: Recent and Ancient*. International Association of Sedimentologists.
- YORIS, F. (1989). *Proposición y desarrollo de un método para el análisis modal petrográfico*. Caracas: Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo de ascenso a profesor asociado. 197 p.
- YORIS, F. (1992). *Análisis de secuencias clásticas por métodos petrográficos y estadísticos* (Vol. Inedito). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Tesis de Doctorado en Ciencias Geológicas. 1052 p.
- ZAWIDZKI, P., URBANI, F., & KOISAR, B. (1976). Preliminary on the geology of the Sarisariñama plateau, Venezuela, and the origin of its caves. *Bol. Soc. Venez. Espel.*, 7(13), 29-37.

ANEXOS
SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA PARED SUR DEL TEPUY
PADAPUE

APÉNDICE A

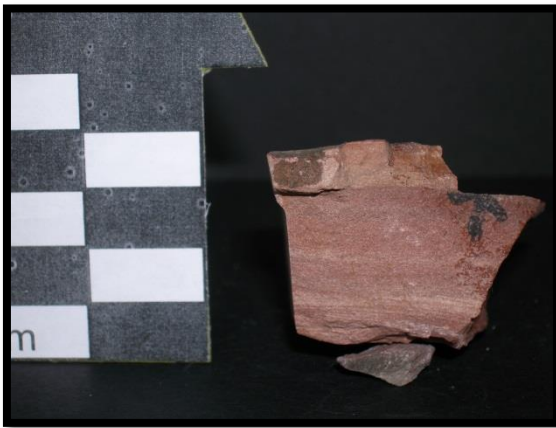
SÍNTESIS DE OBSERVACIONES, DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE MANO Y PETROGRAFÍA

MUESTRA: 1.1 BASE

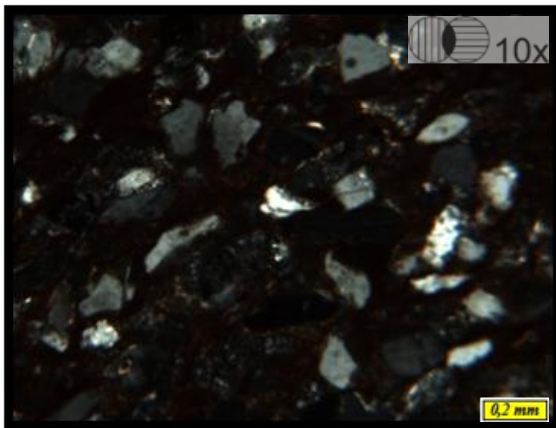
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.1, con un espesor aproximado de unos 3.30m.



Fotografía A. 1. Muestra 1.1 Base



Fotomicrografía A. 1. Muestra 1.1 Base

Tabla A. 1. Elementos muestra 1.1 Base

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	2,23%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM.E.R.)	13,79%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QME.O.)	16,85%
7 PLAGIOCLASA	4,11%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,55%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,59%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,22%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,43%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,16%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,91%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,06%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	1,17%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	57,13%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,80%

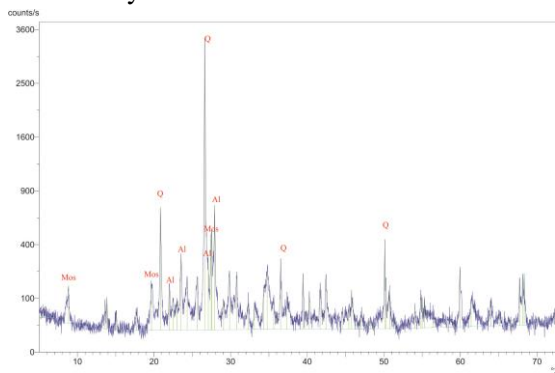
Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la

presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Feldespática* según la clasificación de **PETTIJOHN (1973)**, donde, $Q = QM + QP$, también se clasifica como *Grauvaca lítica* vamos los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** solo que esta vez Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula, presentando los siguientes resultados:

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.



Difractograma A. 1. Muestra 1.1 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en dos distintos

clasificaciones basadas en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Parámetro 1:

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN (1973)**, como una **Grauvaca Feldespática**.

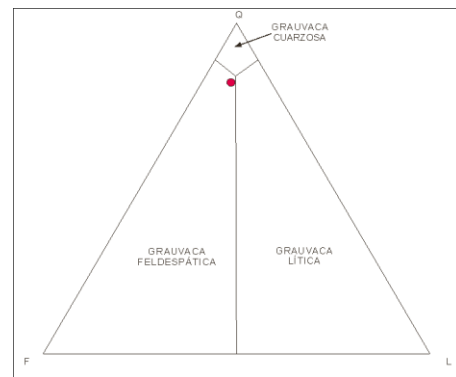


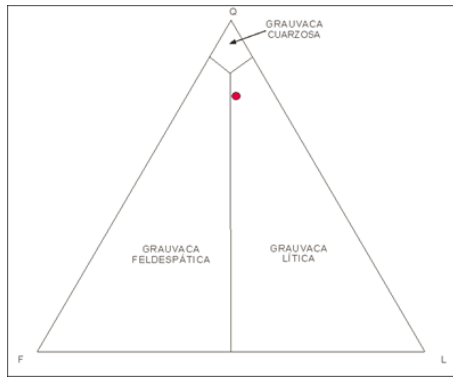
Diagrama A. 1. Grauvaca Feldespática

Parámetro 2:

Tabla A. 2. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 57%		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	76,75%	Q - F - L, donde L = Ftanita + QP
F	10,30%	
L	12,95%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una **Grauvaca Lítica**.



Difractograma A. 2. Grauvaca Lítica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un orógeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a orógeno Colisional.

MUESTRA 1.1 TOPE

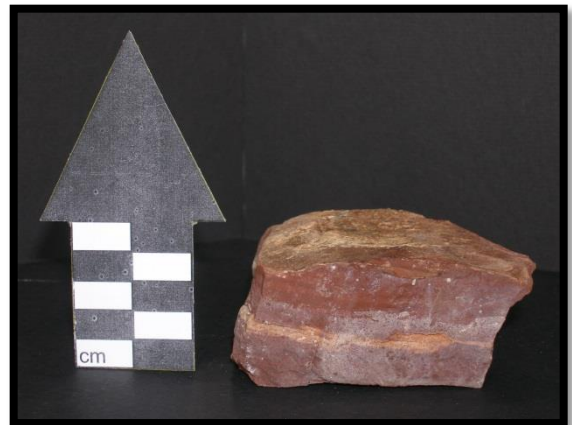
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

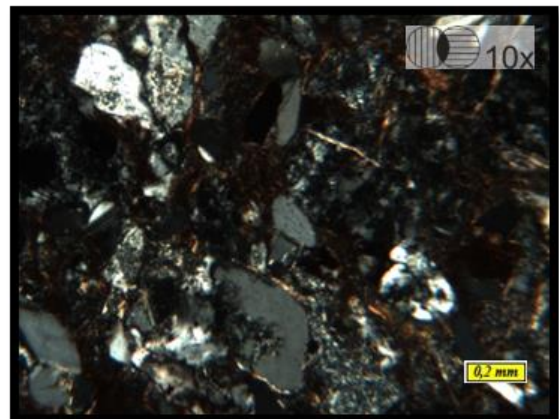
Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I,

Capa 1.1, con un espesor aproximado de unos 3.30m.



Fotografía A. 2. Muestra 1.1 Tope



Fotomicrografía A. 2. Muestra 1.1 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Descripción petrográfica:

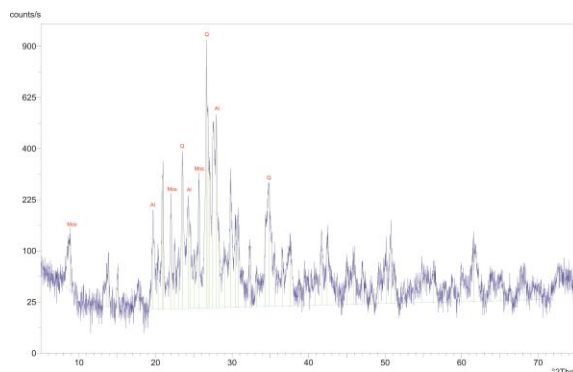
se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L;'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

-
-
-
-
-
-
-

Tabla A. 3. Elementos Muestra 1.1 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	4,32%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	8,02%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	21,42%
7 PLAGIOCLASA	4,38%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,98%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,53%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,79%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,33%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,33%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,08%
36 EPIDOTO	0,00%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	35,65%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,67%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	17,63%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	4,87%

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.



Difractograma A. 3. Muestra 1.1 Tope

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en dos distintas clasificaciones basadas en los parámetros de **PETTIJOHN (1973)**.

corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un orógeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a orógeno Colisional.

Para ambos parámetros:

Tabla A. 4. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 18 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	66,16%
F	9,84%
L	24,00%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

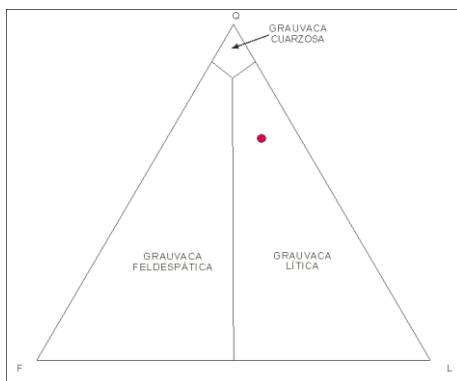


Diagrama A. 1. Grauvaca Lítica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra

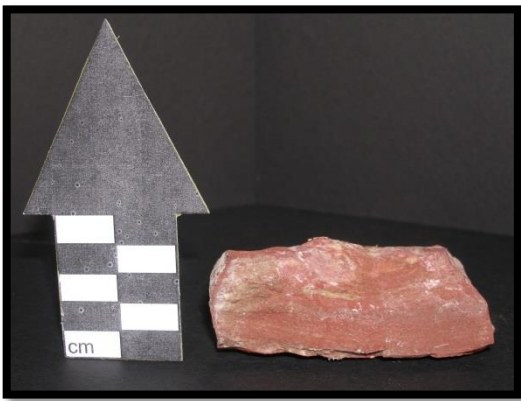
1.1 DERECHA

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

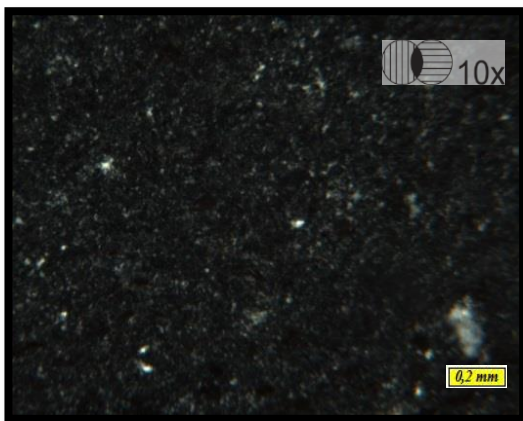
Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.1

Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal y DRX



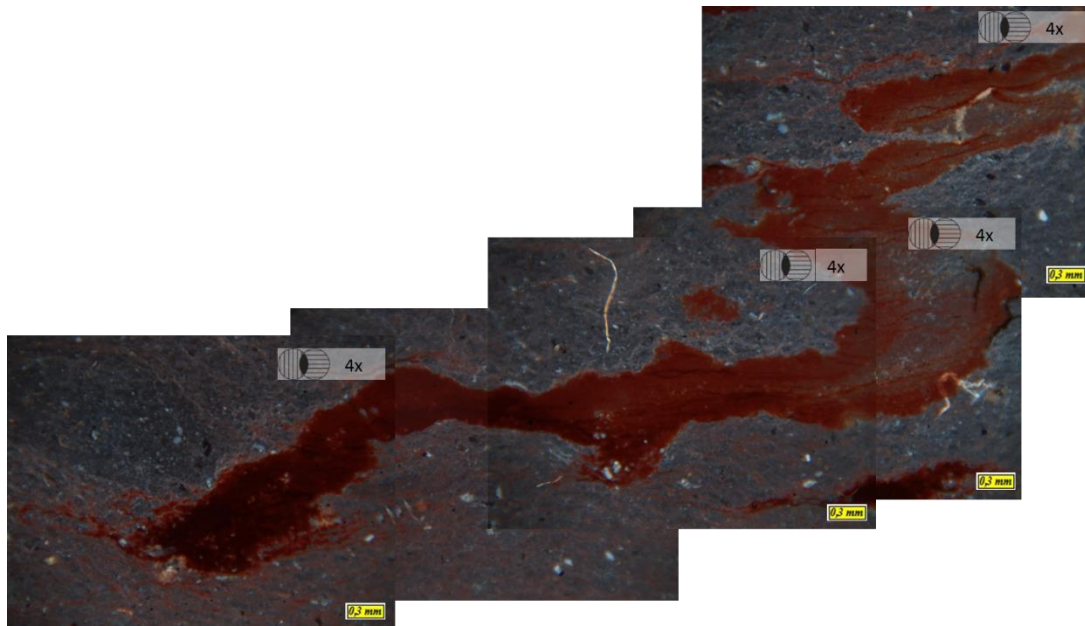
Fotografía A. 3. Muestra 1.1 derecha



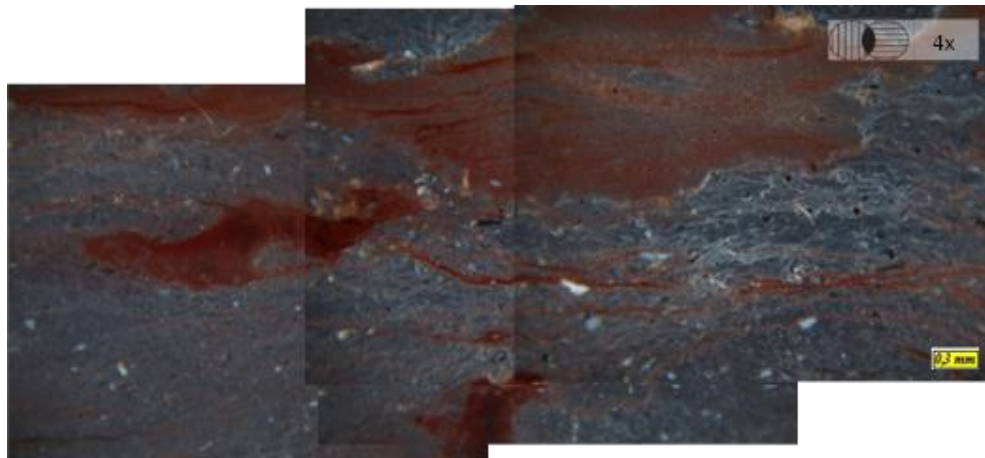
Fotomicrografía A. 3. 1.1. Derecha

Descripción petrográfica: para la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, la muestra corresponde a una Lutita, de la que podemos describir el material fino que la compone como limo-arcilloso. La muestra posee una peculiar estructura que indica deformación de los estratos, la misma se reconoce como una estructura de deformación penecontemporanea, es decir que ocurrió casi de manera simultánea ya sea durante el proceso de depositacion o después. Cuatro mecanismos principales pueden causar la deformación de sedimentos: 1) *las fuerzas de gravedad*, que actúan sobre una sucesión de estratos que muestran un gradiente de densidad inversa, es decir, capas de sedimentos más densas superpuestas en capas menos densas. 2) *Licuefacción de sedimentos*. 3) *Slumping*, movimientos generados por la acción de la gravedad en sedimentos depositados en pendientes. Por ultimo 4) *Esfuerzos cortantes*, ejercidos sobre sedimentos depositados a través de un flujo en movimiento encima de la capa.

La estructura que se observa en la muestra corresponde a *Ball and pillow*, que es una estructura similar a los pseudonódulos pero difiere principalmente en la cantidad menor de barro. Las *ball and pillow*, está compuesta por una capa de arena fina que se divide en la base con un fondo redondeado, la cual su parte superior puede ser perturbada y aplanarse. La presencia de esta estructura indica que no se produjo una licuefacción completa entre una capa y otra.



Fotomicrografía A. 4. Collages donde se observa la estructura de *Ball and pillow*



Fotomicrografía A. 5. Collages donde se observa la estructura de *Ball and pillow*

MUESTRA 1.2 MEDIO

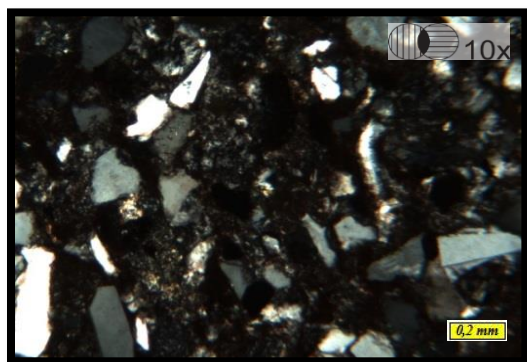
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.2, con un espesor aproximado de 1.80m.



Fotografía A. 4. Muestra 1.2 Medio



Fotomicrografía A. 6. Muestra 1.2 Medio

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 5. Elementos de la muestra 1.2 Medio

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,54%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,70%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,38%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	11,81%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	10,89%
7 PLAGIOCLASA	12,64%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	10,63%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	1,15%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,13%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,32%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,01%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,28%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,89%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,00%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	28,65%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	19,98%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje

de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 6. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 29%		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	33,10%	
F	18,44%	
L	48,46%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

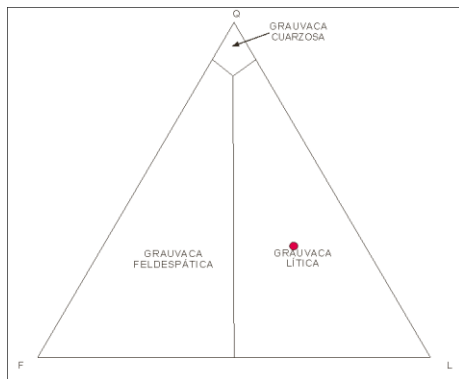


Diagrama A. 2. Grauvaca Lítica

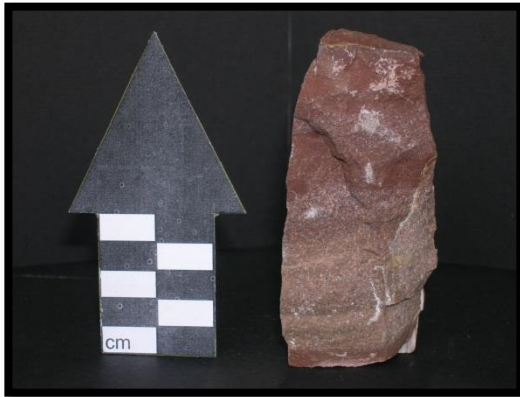
Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona de mezcla mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Arco disectado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a complejo de subducción.

MUESTRA 1.2 TOPE (1)

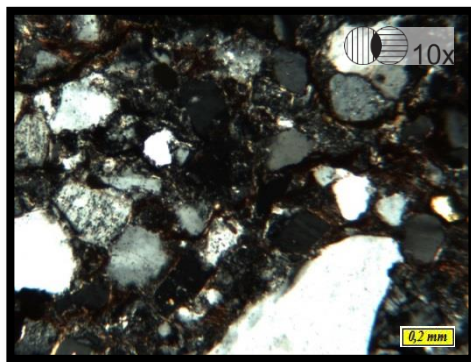
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.2, con un espesor aproximado de 1.80m.



Fotografía A. 5. Muestra 1.2 Tope (1)



Fotomicrografía A. 7. Muestra 1.2 Tope (1)

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 7. Elementos de la muestra 1.2 Tope (1)

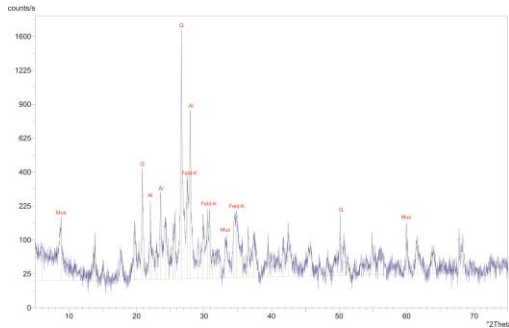
1 CUARZO POLIC.<4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.<4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.>3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.>3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	3,78%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	12,68%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	12,24%
7 PLAGIOCLASA	6,75%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	1,24%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	25,34%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,84%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,09%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,04%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,01%
36 EPIDOTO	0,07%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,24%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,00%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	25,65%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	11,03%

Descripción petrográfica:

se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción

mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Fotomicrografía A. 8. Muestra 1.2 Tope (1)

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

Tabla A. 8. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 26%				
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)				
Q	39,29%			
F	9,24%			
L	51,47%			

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Transicional Reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno Reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

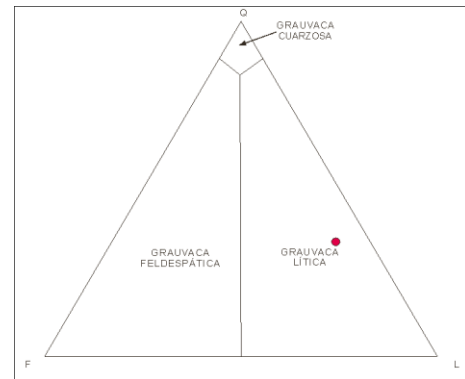


Diagrama A. 3. Grauvaca Lítica

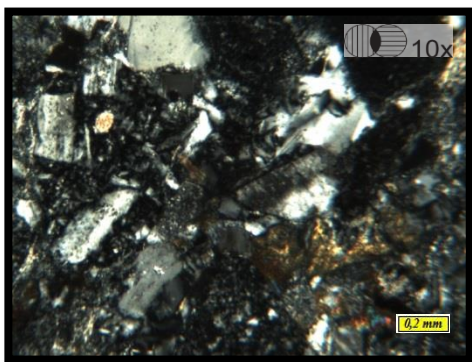
MUESTRA 1.2 TOPE (2)

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.2, con un espesor aproximado de 1.80m.



Fotomicrografía A. 9. Muestra 1.2 Tope (2)

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 9. Elementos principales

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	4,50%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	6,65%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	14,87%
7 PLAGIOCLASA	19,50%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	1,79%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	22,45%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,06%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,08%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,02%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,04%
34 ZIRCON	0,03%
36 EPIDOTO	3,32%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,03%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	4,91%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	21,75%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**

Tabla A. 10. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 5%	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	28,43%
F	21,31%
L	50,26%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.

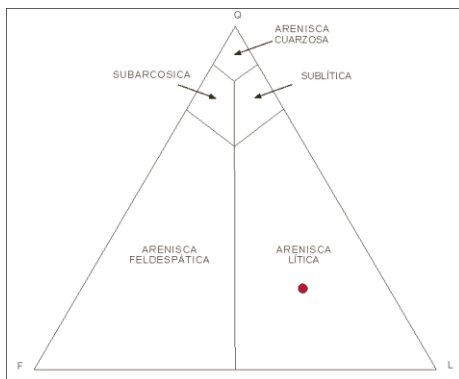


Diagrama A. 4. Arenisca Lítica

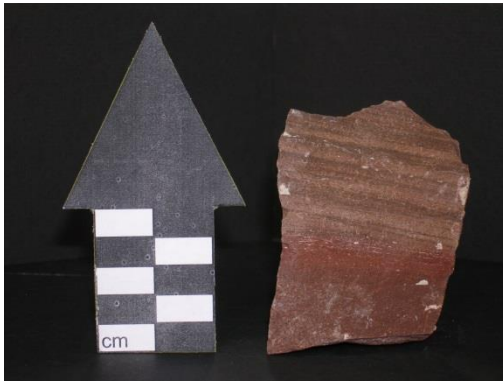
Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Arco Transicional mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Arco Disectado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

MUESTRA 1.2 CONTACTO CON 1.3

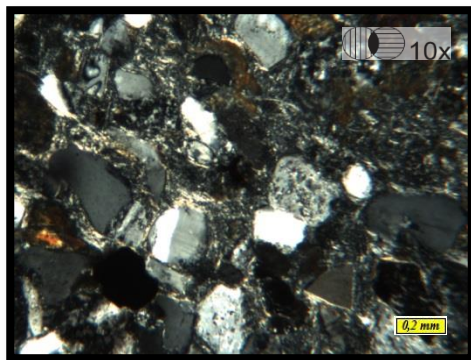
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.2, con un espesor aproximado de 1.80m.

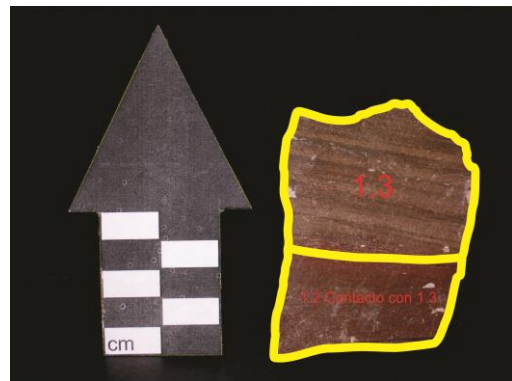


Fotografía A. 6. Muestra 1.2 Contc 1.3



Fotomicrografía A. 11. Muestra 1.2 Contc 1.3

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros. Se puede diferenciar a simple vista dos zonas muy bien marcadas donde, una donde son bastante visibles las laminaciones y otra donde la presencia de posibles materiales oxidados es predominante. Para una mejor descripción se procedió a separar la muestra en función de este patrón, de lo que se obtuvo dos análisis petrográficos distintos para la misma muestra, el primero es la muestra 1.2 *contacto con 1.3* y la segunda es la muestra 1.3. A continuación se presentan los resultados para la muestra 1.2 *contacto con 1.3*.



Fotografía A. 7. Secciones 1.3 y 1.2 contc 1.3

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Tabla A. 12. Elementos de la muestra 1.2 conc 1.3

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,86%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	4,92%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	7,83%
7 PLAGIOCLASA	2,38%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	1,22%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	3,58%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,14%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,01%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	4,02%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,06%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	2,41%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	71,57%

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 11. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 2%		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	15,65%	
F	2,55%	
L	81,80%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Arco no disectado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Arco no disectado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

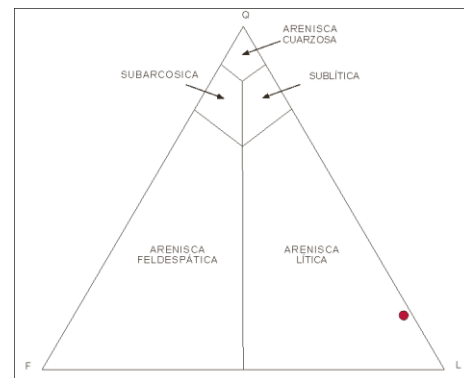


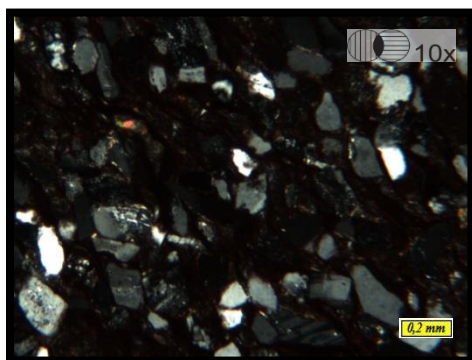
Diagrama A. 5. Arenisca Lítica

MUESTRA 1.3

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.2, con un espesor aproximado de 1.10m.



Fotomicrografía A. 12. Muestra 1.2

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros. Se puede diferenciar a simple vista dos zonas muy bien marcadas donde, una donde son bastante visibles las laminaciones y otra donde la presencia de posibles materiales oxidados es predominante. Para una mejor descripción se procedió a separar la muestra en función de este patrón, de lo que se obtuvo dos análisis

petrográficos distintos para la misma muestra, el primero es la muestra 1.2 *contacto con 1.3* y la segunda es la muestra 1.3. A continuación se presentan los resultados para la muestra 1.3.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **Pettijohn, Potter y Siever (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **Yoris (1989)**. El conteo modal indicó el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Tabla A. 13. Elementos muestra 1.2

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,51%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	1,11%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	1,90%
7 PLAGIOCLASA	1,02%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,18%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,11%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,01%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,01%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,03%
36 EPIDOTO	0,52%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,03%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	1,29%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	93,28%

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **Pettijohn, Potter y Siever (1973)**.

Tabla A. 14. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 5%	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	3,59%
F	1,04%
L	95,37%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Arco no disectado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Arco no disectado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

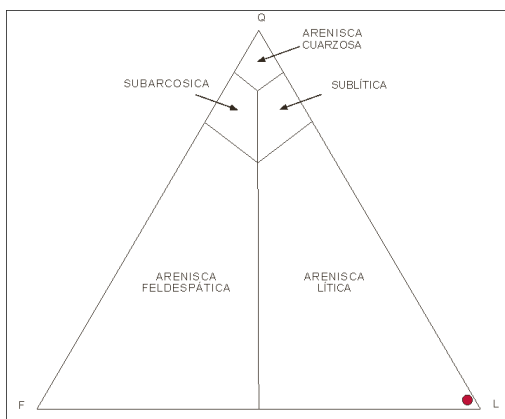


Diagrama A. 6. Arenisca Lítica

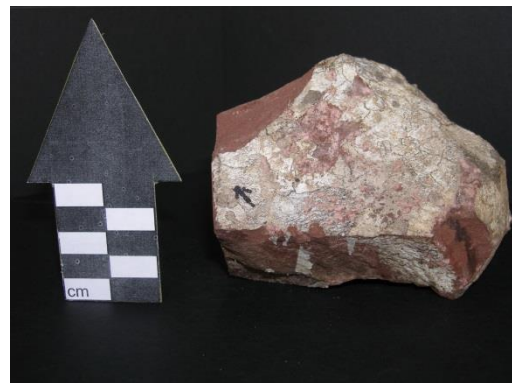
MUESTRA 1.5

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

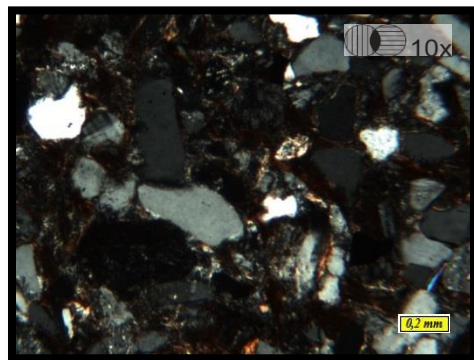
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.5, con un espesor aproximado de 1.5m.



Fotografía A. 8. Muestra 1.5



Fotomicrografía A. 13. Muestra 1.5

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

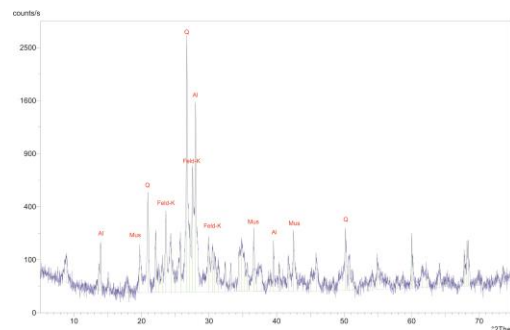
Tabla A. 15. Elementos de la muestra 1.5

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	2,20%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	4,78%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	2,29%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,35%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	12,94%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	10,68%
7 PLAGIOCLASA	10,79%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,78%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	14,43%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,06%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,06%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,03%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,82%
34 ZIRCON	0,05%
36 EPIDOTO	0,32%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	3,80%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	1,17%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,23%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	9,96%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	24,26%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje

de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 4. Muestra 1.5

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 16. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 14 %	
(se excluyen peloides y seudomorfos arcillosos)	
Q	28,29%
F	12,92%
L	58,79%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.



Diagrama A. 7. Arenisca Lítica

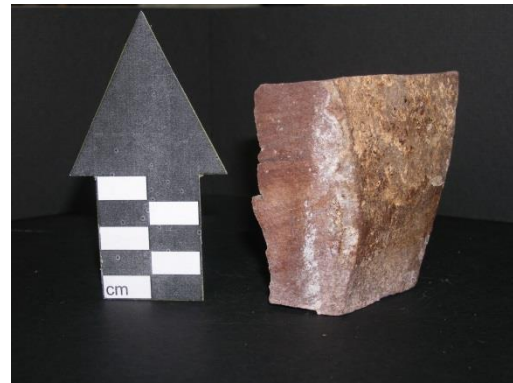
Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Transicional Reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno Reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Complejo de Subducción.

MUESTRA 1.6 TOPE

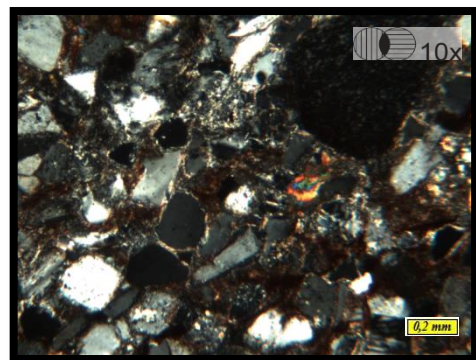
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.6, con un espesor aproximado de 1.80m.



Fotografía A. 9. Muestra 1.6 Tope



Fotomicrografía A. 14. Muestra 1.6 Tope

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se

presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 18. Elementos de la muestra 1.6 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,06%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,90%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	14,02%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QME.O.)	32,69%
7 PLAGIOCLASA	13,94%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	7,94%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,37%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,19%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,45%
36 EPIDOTO	0,32%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,27%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,76%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	10,33%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	16,76%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la

clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 17. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 11 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	55,74%
F	15,97%
L	28,29%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.

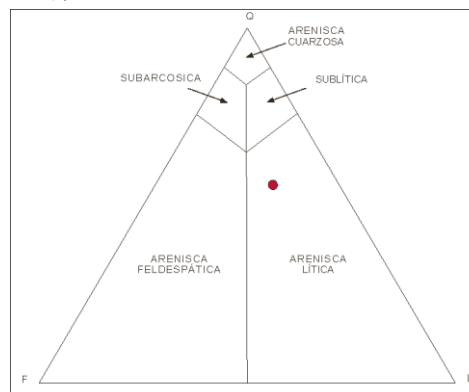


Diagrama A. 8. Arenisca Lítica

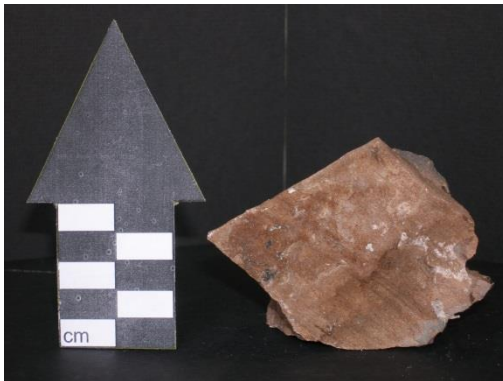
Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un orógeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a complejo de subducción.

MUESTRA 1.7 BASE

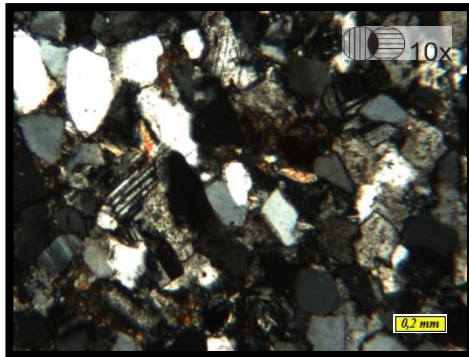
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.7, con un espesor aproximado de 4.90m.



Fotografía A. 10. Muestra 1.7 Base



Fotomicrografía A. 15. Muestra 1.7 Base

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

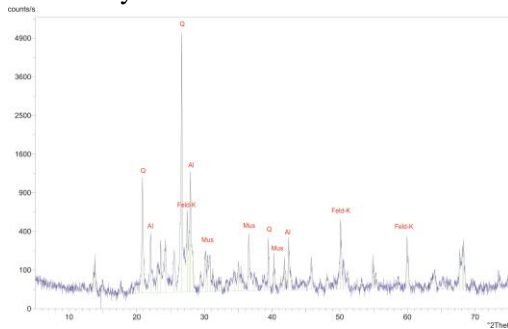
Tabla A. 19. Elementos de la muestra 1.7 Base

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	1,05%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,73%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	18,01%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	30,33%
7 PLAGIOCLASA	20,47%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	6,03%
18 CUARZO AUTIGENICO	1,86%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,17%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,07%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,09%
34 ZIRCON	0,15%
36 EPIDOTO	1,03%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,26%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	8,66%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	10,09%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de

variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 5. Muestra 1.7 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 20. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 9%		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	58,28%	
F	23,34%	
L	18,38%	Q- F- L donde Q= QM+ QP, con ftanita en 'L':

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

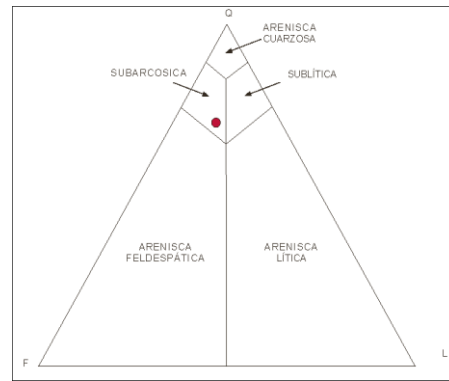
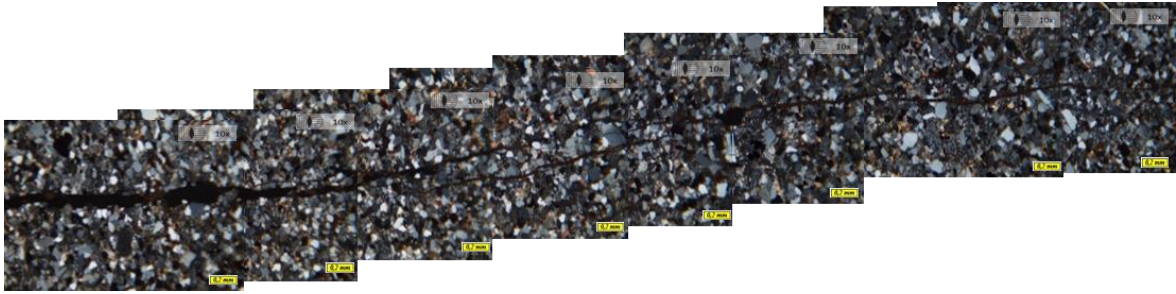


Diagrama A. 9. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un orógeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a complejo de subducción.



Fotomicrografía A. 16. Collages Microfractura

MUESTRA 1.7 TOPE

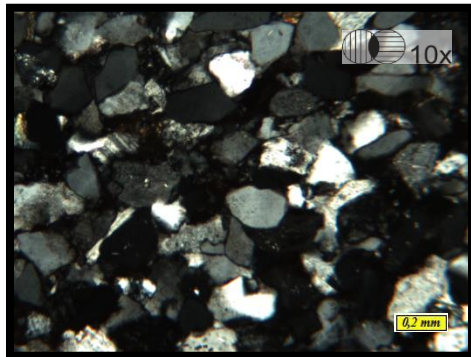
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.7, con un espesor aproximado de 4.90m.



Fotografía A. 11. Muestra 1.7 Tope



Fotomicrografía A. 17. Muestra 1.7 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 21. Elementos de la muestra 1.7 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,36%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	23,93%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	45,39%
7 PLAGIOCLASA	16,60%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	1,13%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,67%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,38%
36 EPIDOTO	0,05%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,00%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	5,73%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,72%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una

Arenisca Subarcosica. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 22. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 6 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	78,42%
F	18,42%
L	3,16%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

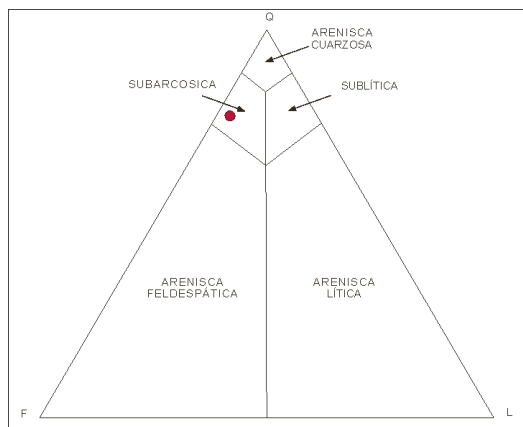


Diagrama A. 10. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un cratón interior mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a continental transicional y para el trinagulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

MUESTRA 1.8

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

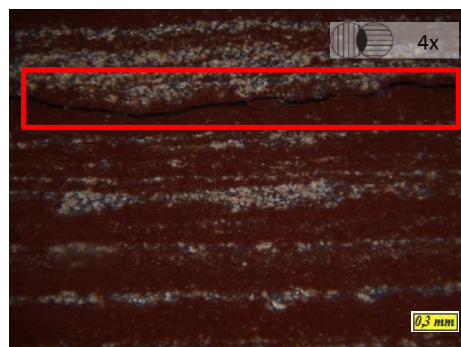
Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.8, con un espesor aproximado de 1.60m.

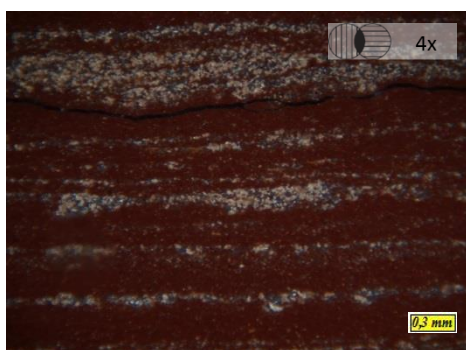


Fotografía A. 12. Muestra 1.8

La muestra corresponde a una Lutita, de la que podemos describir el material fino que la compone como limo-arcilloso. Se pueden observar principalmente tres estructuras: 1) laminación paralela no mayor a los 0.8mm cada lámina, 2) la fractura presente en la sección la cual se puede observar paralela a las laminaciones, 3) la estructura más compleja y peculiar son las inyectitas de arenas presentes en el material fino.



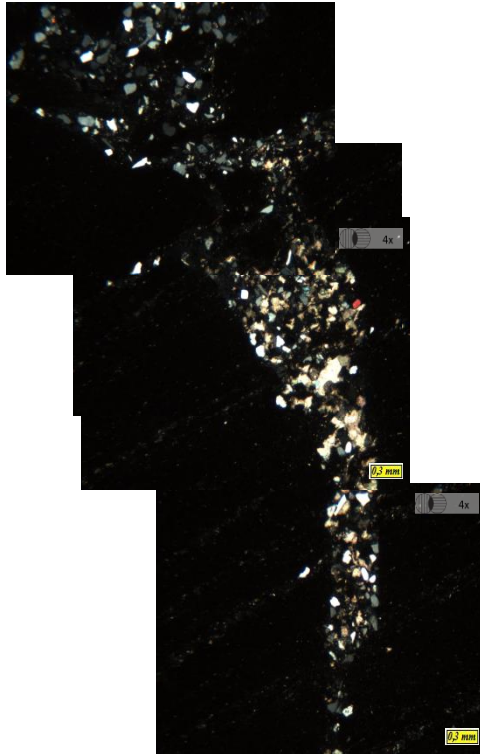
Fotomicrografía A. 18. Detalle de fractura



Fotomicrografía A. 19. Muestra 1.8

Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal y DRX

Las inyectitas de arenas de arenas se generan en las primeras etapas de sedimentación cuando existe la presencia de arena no consolidada encima de lutitas de baja permeabilidad, esto conjugado con el la diferencia de densidades entre materiales, la sobrepresión causada por uno o más mecanismos, tales como la compactación y un posible episodio disparador tal como un sismo o deslizamiento de terreno.



Fotomicrografía A. 20. Collages mostrando el detalle de las inyectitas

MUESTRA 1.10

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

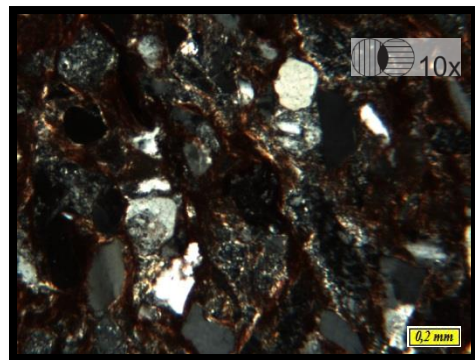
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.10, con un espesor aproximado de 0.70m.



Fotografía A. 13. Muestra 1.10



Fotomicrografía A. 21. Muestra 1.10

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 23. Elementos de la muestra 1.10

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	1,09%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	3,57%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	15,91%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	23,70%
7 PLAGIOCLASA	5,23%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	3,84%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	3,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,20%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,10%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,07%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,15%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,07%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,64%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	31,25%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	11,18%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 24. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 31 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	65,57%
F	7,75%
L	26,68%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

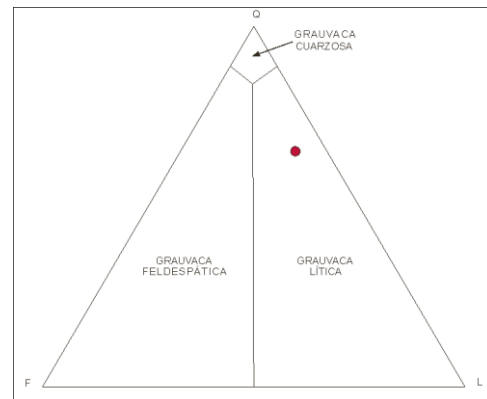


Diagrama A. 11 . Grauvaca Lítica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orogeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un

orogeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

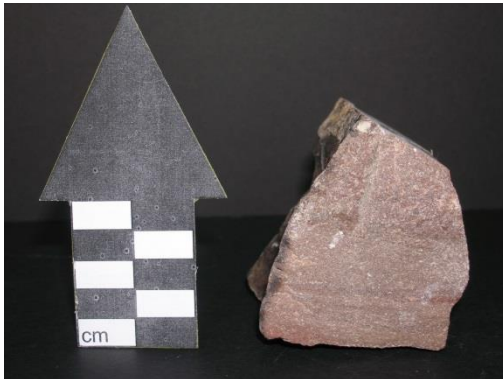
MUESTRA 1.11 BASE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

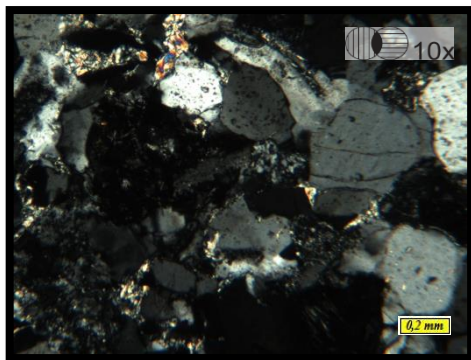
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.11, con un espesor aproximado de 4.60m.



Fotografía A. 14. Muestra 1.11 Base



Fotomicrografía A. 22. Muestra 1.11

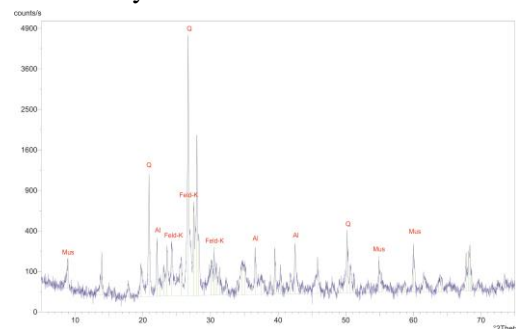
Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. A diferencia de las muestras anteriores son menos visibles las laminaciones.

Descripción petrográfica:

se clasifica como una *Arenisca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 6. Muestra 1.11 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 25. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =7%	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	50,65%
F	14,14%
L	35,21%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Lítica*.

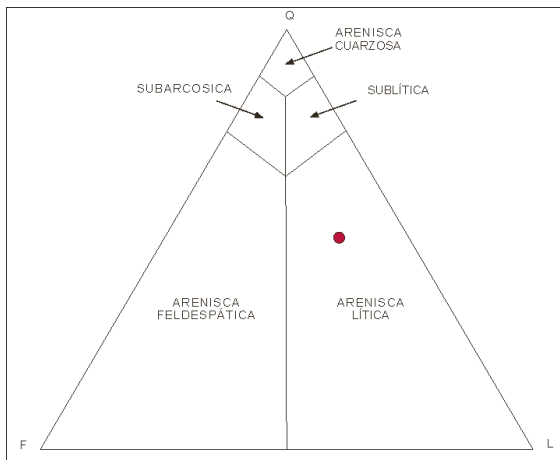


Diagrama A. 12. Arenisca Lítica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona Transicional Reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno Reciclado y para el triángulo

Qp-Lv-Ls, corresponde a un Complejo de Subducción.

MUESTRA 1.11 TOPE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

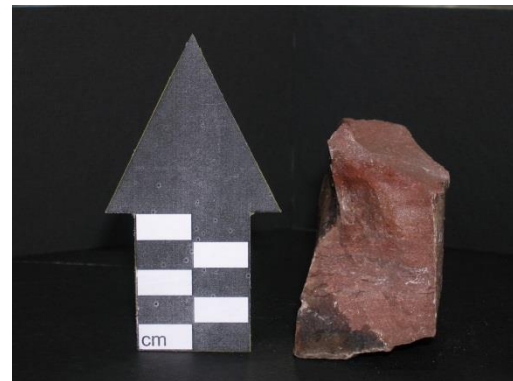
Coordenadas UTM: Zona: 20N.

Coordenada este: 589760.99m E.

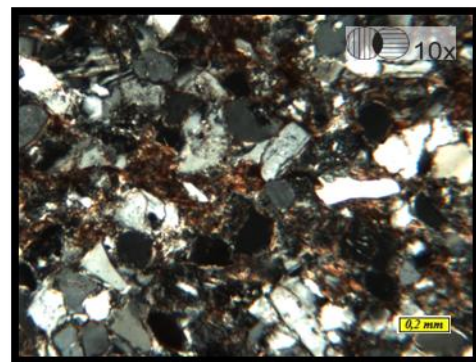
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.11, con un espesor aproximado de 4.60m.



Fotografía A. 15. Muestra 1.11 Tope



Fotomicrografía A. 23. Muestra 1.11 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. A diferencia de las muestras anteriores son menos visibles las laminaciones.

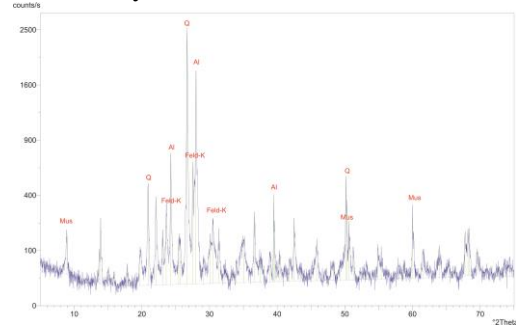
Tabla A. 26. Elementos muestra 1.11 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	2,66%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	25,74%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	41,62%
7 PLAGIOCLASA	10,95%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	5,49%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,21%
36 EPIDOTO	0,11%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,57%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,14%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	9,82%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	2,69%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del

área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 7. Muestra 1.11 Tope

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 27. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =10 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	83,70%
F	13,09%
L	3,21%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*.

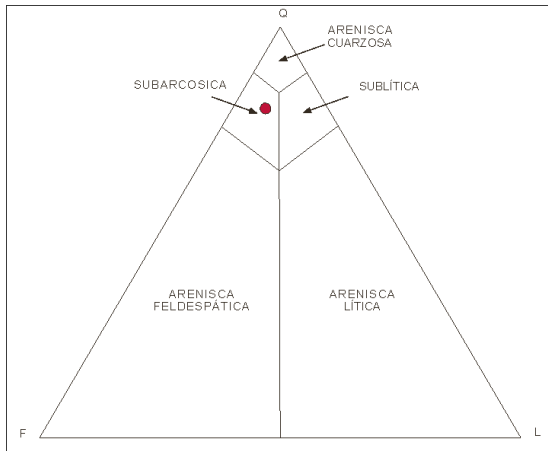


Diagrama A. 13. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona de Cratón interior mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orógeno Colisional.

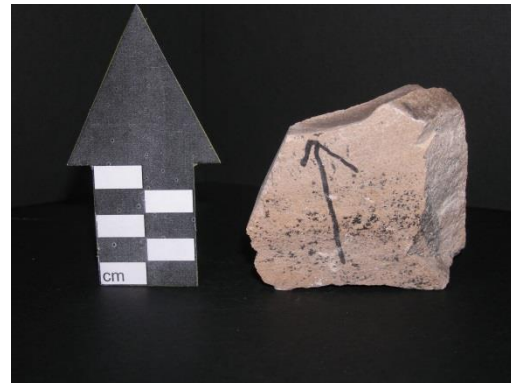
MUESTRA 1.16 BASE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

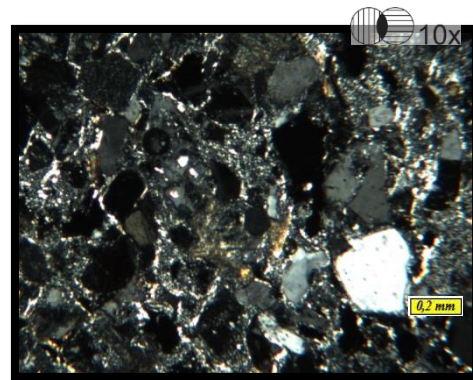
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.16, con un espesor aproximado de 0.40m.



Fotografía A. 16. Muestra 1.16 Base



Fotomicrografía A. 24. Muestra 1.16 Base

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. A diferencia de las muestras anteriores son menos visibles las laminaciones.

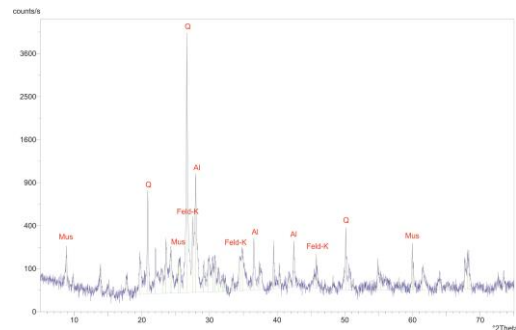
Tabla A. 28. Elementos de la muestra 1.16 Base

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,44%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	10,09%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	21,29%
7 PLAGIOCLASA	5,00%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	4,39%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	9,26%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,15%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,17%
29 MUSCOVITA DETRITICA	1,15%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,04%
36 EPIDOTO	8,79%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,52%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	5,37%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	29,25%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	3,09%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales

mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 8. Muestra 1.16 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

Tabla A. 29. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =30 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	60,18%
F	9,17%
L	30,65%

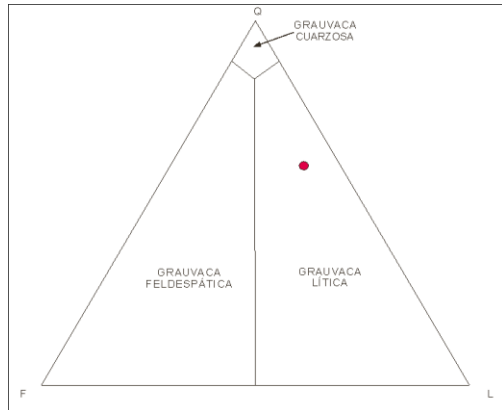


Diagrama A. 14. Grauvaca Lítica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt la muestra corresponde a una zona de Orogeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Complejo de Subduccion.

MUESTRA 1.16 MEDIO

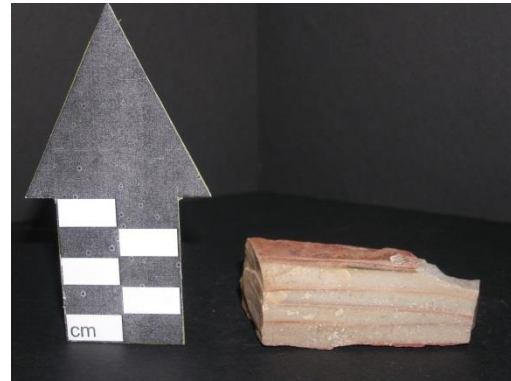
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

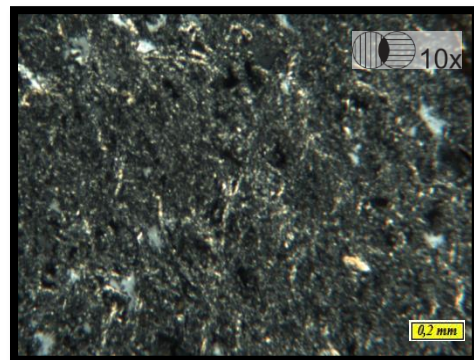
Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.16, con un espesor aproximado de 0.40m.

Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal.



Fotografía A. 17. Muestra 1.16 Medio



Fotomicrografía A. 25. Muestra 1.16 Medio

Descripción muestra de mano: se observan texturas cristalinas, y láminas definidas por óxidos.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Lutita* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través de un estudio de difracción de rayos x, donde se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.

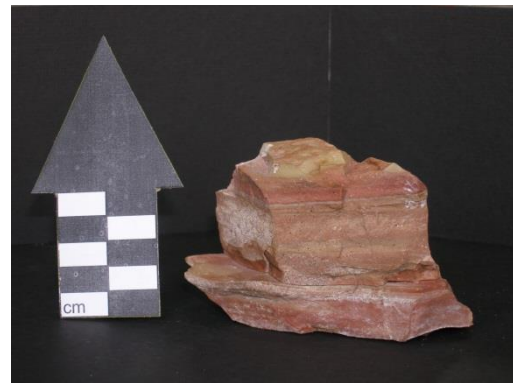
MUESTRA 1.16 TOPE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

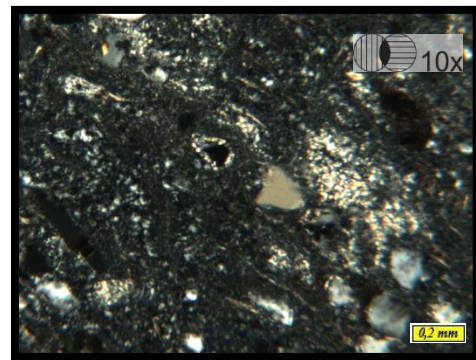
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.16, con un espesor aproximado de 0.40m.



Fotografía A. 18. Muestra 1.16 Tope



Fotomicrografía A. 26. Muestra 1.16 Tope

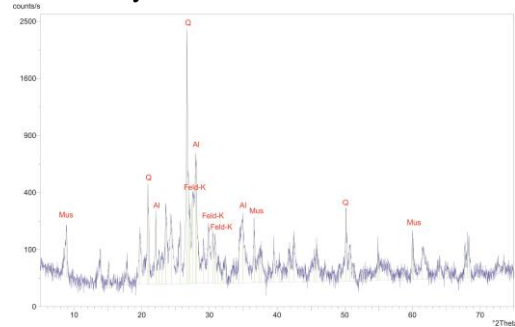
Descripción muestra de mano: Muestra de material limo-arcilloso, con intercalaciones de material ferruginoso, de textura cristalina. Se observan laminaciones.

Tabla A. 30. Elementos de la muestra 1.16 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	9,18%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	5,70%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	3,92%
7 PLAGIOCLASA	1,30%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,10%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,00%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,11%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,09%
36 EPIDOTO	0,75%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,14%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	76,97%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,74%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Lutita* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 9. Muestra 1.16 Tope

- Al recalcar los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**. El porcentaje de matriz de la muestra corresponde a una Lutita.

Tabla A. 31. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =77 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	85,77%
F	5,93%
L	8,30%

MUESTRA 1.19

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

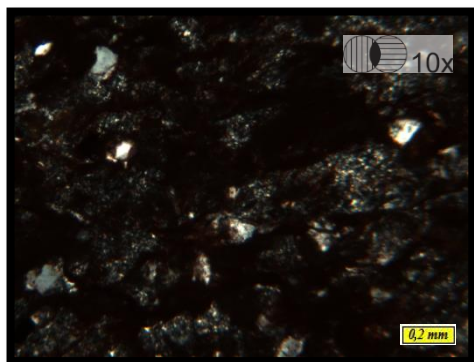
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.16, con un espesor aproximado de 2m.



Fotografía A. 19. Muestra 1.19



Fotomicrografía A. 27. Muestra 1.19

Descripción muestra de mano: granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x. Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal. Pertenecer a una secuencia de estratos de areniscas de grano fino con lutitas, color ladrillo.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Lutita* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

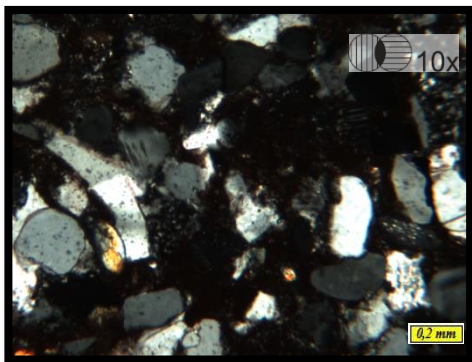
MUESTRA 1.22

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima.

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.22, con un espesor aproximado de 1.80m.



Fotografía A. 20. Muestra 1.22

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. A diferencia de las muestras anteriores son menos visibles las laminaciones. Según las apreciaciones de Ricardo Vélez, la capa constituye una sección no longitudinal de un canal fluvial, de los que se puede observar laminación paralela.

Tabla A. 32. Elementos de la Muestra 1.22

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,46%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	2,43%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	15,79%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	36,09%
7 PLAGIOCLASA	9,05%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	1,34%
18 CUARZO AUTIGENICO	1,00%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,07%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,12%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,63%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,21%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	3,76%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	21,29%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	7,76%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal índico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula los resultados se muestran a continuación:

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 33. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =22 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	75,11%
F	12,41%
L	12,48%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

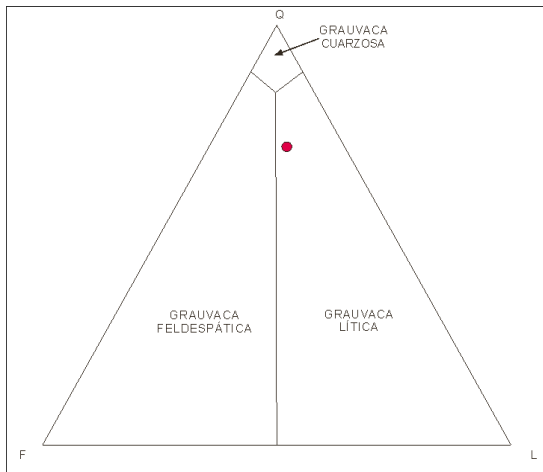


Diagrama A. 15. Grauvaca Lítica

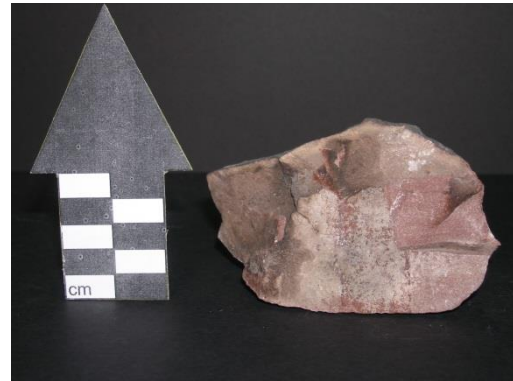
Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt la muestra corresponde a una zona de Orogeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

MUESTRA 1.25 BASE

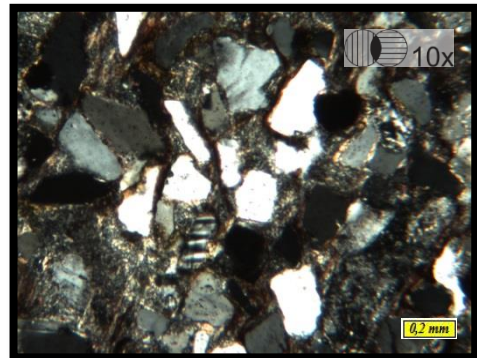
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima.

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.25, con un espesor aproximado de 2.50m.



Fotografía A. 21. Muestra 1.25 Base



Fotomicrografía A. 28. Muestra 1.25 Base

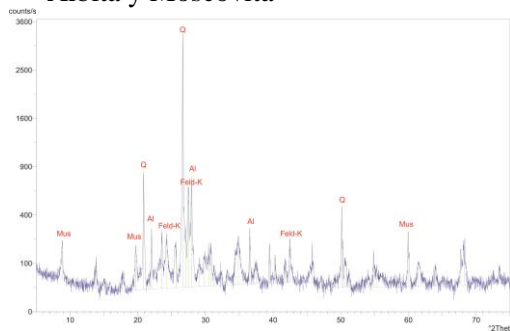
Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Descripción petrográfica:

se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 10. Muestra 1.25 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 34. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 23 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	46,03%
F	22,33%
L	31,64%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **Pettijohn, Potter y Siever (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

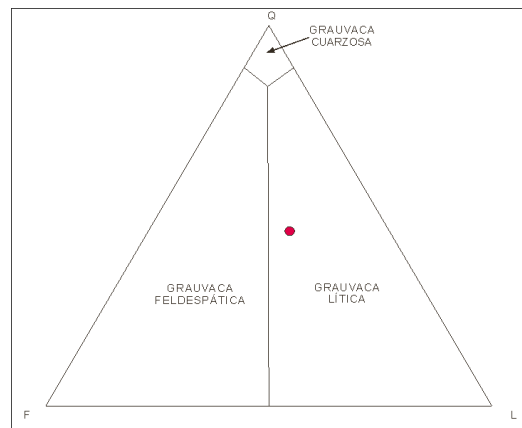


Diagrama A. 16. Grauvaca Lítica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a una zona de Mezcla mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un Orogeno Reciclado y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un Orogeno Colisional.

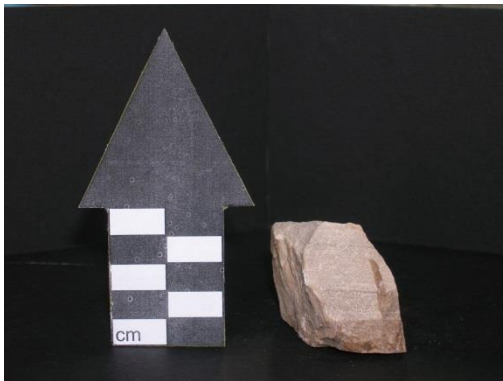
MUESTRA 1.25 TOPE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

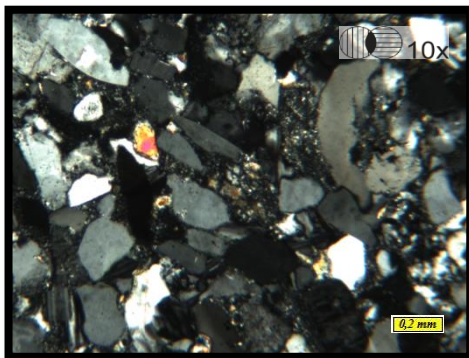
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.25, con un espesor aproximado de 2.50m



Fotografía A. 22. Muestra 1.25 Tope



Fotomicrografía A. 29. Muestra 1.25 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

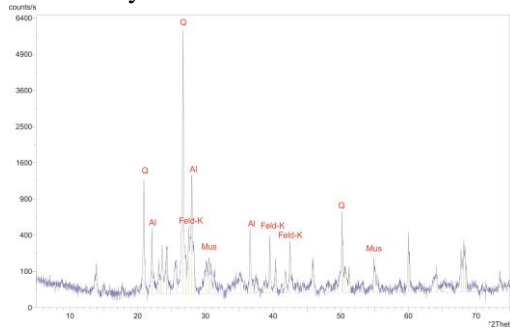
Tabla A. 35. Elementos de la muestra 1.25 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,20%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	3,53%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	30,62%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	33,40%
7 PLAGIOCLASA	15,29%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,24%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,33%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,30%
36 EPIDOTO	0,89%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDDICA	1,20%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	10,31%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,69%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área

de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 11. Muestra 1.25 Tope

- Al recalcar los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 36. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =10 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	80,68%
F	18,21%
L	1,11%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

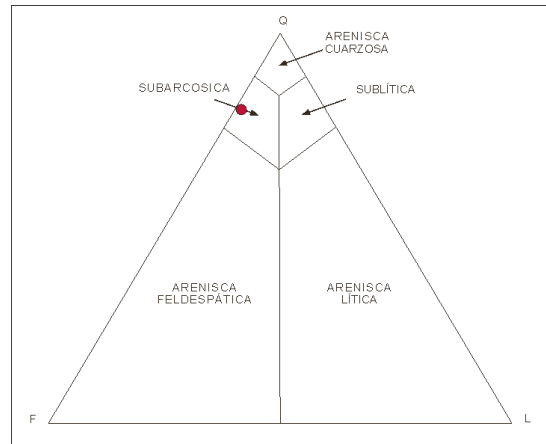


Diagrama A. 17. Arenisca Subarcosica

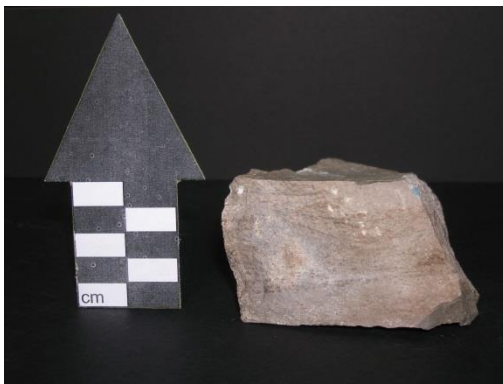
Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un área continental transicional mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a continental transicional y para el trinagulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

MUESTRA: 1.27 BASE

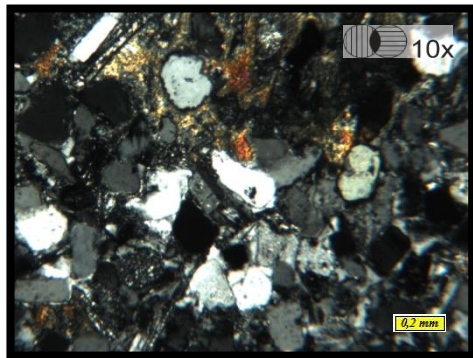
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.27, con un espesor aproximado de unos 4.80m.



Fotografía A. 23. Muestra 1.27 Base



Fotomicrografía A. 30. Muestra 1.27 Base

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Tabla A. 37. Elementos de la muestra 1.27 Base

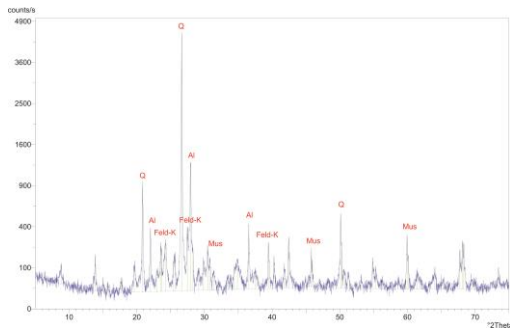
1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,04%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	1,56%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	3,42%
7 PLAGIOCLASA	0,51%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,29%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	81,91%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,05%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	11,09%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,13%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, 1973**, donde, $Q = QM + QP$, también se clasifica como *Arenisca Sublítica* con los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** solo que esta vez $Q-F-L$; 'L' incluyendo QP y ftanita. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área

de la partícula, presentando los siguientes resultados:

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.

Tabla A. 38. Muestra 1.27 Base



- Al recalcar los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en dos distintos clasificaciones basadas en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Parámetro 1:

Tabla A. 39. Elementos principales P1

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 11 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	90,53%	Q - F - L donde Q = QM + QP, con ftanita en 'L':
F	7,67%	
L	1,80%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, (1973)**, como una Arenisca Subarcosica.

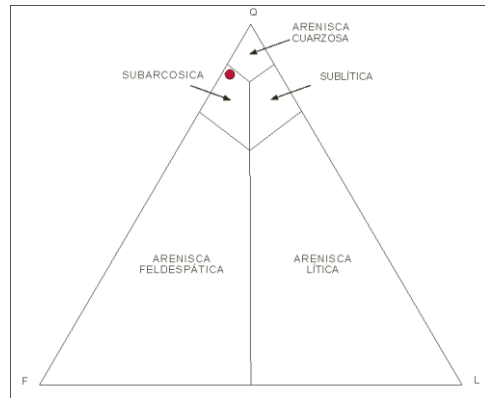


Diagrama A. 18. Arenisca Subarcosica

Parámetro 2:

Tabla A. 40. Elementos principales P2

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 11%		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	74,89%	Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita:
F	7,67%	
L	17,44%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una Arenisca Sublitica.

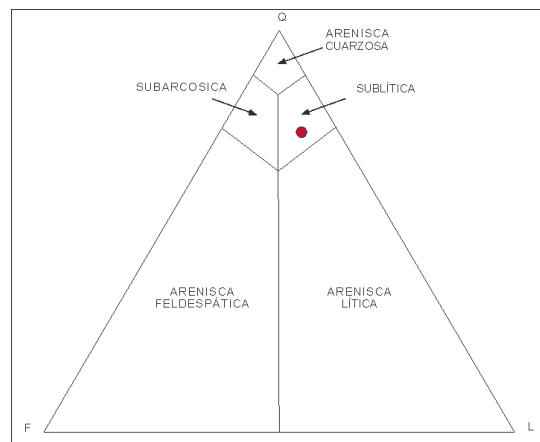


Diagrama A. 19. Arenisca Sublitica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un Craton interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

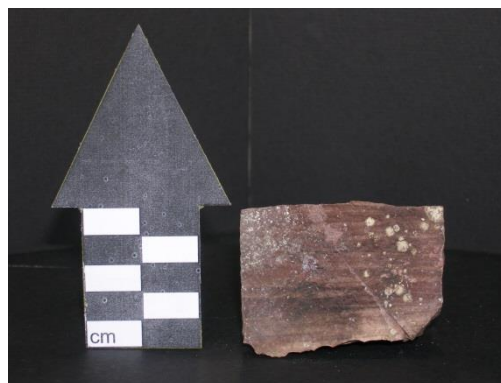
MUESTRA 1.28 BASE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

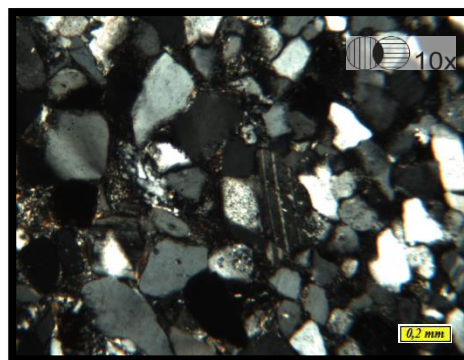
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.7, con un espesor aproximado de 12.50m.



Fotografía A. 24. Muestra 1.28 Base



Fotomicrografía A. 31. Muestra 1.28 Base

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

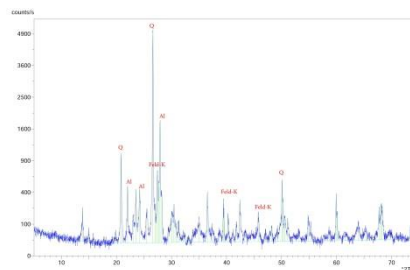
Tabla A. 41. Elementos de la muestra 1.28 Base

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,35%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,42%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,60%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	34,05%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	30,30%
7 PLAGIOCLASA	12,87%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	2,99%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,37%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,25%
36 EPIDOTO	0,28%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	1,53%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	2,20%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	9,62%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	3,17%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un

estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldspato (Microclino), Albita y Moscovita



Diffractograma A. 12. Muestra 1.28 Base

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 42. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =11 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfs arcillosos)	
Q	80,61%
F	15,55%
L	3,84%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

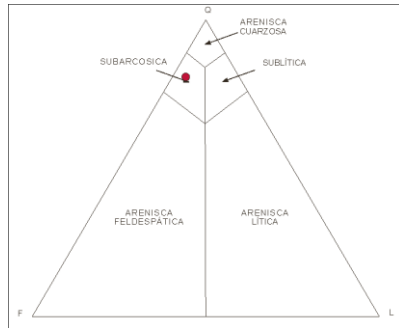


Diagrama A. 20. Arenisca Subarcosica

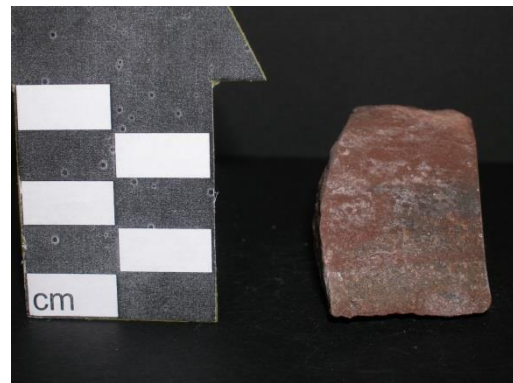
Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un área continental transicional y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

MUESTRA 1.28 TOPE

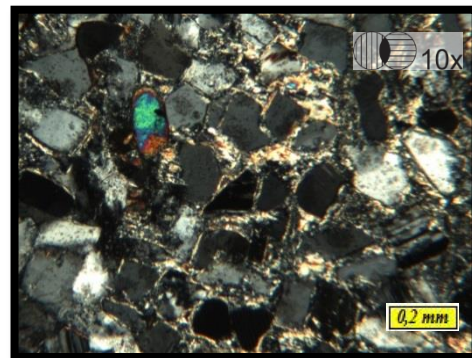
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.28, con un espesor aproximado de 12.50m.



Fotografía A. 25. Muestra 1.28 Tope



Fotomicrografía A. 32. Muestra 1.28 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

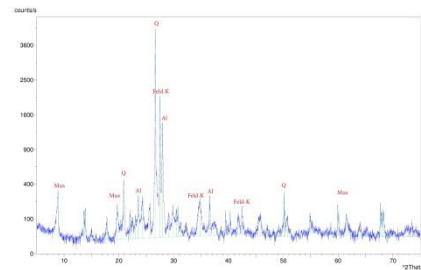
Tabla A. 43. Elementos de la muestra 1.28 Topo

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,22%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,18%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	28,42%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	21,02%
7 PLAGIOCLASA	4,57%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,26%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,90%
21 HEMATITA AUTIGENICA	1,10%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,35%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,17%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,15%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	7,82%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,52%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	32,07%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,25%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Feldespatica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L;'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Feldespatica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El

conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 13. Muestra 1.28 Topo

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 44. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 40 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	89,32%	Q - F - L donde Q = QM + QP, con ftanita en 'L':
F	8,03%	
L	2,65%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Feldespática*.

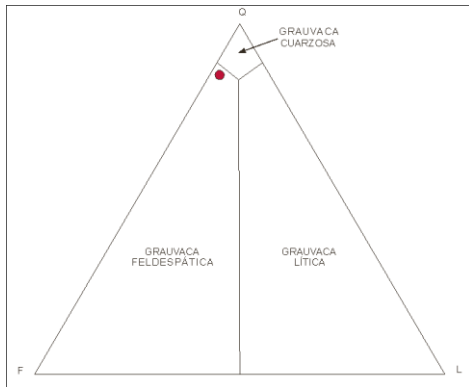


Diagrama A. 21. Grauvaca Feldespática

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

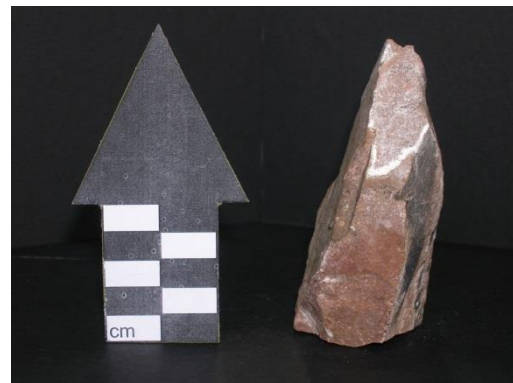
MUESTRA 1.29

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

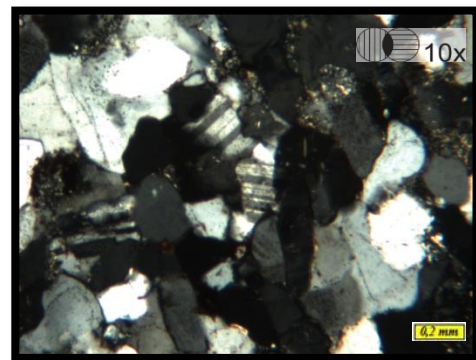
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.29, con un espesor aproximado de 2.50m.



Fotografía A. 26. Muestra 1.29



Fotomicrografía A. 33. Muestra 1.29

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observa maciza sin laminaciones.

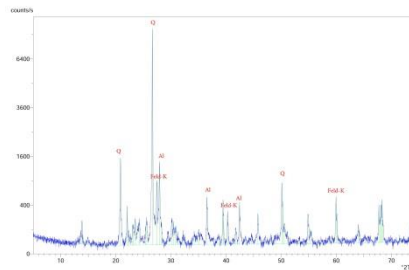
Tabla A. 45. Elementos de la muestra 1.29

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,69%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	43,14%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	34,79%
7 PLAGIOCLASA	13,07%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,59%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,06%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,65%
36 EPIDOTO	0,98%
39 ESFENA/RUTILIO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,46%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	0,35%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	2,22%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L;'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de

variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 14. Muestra 1.29

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 46. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =0 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	83,73%
F	13,92%
L	2,35%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

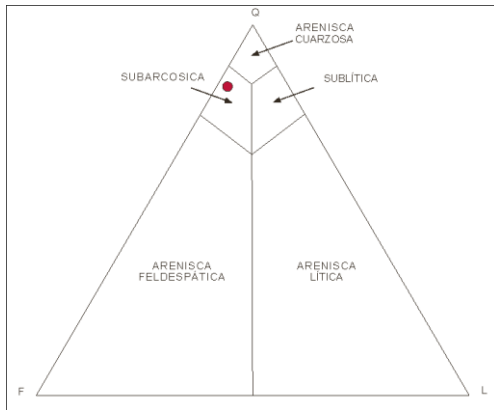


Diagrama A. 22. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde de igual manera a un Cratón Interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orógeno colisional.

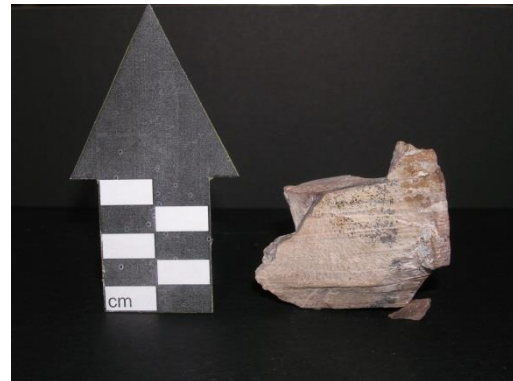
MUESTRA 1.30

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

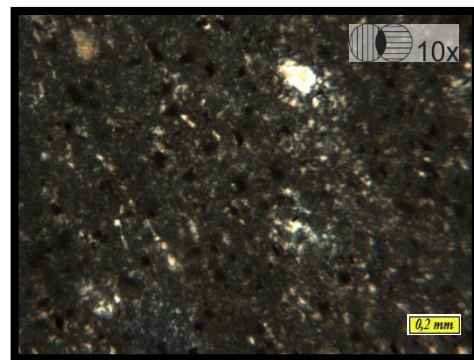
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad I, Capa 1.30, con un espesor aproximado de 1.30m.



Fotografía A. 27. Muestra 1.30

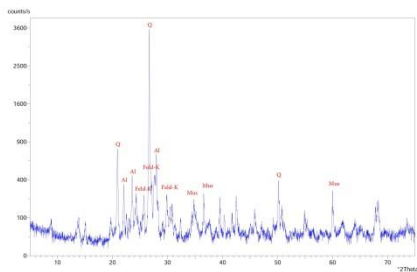


Fotomicrografía A. 34. Muestra 1.30

Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal.

La muestra corresponde a una Lutita, de la que podemos describir el material fino que la compone como limo-arcilloso. Se observa muy laminada y estratificación cruzada.

En difracción de rayos x, se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.



Difractograma A. 15. Muestra 1.30

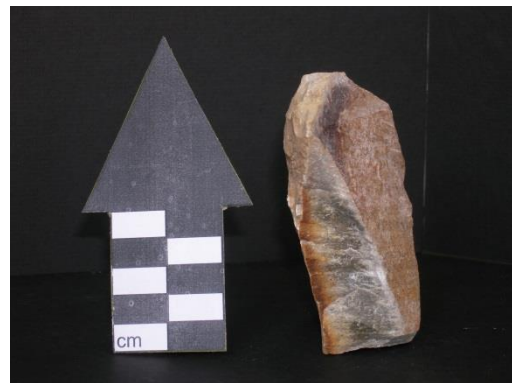
MUESTRA 1.31

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

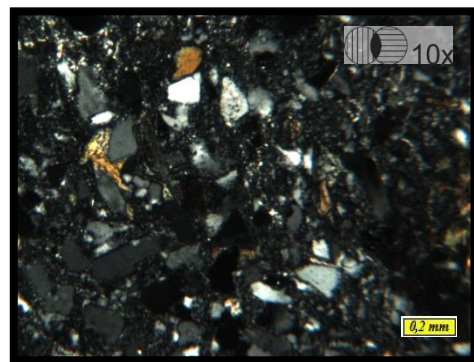
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.31, con un espesor aproximado de 12.50m.



Fotografía A. 28. Muestra 1.31

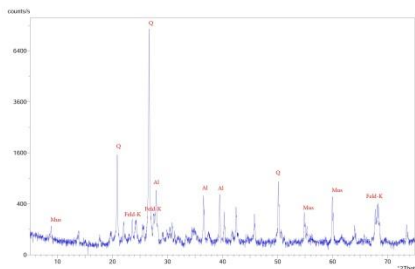


Fotomicrografía A. 35. Muestra 1.31

Descripción muestra de mano: granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan pocas laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Feldespática* según la clasificación de **PETTIJOHN (1973)**, donde, $Q = QM + QP$, también se clasifica como *Grauvaca Lítica* con los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** solo que esta vez Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula, presentando los siguientes resultados:

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.



Difractograma A. 16. Muestra 1.31

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en dos distintas clasificaciones basadas en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Parámetro 1:

Tabla A. 47. Elementos principales P1

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =55 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	87,00%	Q- F- L donde Q=QM+QP, con ftanita en 'L':
F	11,02%	
L	1,98%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, (1973)**, como una **Grauvaca Feldespática**.

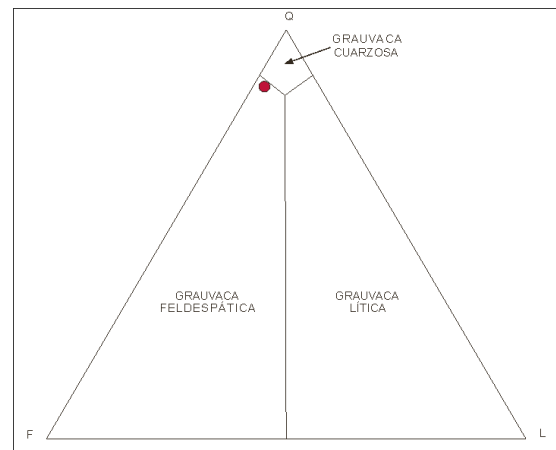


Diagrama A. 23. Grauvaca Feldespática

Parámetro 2:

Tabla A. 48. Elementos principales P2

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA = 55%		
(se excluyen peloides y seudomorfos arcillosos)		
Q	63,80%	Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita:
F	11,02%	
L	25,18%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una **Grauvaca Lítica**.

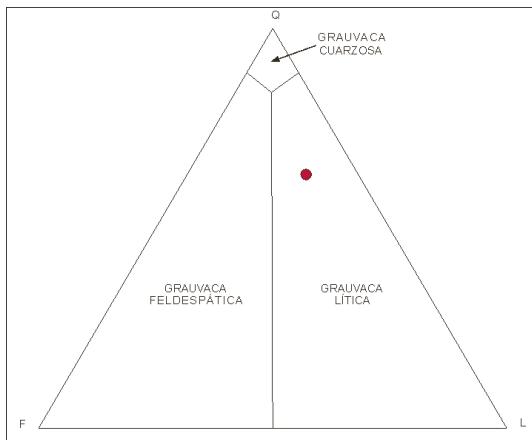


Diagrama A. 24. Grauvaca Lítica

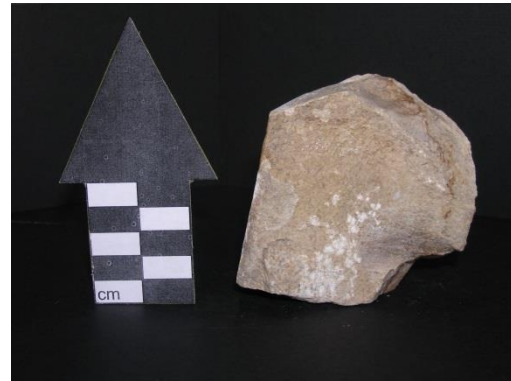
Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un orógeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L corresponde a un Craton interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

MUESTRA 1.34

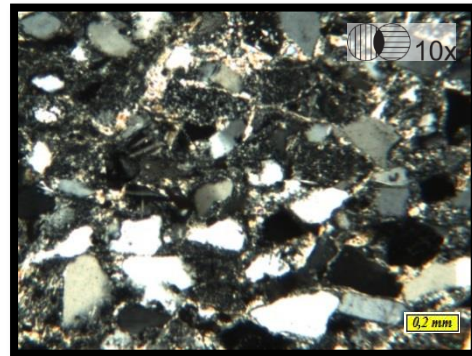
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima.

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.34, con un espesor aproximado de 3.30m.



Fotografía A. 29. Muestra 1.34



Fotomicrografía A. 36. Muestra 1.34

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

Tabla A. 49. Elementos de la muestra 1.34

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,10%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,00%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,00%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	26,02%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	15,17%
7 PLAGIOCLASA	4,42%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	4,14%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	0,00%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,03%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,07%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,05%
36 EPIDOTO	5,00%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,05%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	
45 ILLITA/SMECTITA	6,27%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,52%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	36,25%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,91%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Lítica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Lítica*. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula:

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 50. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =43 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	79,77%	
F	8,54%	
L	11,69%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Lítica*.

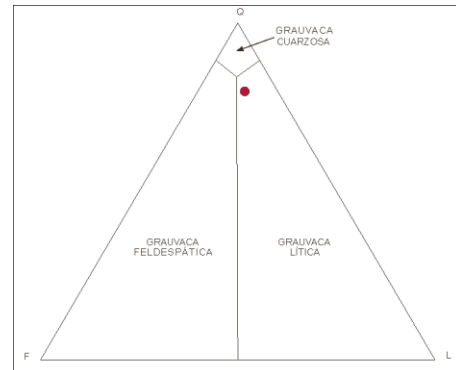


Diagrama A. 25. Grauvaca Lítica

Procedencia: Al efectuar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt la muestra corresponde a una zona de Orogeno cuarzoso reciclado mientras que para el triángulo Q-F-L pertenece a un orógenos reciclado y para el triángulo

Qp-Lv-Ls, corresponde a un Arco Orogenico.

MUESTRA 1.35

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

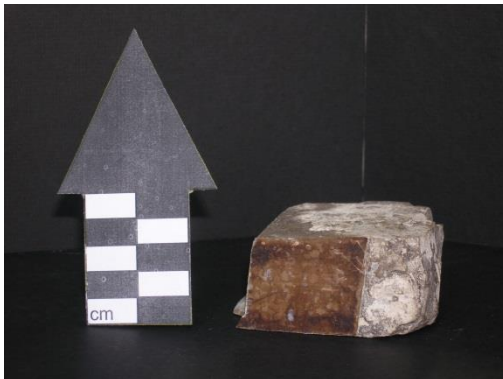
Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.35, con un espesor aproximado de 0.60m.

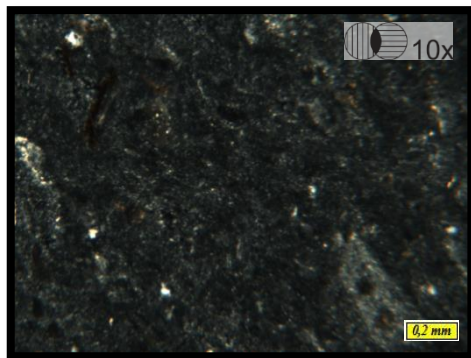
Muestra de grano muy fino (Lutita), por lo cual no cumple con los parámetros establecidos para la realización de conteo modal.

Descripción muestra de mano: La muestra corresponde a una Lutita, de la que podemos describir el material fino que la compone como limo-arcilloso. Se observa tenuemente laminada.

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Lutita* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través de un estudio de difracción de rayos x, donde se determinaron minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.



Fotografía A. 30. Muestra 1.35



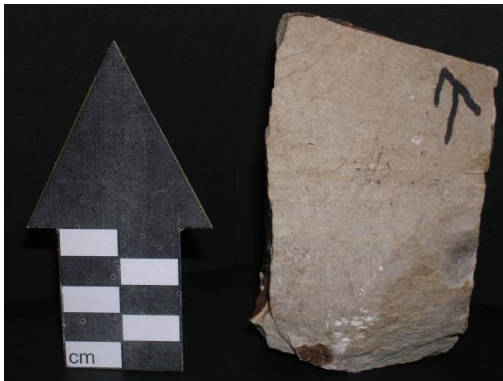
Fotomicrografía A. 37. Muestra 1.35

MUESTRA 1.37 BASE

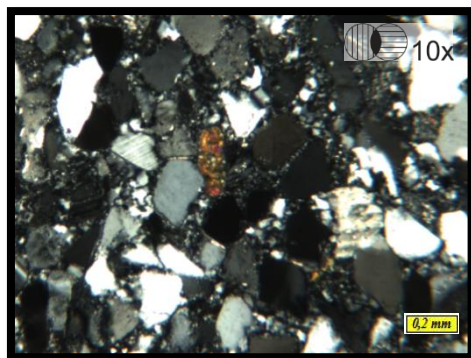
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.37, con un espesor aproximado de 6.5m.



Fotografía A. 31. Muestra 1.37 Base



Fotomicrografía A. 38. Muestra 1.37 Base

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido. Se observan laminaciones paralelas no mayores a los dos milímetros y estratificación cruzada.

Tabla A. 51. Elementos de la muestra 1.37 Base

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,00%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,76%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	6,11%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	29,80%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	28,38%
7 PLAGIOCLASA	9,33%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,06%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,13%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,17%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,23%
36 EPIDOTO	1,14%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	3,88%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,72%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	14,01%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	2,28%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Grauvaca Feldespatica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Grauvaca Feldespatica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a

través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

Tabla A. 52. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =18 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	84,86%
F	12,17%
L	2,97%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Grauvaca Feldespática*.

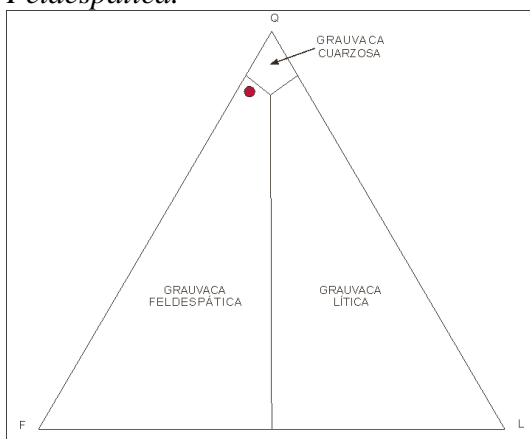


Diagrama A. 26. Grauvaca feldespática

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos

MUESTRA 1.37 MEDIO

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

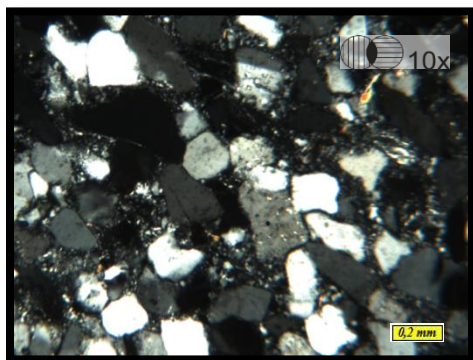
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.37, con un espesor aproximado de 6.5m.



Fotografía A. 32. Muestra 1.37 Medio



Fotomicrografía A. 39. Muestra 1.37 Medio

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido

Tabla A. 53. Elementos de la muestra 1.37 Medio

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,26%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,62%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,10%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	5,80%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	36,38%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	31,66%
7 PLAGIOCLASA	9,15%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,38%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,17%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,39%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,46%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,54%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,52%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	10,57%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,00%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula.

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 54. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =11 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	88,70%
F	10,85%
L	0,45%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

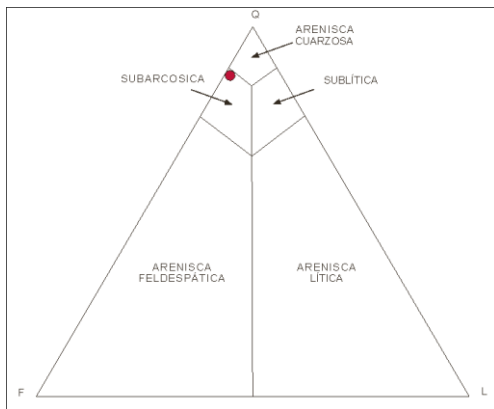


Diagrama A. 27. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

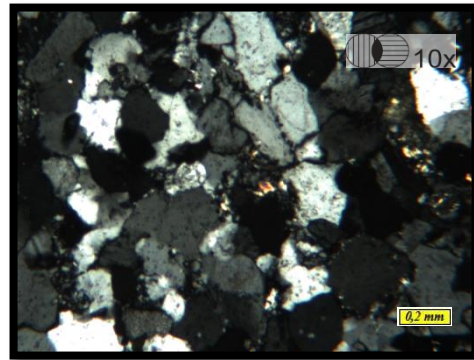
MUESTRA 1.37 TOPE

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

Coordenadas UTM: Zona: 20N. Coordenada este: 589760.99m E. Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.37, con un espesor aproximado de 6.5m.



Fotografía A. 33. Muestra 1.37 Tope

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido

Descripción petrográfica:

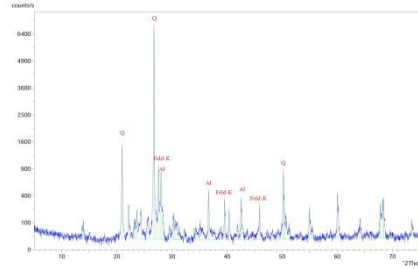
se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se

encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

Tabla 8. Elementos de la muestra 1.37 Tope

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,26%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,62%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,10%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	5,80%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	36,38%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	31,66%
7 PLAGIOCLASA	9,15%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,38%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	3,17%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,39%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,46%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,54%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,52%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	10,57%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,00%

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 17. Muestra 1.37 tope

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 55. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =11 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	88,70%
F	10,85%
L	0,45%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

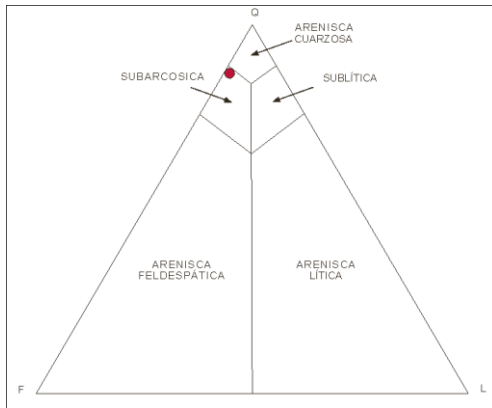


Diagrama A. 28. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

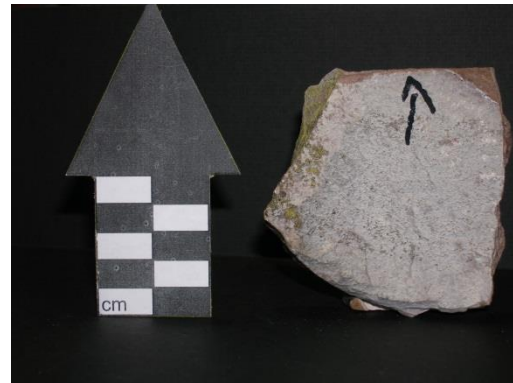
MUESTRA 1.38 (1)

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

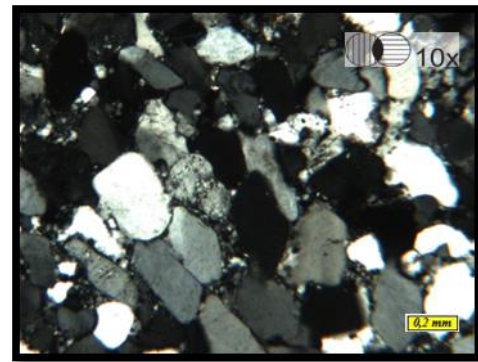
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 34. Muestra 1.38 (1)



Fotomicrografía A. 40. Muestra 1.38 (1)

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

Tabla A. 56. Elementos de la muestra 1.38 (1)

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	1,42%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	0,39%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,44%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,52%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	34,33%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	40,89%
7 PLAGIOCLASA	9,87%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	4,89%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,15%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,00%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	1,13%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	0,33%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	3,26%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	2,38%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de

variables contadas en función del área de la partícula

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 57. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =3 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	86,42%
F	10,94%
L	2,64%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

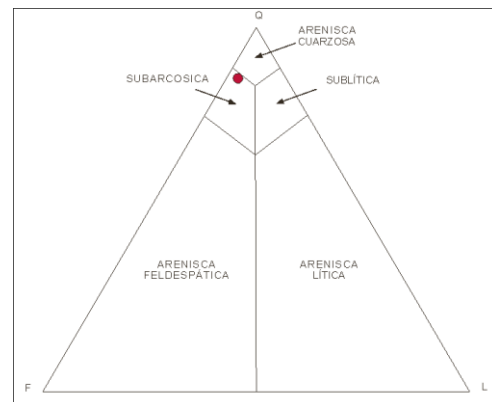


Diagrama A. 29. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

MUESTRA 1.38 (2)

Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.

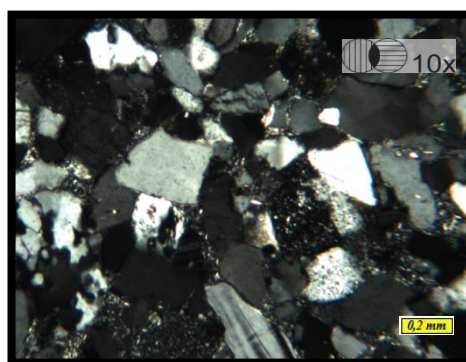
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
Coordenada este: 589760.99m E.
Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 35. Muestra 1.38 (2)



Fotomicrografía A. 41. Muestra 1.38 (2)

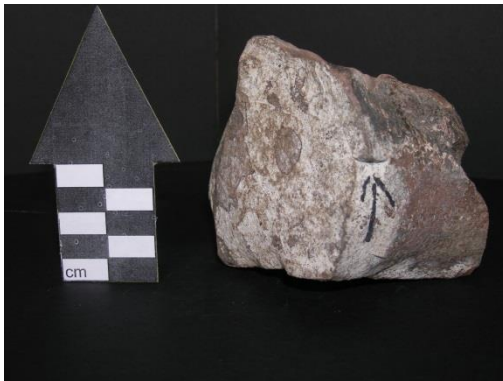
Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

MUESTRA 1.38 (3)

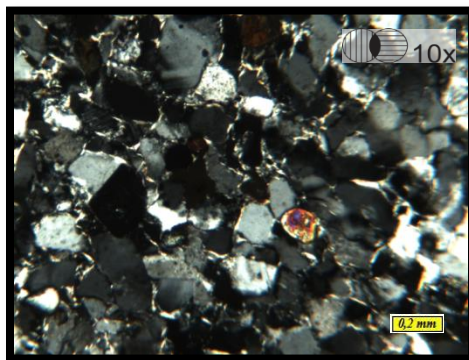
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 36. Muestra 1.38 (3)



Fotomicrografía A. 42. Muestra 1.38 (3)

Descripción muestra de mano:

Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

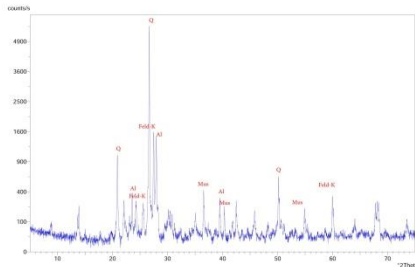
Tabla A. 60. Elementos de la muestra 1.38 (3)

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	1,16%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	4,36%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,00%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	25,17%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	39,68%
7 PLAGIOCLASA	13,54%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	6,66%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,36%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,73%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,61%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,29%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	3,47%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	2,76%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,21%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula y la difracción mostro la intensidad de los minerales

mayoritarios, ambos resultados se muestran a continuación:

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita



Difractograma A. 18. Muestra 1.38 (3)

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 61. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =3 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	82,67%
F	15,91%
L	1,42%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triangulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

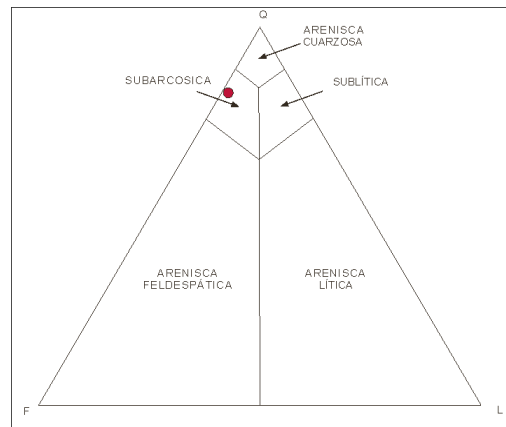


Diagrama A. 31. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orógeno colisional.

MUESTRA 1.38 (4)

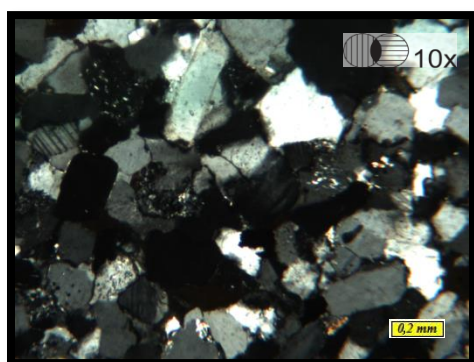
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 37. Muestra 1.38 (4)



Fotomicrografía A. 43. Muestra 1.38 (4)

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

Tabla A. 62. Elementos de la muestra 1.38 (4)

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	0,51%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	4,74%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,34%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	2,49%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	28,43%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	46,18%
7 PLAGIOCLASA	9,27%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	4,44%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,12%
36 EPIDOTO	0,10%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,05%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	2,12%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	0,87%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,34%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcósica* según la clasificación DE **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L;'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcósica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 63. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =1%	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	89,59%
F	10,04%
L	0,37%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

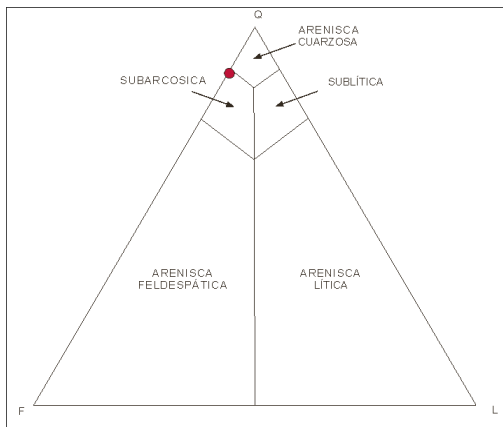


Diagrama A. 32. Arenisca Subarcosica

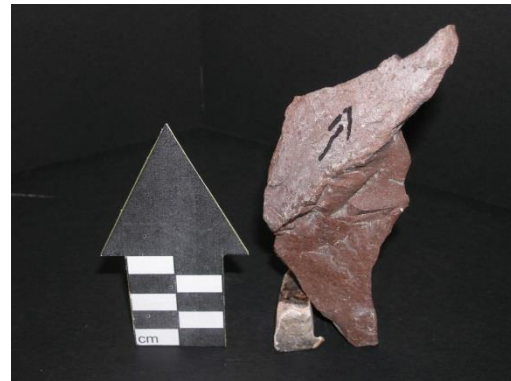
Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

MUESTRA 1.38 (5)

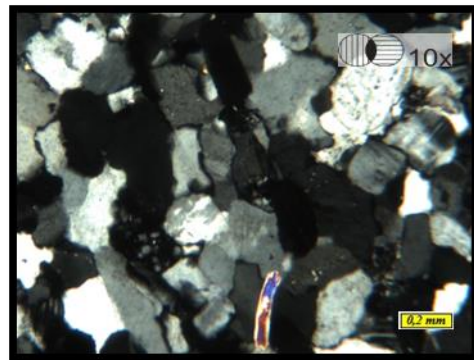
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 38. Muestra 1.38 (5)



Fotomicrografía A. 44. Muestra 1.38 (5)

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado oscuro, algunas zonas se

presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

Tabla A. 64. Elementos de la muestra 1.38 (5)

1 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	1,51%
2 CUARZO POLIC.< 4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	5,69%
3 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,00%
4 CUARZO POLIC.> 3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	0,76%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	26,21%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	28,41%
7 PLAGIOCLASA	19,93%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,13%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	8,58%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,00%
34 ZIRCON	0,43%
36 EPIDOTO	0,19%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	4,04%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	3,42%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	0,70%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** donde $Q = QM + QP$. Para el parámetro Q-F-L; 'L' incluyendo QP y ftanita, clasifica de la misma manera como una *Arenisca Subarcosica*. Se puede observar a lo largo de la sección una fractura, la cual en algunas partes se encuentra rellena por materiales arcillosos. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **Yoris (1989)**. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula

Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en la clasificación basada en los parámetros

de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Tabla A. 65. Elementos principales

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =3 %	
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)	
Q	75,09%
F	23,91%
L	1,00%

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una *Arenisca Subarcosica*

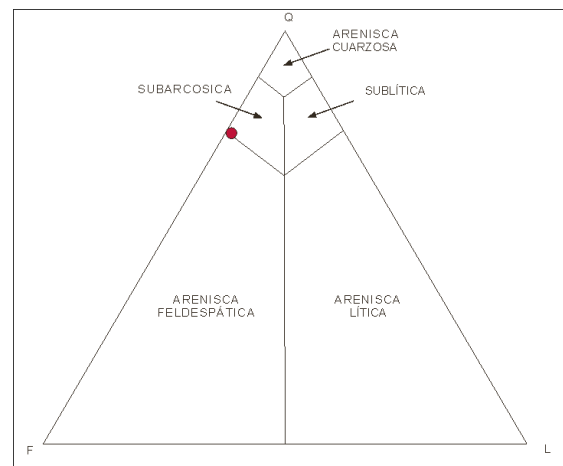


Diagrama A. 33. Arenisca Subarcosica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un área continental transicional de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a continental transicional y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un complejo de subducción.

MUESTRA: 1.38 (6)

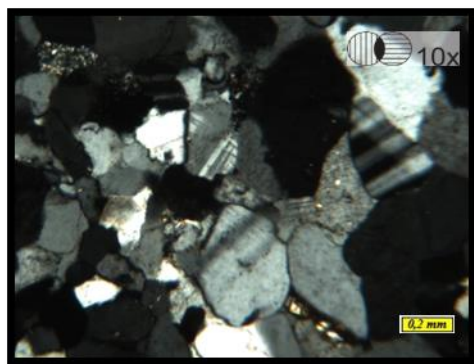
Ubicación: Edo. Bolívar, Municipio Gran Sabana, Tepuy Padapue.
Coordenadas UTM: Zona: 20N.
 Coordenada este: 589760.99m E.
 Coordenada norte: 652173.40m N

Unidad: Grupo Roraima

Ubicación en columna: Unidad II, Capa 1.38, con un espesor aproximado de 32.5m.



Fotografía A. 39. Muestra 1.38 (6)



Fotomicrografía A. 45. Muestra 1.38 (6)

Descripción muestra de mano: Arenisca de grano fino, granos no apreciables a simple vista y poco visibles con lupa de aumento 10x, color rosado, algunas zonas se presentan más oscurecidas debido a la presencia de óxido.

Tabla A. 66 . Elementos de la muestra 1.38 (6)

1 CUARZO POLIC.<4 GRANOS; EXT. RECTA (QP<4 E.R.)	3,06%
2 CUARZO POLIC.<4 GRANOS; EXT. OND. (QP<4 E.O.)	2,66%
3 CUARZO POLIC.>3 GRANOS CON EXT. RECTA (QP>3 E.R.)	0,52%
4 CUARZO POLIC.>3 GRANOS; EXT. ONDULAT. (QP>3 E.O.)	1,23%
5 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. RECTA (QM E.R.)	34,73%
6 CUARZO MONOCRISTALINO CON EXT. ONDULAT. (QM E.O.)	39,67%
7 PLAGIOCLASA	6,86%
10 FRAG. DE LUTITAS, LIMOLITAS ARCILLOSAS	0,00%
11 FRAGMENTOS VOLCANICOS NO METAMORFICOS	0,00%
12 FRAGMENTOS DE ESQUISTOS Y/O FILITAS	0,00%
14 FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS FELSICAS	0,00%
18 CUARZO AUTIGENICO	4,52%
21 HEMATITA AUTIGENICA	0,00%
22 HEMATITA DETRITICA	0,00%
24 GOETHITA DETRITICA	0,00%
25 LIMONITA DETRITICA	0,00%
26 LIMONITA AUTIGENICA	0,00%
28 MUSCOVITA AUTIGENICA	0,00%
29 MUSCOVITA DETRITICA	0,00%
30 MAGNETITA DETRITICA	0,04%
34 ZIRCON	0,00%
36 EPIDOTO	0,04%
39 ESFENA/RUTILO/LEUCOXENO	0,00%
44 CAOLINITA AUTIGENICA	0,00%
45 ILLITA/SMECTITA	0,00%
47 CALCITA	0,00%
54 POROSIDAD INTERGRANULAR Y MOLDICA	4,51%
70 POROSIDAD INTRAGRANULAR ESTIMADA	0,00%
71 MATRIZ LIMO-ARCILLOSA INDETERMINADA	0,23%
74 FRAGMENTOS DE ARENISCA ARCILLOSA	1,93%

Descripción petrográfica: se clasifica como una *Arenisca Subarcosica* según la clasificación de **PETTIJOHN (1973)**, donde, $Q = QM + QP$, también se clasifica como *Arenisca Sublítica* con los parámetros DE **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)** solo que esta vez $Q-F-L$; 'L' incluyendo QP y ftanita. Los minerales encontrados fueron identificados y analizados a través del conteo modal bajo los parámetros de **YORIS (1989)** y un estudio de difracción de rayos x. El conteo modal indico el porcentaje de variables contadas en función del área de la partícula, presentando los siguientes resultados:

- En difracción de rayos x, se pudieron determinar minerales mayoritarios, que para la muestras corresponden a Cuarzo, Feldespato (Microclino), Albita y Moscovita.

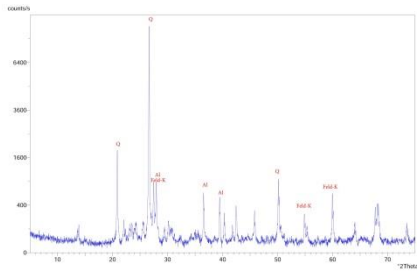


Diagrama A. 34. Muestra 1.38 (6)

- Al recalcular los valores para obtener la clasificación de la muestra, se obtiene los elementos principales de la misma, los cuales resultaron, en dos distintos clasificaciones basadas en los parámetros de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**.

Parámetro 1:

Tabla A. 67. Elementos principales P1

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =0 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	90,30%	Q- F- L donde Q= QM + QP, con ftanita en 'L':
F	7,57%	
L	2,13%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, (1973)**, como una **Arenisca Subarcosica**.

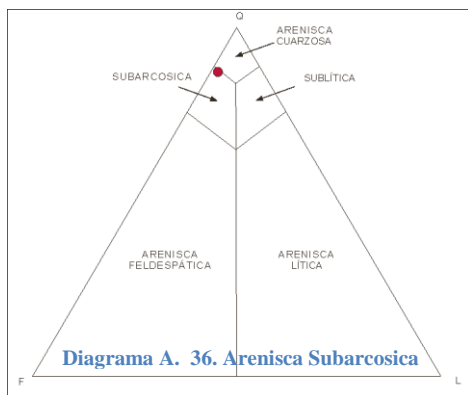


Diagrama A. 36. Arenisca Subarcosica

Parámetro 2:

Tabla A. 68. Elementos principales P2

% MINERALES DE ARCILLA ~ MATRIZ LIMO-ARCILLOSA =0 %		
(se excluyen peloides y pseudomorfos arcillosos)		
Q	82,06%	Q- F- L; 'L' incluyendo QP y ftanita:
F	7,57%	
L	10,37%	

Los porcentajes anteriores clasifican a la muestra en el triángulo de **PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1973)**, como una **Arenisca Sublítica**.

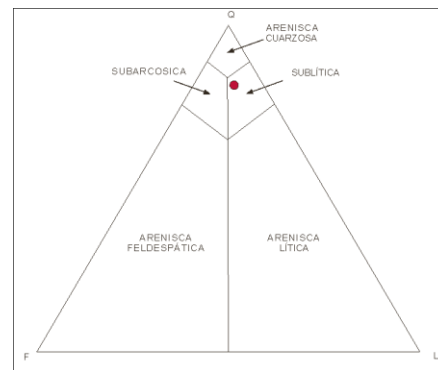


Diagrama A. 35. Arenisca Sublítica

Procedencia: Al realizar el estudio de procedencia en función de los cálculos para los triángulos de **DICKINSON & SUCZEK (1979)**, se obtuvo para el Triángulo Qm-F-Lt que la muestra corresponde a un Cratón interior de igual manera para el triángulo Q-F-L corresponde a un cratón interior y para el triángulo Qp-Lv-Ls, corresponde a un orogeno colisional.

APÉNDICE B

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Las muestras como elementos primordiales para la realización de este trabajo fueron obtenidas por el Ing. Geólogo y escalador Ricardo Vélez, quien es el primer ingeniero geólogo en realizar un estudio vertical en tepuy (*ver fotografía B1*), perteneciente al equipo de Tierra de Sueños. Equipo que está conformado por un grupo de escaladores venezolanos quienes tienen como *objetivo* abrir nuevas vías de escalada, siendo una de las primeras vías *La diosa mapanare (200m, 6 largos)*, *aperturada en la pared sur del Tepuy Padapue*.



Fotografía B 1. Ing. Geólogo y Escalador Ricardo Velez.
Fotografía tomada por Wojcie Wandzell.

Parte de la ruta (línea de escalada) a seguir en la pared fue definida por los escaladores, en función de la textura de la roca (*ver fotografía B2*), ya que los mismo buscaban

aquellos lugares en la roca expuesta donde existieran la mayor cantidad de agarres (sistemas de fisuras naturales), esto fue una tarea difícil ya que la roca contaba con muy pocas grietas, muchos exteriores y la textura predominante era más la de una roca dura con muy pocas irregularidades.



Fotografía B 2. Sección de pared. Tepuy Padapue. Fotografía tomada por Ricardo Vélez

La escalada para recolectar las muestras se realizaba, posterior al trabajo de apertura en la escalada. Una vez realizados los largos (distancias que pueden realizarse con una sola cuerda) se procedía con el muestreo, tomado como referencias los puntos de reunión. Se muestreaba desde el punto de reunión hasta la base (Tope a Base) de donde se fijaba la sección a describir, con el fin de

evitar escalar hacia arriba con el peso de las muestras recolectadas.

Una parte primordial del ascenso era el asegurar las herramientas indispensables para la extracción de la muestra y su descripción en campo, por lo que las mismas, debían colgar del sillín utilizado para el apoyo.



Fotografía B 3. Cinta métrica. Fotografía tomada por Ricardo Vélez

Al llegar al punto de reunión se fijaba una cinta métrica (ver fotografía B3), la cual usaba una línea distinta a la por donde pasaban las cuerda del profesor.



Fotografía B 4. Marcar las secciones con tiza. Fotografía de Ricardo Vélez

Después de definir el paquete se marcaba con tiza (ver fotografía B4) el nombre de la sección a describir y se medía con la cinta métrica, se buscaba los bloques

medianamente sueltos para muestrear y extraer, a estos bloques se les colocaba tirro para fijarlos (ver fotografía B5) y evitar su fragmentación al retirarlos.



Fotografía B 5. Extracción de muestras. Fotografía de Ricardo Vélez

La muestra se medía (ver fotografía B6), rotulaba, describía (ver fotografía B8) y se marcaba su posición respecto al tope del tepuy (ver fotografía B7), así sucesivamente con todas y cada una de las muestras, para una vez llegado al punto oficina vaciar los datos recogidos en la pared.



Fotografía B 6. Medición de la muestra. Fotografía de Ricardo Vélez



Fotografía B 7. Posición respecto al tope. . Fotografía tomada por Ricardo Vélez



Fotografía B 8. Descripción de muestras. Fotografía tomada por Wojcie Wandzell.



Fotografía B 9. Total de muestras en punto de reunión. .Fotografía de Ricardo Vélez

Es de importancia destacar la labor realizada por el equipo de Tierra de Sueños, el profesor Ricardo Vélez y la Fundación de Geociencias Alternativas, ya que las muestras y la metodología utilizada para su recolección abrieron el camino, que derivó en esta tesis de grado, que comprende el

análisis de todas estas muestras y pretende dar sustento científico a el trabajo que realizaron. También vale destacar que la metodología usada es sin igual ya que la misma permitió conocer la secuencia de pared y no solo las muestras de base y tope del tepuy como sucede en la gran mayoría de las investigaciones basadas en tepuys.

APÉNDICE C

ESTUDIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X