

DETERMINACION DE LA PROCEDENCIA DE LOS CONGLOMERADOS DE LA
FORMACIÓN LA PAILA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CARTAGO Y BUGA EN
EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

ALEXANDER GÓMEZ DUQUE

ALEJANDRO SUÁREZ GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE GEOLOGIA

MANIZALES

2009

DETERMINACION DE LA PROCEDENCIA DE LOS CONGLOMERADOS DE LA
FORMACIÓN LA PAILA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CARTAGO Y BUGA EN
EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

ALEXANDER GÓMEZ DUQUE

ALEJANDRO SUÁREZ GÓMEZ

Trabajo de grado presentado para optar el título de Geólogo

Presidente:

PhD Mario Moreno Sánchez

Asesora:

Msc Luz Mary Toro Toro

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE GEOLOGIA

MANIZALES

2009

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Nota de Aceptación

Presidente

Manizales, 16 de Junio de 2009

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

"La ignorancia afirma o niega rotundamente; la Ciencia duda." Francois Marie Arouet Voltaire

"Dos cosas son infinitas: el universo y la estupidez humana; y yo no estoy seguro sobre el universo." Albert Einstein

"Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber." Albert Einstein

"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad." Albert Einstein

"La duda es la madre del descubrimiento." Ambrose Bierce

"La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad." Julio Verne

"La vida es el arte de sacar conclusiones suficientes a partir de datos insuficientes." Samuel Butler

"Yo, golpeando constantemente con mi martillo la costa rocosa, con mis golpes voy convirtiendo los Andes en polvo y con el polvo voy cubriendo mi lecho; así, en otra edad, construiré un continente nuevo para hombres mejores." Ralph W. Emerson

"Las Rocas, como todo lo demás, están sujetas a cambios y por eso también lo están nuestros puntos de vista respecto a ellas" F.Y. Loewinson-Lessing

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suárez Gómez



DEDICATORIA

A mi madre que con sus consejos y su apoyo incondicional hizo que me formara como una mejor persona y cada día me superara más...

Adriana Álvarez Duque, que con su apoyo siempre buscando que cada día fuera mejor convirtiéndose en un pilar en mi vida...

Luis Hernando Gómez, que con su sacrificio busco siempre nuestro bienestar...

Mónica Álvarez Duque, con sus consejos y con su cariño hizo que se formara un carácter fuerte...

Johana Acosta, por valorarme como persona y como profesional y siempre tener esa confianza en mi...

Alexander Gómez Duque.

A mi madre, que con su esfuerzo incansable y sacrificio permitió que este objetivo se hiciera realidad y que con su experiencia y enseñanzas no me dejó desfallecer.

A mi hermano por su apoyo, preocupación e interés en las cosas que hago.

A mi abuela, mi otra madre.

Alejandro Suárez Gómez



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Mario Moreno Sánchez Presidente de este trabajo de grado, por su apoyo y constante asesoramiento en la ejecución de este proyecto.

Luz Mary Toro Toro asesora del trabajo de grado, por sus valiosos aportes en la parte petrográfica.

Miriam C. López, por ser una persona que nos exigió e hizo que nos esforzáramos para hacer las cosas cada día mejor.

Elvira Cristina Ruiz, por sus valiosos aportes en la parte petrográfica.

Arley de Jesús Gómez C, por las constantes críticas constructivas que hacían que nuestro trabajo mejorara cada día.

Diego Arango, por su asesoría desinteresada y constante apoyo en la parte de SIG de este trabajo.

Diego Fernando Giraldo, Erika Lorena Bedoya, Yuliana Osorio, Natalia Gómez, Diana L. Castaño y Paola E. Cifuentes quienes hicieron parte del proyecto donde se gesto este trabajo, gracias por una amistad y cuya voluntad es de oro.

Juan Pablo Marín Arias, por brindarnos su apoyo y su amistad.

Julián Andrés Guevara Londoño, por ser un amigo constante en las buenas y las malas quien nos brindo todo su apoyo durante este proyecto.

La Agencia Nacional de Hidrocarburos por patrocinar este trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma estuvieron vinculadas a este proyecto.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Alejandro Suárez Gómez y Alexander Gómez Duque expresan sus agradecimientos particulares a:

Dios por permitirnos existir.

Nuestras madres, esos seres maravillosos que nos dieron la vida y nos marcan el camino con su sabiduría.

Ana María García, Carolina Ramírez, Diego Fernando Giraldo, Julián Andrés Guevara y Keepler G. Ramos, por su apoyo absoluto y desinteresado, más que compañeros, amigos incondicionales que han recorrido junto a nosotros este duro y largo camino durante tantos años.



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	31
2. OBJETIVOS	33
2.1 OBJETIVO GENERAL	33
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	33
3. GENERALIDADES	34
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	34
3.2 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	35
4. GEOMORFOLOGIA	36
5. METODOLOGIA.....	38
5.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	38
5.2 TRABAJO DE CAMPO	38
5.3 TRABAJO DE OFICINA	39
5.4 INFORME FINAL.....	40
6. ANTECEDENTES	41
7. GEOLOGIA REGIONAL	42
7.1 PALEOZOICO.....	42
7.1.1 Complejo Cajamarca (Pzc)	42
7.1. 2 Complejo Arquía	43
7.2 CRETÁCICO	47

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



7.2.1	Complejo Quebradagrande (Kq)	47
7.2.2	Macizo Ofiolítico de Ginebra (Koqa-Koqu)	50
7.2.3	Formación Amaime (Ka)	51
7.2.4	Formación Nogales (Kn)	52
7.2.5	Complejo Ultramáfico de Venus (Kuv)	52
7.2.6	Batolito de Buga (Kcd-t)	53
7.3	NEOGENO	54
7.3.1	Serie Porfírica (Ta, Tda)	54
8.	GEOLOGIA LOCAL	56
8.1	GRUPO VALLE	56
8.1.1	Formación Cinta de Piedra (TOcp)	56
8.1.2	Formación La Paila (TMp)	59
8.1.3	Formación La Pobreza (TMpo)	61
9.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	62
9.1	SISTEMA DE FALLAMIENTO N20-30E	62
9.2	SISTEMA DE FALLA CAMPANARIO-SAN JERÓNIMO	62
9.3	LA FALLA SILVIA-PIJAO	62
9.4	SISTEMA DE FALLA CAUCA-ALMAGUER	63
9.5	SISTEMA DE FALLA GUABAS-PRADERA	63
9.6	FALLA PALMIRA-BUGA	63
9.7	FALLA DE ROLDANILLO	63
9.8	FALLAS DAGUA-CALIMA-BUENAVISTA Y TORO-ANDINÁPOLIS	64

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



9.9 PLIEGUES.....	64
10. MALLAS.....	65
11. PETROGRAFIA.....	111
12. ANALISIS PETROGRAFICO	161
13. RELACIÓN DE UNIDADES FUENTE.....	169
13. 1 COMPLEJO CAJAMARCA (Pzc).....	172
13. 2 COMPLEJO ARQUÍA.....	173
13.2.1 Esquistos Básicos de Bugalagrande (Pzb).....	173
13.2.3. Metagabroides de Bolo Azul (Pzba)	175
13. 5 FORMACIÓN AMAIME (Ka)	176
13. 7 BATOLITO DE BUGA (Kcd-t).....	180
13.8 SERIE PORFIRÍTICA (Ta, Tda).....	180
13. 9 FORMACIÓN NOGALES (Kn)	181
14. DEFINICION DE LA PROCEDENCIA.....	183
15. EVOLUCION GEOLOGICA DE LA REGION.....	185
16. CONCLUSIONES.....	188
BIBLIOGRAFIA.....	191



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas de las mallas y estaciones geológicas (Origen Bogotá).	67
Tabla 2. Clasificación de la Muestra AG034-M41.....	112
Tabla 3. Clasificación de la Muestra AG160-M1.....	114
Tabla 4. Clasificación de la Muestra EGS 001-M01.....	116
Tabla 5. Clasificación de la Muestra EGS 001-M02.....	117
Tabla 6. Clasificación de la Muestra EGS 004-M03.....	119
Tabla 7. Clasificación de la Muestra EGS 006-M05.....	120
Tabla 8. Clasificación de la Muestra EGS 008-M11.....	121
Tabla 9. Clasificación de la Muestra EGS 009-M13.....	123
Tabla 10. Clasificación de la Muestra EGS 011-M17.	124
Tabla 11. Clasificación de la Muestra EGS 011-M18.	125
Tabla 12. Clasificación de la Muestra EGS 011-M20.	126
Tabla 13. Clasificación de la Muestra EGS 011-M36.	127
Tabla 14. Clasificación de la Muestra EGS 012-M21.	128
Tabla 15. Clasificación de la Muestra EGS 012-M23.	130
Tabla 16. Clasificación de la Muestra EGS 021-M29.	132
Tabla 17. Clasificación de la Muestra EGS 021-M29.	134
Tabla 18. Clasificación de la Muestra EGS 025-M32.	136

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Tabla 19. Clasificación de la Muestra EGS 025-M35.	137
Tabla 20. Clasificación de la Muestra EGS 030-M40.	139
Tabla 21. Clasificación de la Muestra EGS 030-M41.	140
Tabla 22. Clasificación de la Muestra EGS 030-M42.	142
Tabla 23. Clasificación de la Muestra EGS 030-M43.	143
Tabla 24. Clasificación de la Muestra EGS 030-M44.	145
Tabla 25. Clasificación de la Muestra EGS 030-M45.	146
Tabla 26. Clasificación de la Muestra G004-M12.	147
Tabla 27. Clasificación de la Muestra G017-M70,3.....	149
Tabla 28. Clasificación de la Muestra G020-M110.....	150
Tabla 29. Clasificación de la Muestra G025-M88.	152
Tabla 30. Clasificación de la Muestra US3-M027.	153
Tabla 31. Clasificación de la Muestra US3-M055.....	155
Tabla 32. Clasificación de la Muestra US6-M089.....	157
Tabla 33. Clasificación de la Muestra US7-M081.....	159
Tabla 34. Porcentaje de minerales esenciales de las Arenitas.	162
Tabla 35. Porcentaje de Constituyentes de las Arenitas para la clasificación del Ambiente Tectónico (ver Figura138).....	163
Tabla 36. Marco de la composición de las areniscas en relación con la procedencia tectónica (Parte 1). Fuente: Adaptado de Dickinson and Suczek (1979).	164
Tabla 37. Marco de la composición de las areniscas en relación con la procedencia tectónica (Parte 2). Fuente: Adaptado de Dickinson and Suczek (1979).	165

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Tabla 38. Constituyentes esenciales de clasificación de los conglomerados y el ambiente tectónico. Modificado de Dickinson, Beard et al (1983).....	166
Tabla 39. Escala de durabilidad de clastos (Abbott y Peterson 1978).....	170
Tabla 40. Equivalencia de los clastos encontrados en la Formación La Paila y la escala de durabilidad según Abbott y Peterson (1978).	171
Tabla 41. Análisis químicos de clastos pertenecientes a los conglomerados de la Formación La Paila.	177



LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.	35
Figura 2. Obsérvese la Cordillera Occidental (C.O), los depósitos cuaternarios del Río Cauca (Q), y los terrenos elevados de la Formación La Paila (Tm _p). Fotografía tomada desde un alto en la sección Uribe – Sevilla.....	36
Figura 3. Modelo de elevación digital de la Formación La Paila delimitada por la franja azul, donde aparece a todo el pie de monte de la cordillera Central flanco occidental.....	37
Figura 4. Cantera La Esperanza, véase en la imagen la pendiente estructural, dando salientes características de rocas duras para este caso conglomerado. La estratificación medida en la base, entre el conglomerado y un estrato de arenita es N60W/24NE.	37
Figura 5. Malla para el conteo geoestadístico.	66
Figura 6. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección La Paila – Sevilla. Las Estaciones se encuentran en color azul.	68
Figura 7. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección La Uribe – Sevilla. Las Estaciones se encuentran en color azul.	69
Figura 8. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección Andalucía – Galicia. Las Estaciones se encuentran en color azul.....	70
Figura 9. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección Buga – La Habana. Las Estaciones se encuentran en color azul.....	71
Figura 10. Grafico correspondiente a la Malla 1, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla.	72
Figura 11. Cantera La Esperanza, conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 1 y 2), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), estratificación N65°W/32°SW, medido en Arenitas en la base del conglomerado.....	72

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



- Figura 12. Grafico correspondiente a la Malla 2, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla. 73
- Figura 13. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 2), estratificación N65°W/32°SW, medido en Arenitas en la base del conglomerado, el tamaño de grano que predomina es Guijo. Panorámica (ver Figura 11)..... 73
- Figura 14. Grafico correspondiente a la Malla 3, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla. 74
- Figura 15. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 3), Gravass matrizsoportadas masivas (Gmm). Cuaternarios dispuestos discordantemente sobre el conglomerado, Depósitos eluviados del afloramiento (Dep)..... 74
- Figura 16. Grafico correspondiente a la Malla 4, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 75
- Figura 17. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 4), Gravass clastosoportadas con imbricación (Gh), presencia de fallas locales (F). Depósitos eluviados del afloramiento (Dep). 75
- Figura 18. Grafico correspondiente a la Malla 5, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 76
- Figura 19. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 5), Gravass clastosoportadas con imbricación (Gh), disposición N66°E/43°SE, presencia de fallas locales (F) de bajo ángulo desplazando un estrato de Arenita fina a gruesa (Sm), componente normal. 76
- Figura 20. Vía Uribe – Sevilla, en potrero, conglomerado clastosoportado con imbricación (Gh), clastos subredondeados a subangulares de baja esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita gruesa. 77
- Figura 21. Imbricación de algunos clastos dentro del paquete de conglomerados, en sentido sur. Esquema generalizado de la figura anterior. Los clastos de color azul grisáceo (Donde está apoyado el lápiz) son de composición basáltica que se encuentran altamente meteorizados, el clasto de color gris oscuro ubicado en la parte superior izquierda del esquema pertenece a un Gabro..... 77

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



- Figura 22. Grafico correspondiente a la Malla 6, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 78
- Figura 23. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila, Vía Uribe – Sevilla (Malla 6), clastos subredondeados a redondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita fina a media (Sm). 78
- Figura 24. Estrato de arena cortado por una falla (F) de movimiento inverso con dirección N45°E/42°SE, hacia la parte superior izquierda se observan fallas antitéticas (FA). Esquema de la figura anterior en el cual se puede observar las fallas de manera más clara. 79
- Figura 25. Grafico correspondiente a la Malla 7, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 79
- Figura 26. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 7), tamaño de grano predominantemente Guijo, máximo tamaño encontrado Bloques, este último en baja proporción. 80
- Figura 27. Grafico correspondiente a la Malla 8, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 80
- Figura 28. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 8), Gravos clastosoportadas con imbricación (Gh), presencia de fallas locales. 81
- Figura 29. Grafico correspondiente a la Malla 9, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla, en las inmediaciones de la Hacienda La Bamba. 81
- Figura 30. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 9), Vía La Paila –Sevilla al SE de la Hacienda La Bamba, clastos subredondeados a subangulares de baja esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita media a gruesa. 82
- Figura 31. Grafico correspondiente a la Malla 10, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla. 82
- Figura 32. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 10), Gravos clastosoportadas con imbricación (Gh), estratificación N35°E/20°SE, medido en estrato de Arenita fina a gruesa (Sm) en la parte intermedia del conglomerado. 83

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



- Figura 33. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm), Vía Uribe – Sevilla, borde de carretera, predominio de clastos subredondeados de alta esfericidad mal seleccionados, prevalecen los basaltos, la matriz es de Arenita media a gruesa.....84
- Figura 34. Lente de arena (Sm) en un paquete de conglomerados con algunas concentraciones de cemento ferruginoso hacia algunos sectores (CF). Sobre el afloramiento se presentan algunas vetas (C) (Carbonatos) por lavado de minerales. Esquema de la figura anterior donde se visualizan los procesos mencionados.....84
- Figura 35. Grafico correspondiente a la Malla 11, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla, en la parte superior del conglomerado; ya visto en un esquema anterior (ver figura 32).....85
- Figura 36. Grafico correspondiente a la Malla 12, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.....85
- Figura 37. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 12), estratificación N20°W/61°NE, medido en estrato de Arcillolitas y Arenita fina en la parte intermedia del Conglomerado.86
- Figura 38. Conglomerado polimíctico de la sección Uribe-Sevilla, hacia el centro de la figura se observa un intraclasto de arenita (IA) alargado dispuesto de manera vertical. Esquema de la figura anterior.86
- Figura 39. Grafico correspondiente a la Malla 13, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande – Galicia.87
- Figura 40. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 13), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos redondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita gruesa mal seleccionada.87
- Figura 41. Grafico correspondiente a la Malla 14, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.88
- Figura 42. Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 14), Vía Bugalagrande – Galicia, potrero, clastos subredondeados de baja esfericidad moderadamente seleccionado, predominio de

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita media a gruesa mal seleccionada.	88
Figura 43. Grafico correspondiente a la Malla 15, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.	89
Figura 44. Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 15), Vía Bugalagrande – Galicia, clastos subredondeados de baja esfericidad moderadamente seleccionado, predominio de basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita media a gruesa mal seleccionada.	89
Figura 45. Grafico correspondiente a la Malla 16, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.	90
Figura 46. Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 16), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionado, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.	90
Figura 47. Grafico correspondiente a la Malla 17, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.	91
Figura 48. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 17), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.	91
Figura 49. Grafico correspondiente a la Malla 18, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.	92
Figura 50. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 18), Vía Bugalagrande –Galicia, borde de carretera, conglomerado con niveles de gravas clastosoportadas con imbricación (Gh) variando a matrizsoportadas (Gmm), clastos subredondeados de baja esfericidad, mal seleccionado, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.	92

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



- Figura 51. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila, parte superior derecha del afloramiento de la figura anterior, véase pequeños intraclastos lenticulares de Arenita media (IA)..... 93
- Figura 52. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) con presencia de intraclastos lenticulares de arenita media (IA) en algunos sectores del afloramiento, orientados hacia el NE. Esquema de la figura anterior. 93
- Figura 53. Grafico correspondiente a la Malla 19, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia. 94
- Figura 54. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 19), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada..... 94
- Figura 55. Grafico correspondiente a la Malla 20, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia. 95
- Figura 56. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 20), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada..... 95
- Figura 57. Grafico correspondiente a la Malla 21, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia. 96
- Figura 58. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 21) Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, algunas zonas matrizsoportadas, clastos subredondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada. 96
- Figura 59. Grafico correspondiente a la Malla 22, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia. 97
- Figura 60. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 22), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera,

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada..... 97

Figura 61. . Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm), en el cual se presentan algunos paquetes de arena (Sm) en forma de lentes (LA), hacia la parte inferior uno de ellos está siendo afectado por una falla (F) de movimiento inverso con una dirección N5°W/46°SW. Esquema de la figura anterior..... 98

Figura 62. Grafico correspondiente a la Malla 23, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana..... 98

Figura 63. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 23) Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada..... 99

Figura 64. Grafico correspondiente a la Malla 24, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana..... 99

Figura 65. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 24) Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, mal seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada..... 100

Figura 66. Esquema de la figura anterior en el que se observa una falla (F) en el centro de la imagen, el sentido del movimiento no se puede determinar bien por ausencia de un estrato desplazado..... 100

Figura 67. Grafico correspondiente a la Malla 25, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana..... 101

Figura 68. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 25), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, con algunas variaciones a matrizsoportado, clastos subangulares de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita gruesa mal seleccionada..... 101

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Figura 69. Grafico correspondiente a la Malla 26, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.....	102
Figura 70. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 26), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, mal seleccionado, con predominio de basaltos y gabros, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.....	102
Figura 71. Grafico correspondiente a la Malla 27, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.....	103
Figura 72. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 27), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por arena fina a media moderadamente seleccionada.....	103
Figura 73. Grafico correspondiente a la Malla 28, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.....	104
Figura 74. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla28), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionados, predominio de gabros y basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.....	104
Figura 75. Grafico correspondiente a la Malla 29, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.....	105
Figura 76. Grafico correspondiente a la Malla 30, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.....	105
Figura 77. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 30), Vía Uribe – Sevilla, borde de carretera, clastos subredondeados de baja esfericidad mal seleccionados, predominio de basaltos, matriz de Arenita media a fina compuesta por cuarzo, chert y fragmentos líticos.	106

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



- Figura 78. Grafico correspondiente a la Malla 31, levantada en la Fm La Paila, en la sección Cartago – Alcalá..... 106
- Figura 79. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 31), Vía Cartago – Alcalá, mal seleccionado con clastos subangulares a subredondeados de baja esfericidad compuesto en su mayoría por basaltos, la matriz es de Arenita media compuesta por cuarzo y fragmentos líticos. 107
- Figura 80. Grafico correspondiente a la Malla 32, levantada en la Fm La Paila, en la sección Cartago – Alcalá..... 107
- Figura 81. Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 32), Vía Cartago – Alcalá, moderadamente seleccionado con clastos subredondeados de baja esfericidad compuesto en su mayoría por chert y basaltos, la matriz es de Arenita media, presenta una disposición N18°E/35°SE, medido en Arenita. 108
- Figura 82. Esquema de la figura anterior del Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh), donde se observa el predominio de tamaño de grano de la sección Cartago-Alcalá..... 109
- Figura 83. Diagrama de Barras en la que se puede observar la concentración promedio de los diferentes tipos de clastos encontrados en la Formación La Paila. 110
- Figura 84. Malla con la que se realizó el conteo de minerales en las secciones delgadas. 111
- Figura 85. Fragmento lítico metamórfico de cuarcita (Crc), entre los cristales de cuarzo hay micas moscovitas orientadas. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 113
- Figura 86. En el centro de los retículos se presenta mica biotita (Bt) y cuarzo monocristalino (Qz M), obsérvese el tamaño promedio de los clastos. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 113
- Figura 87. Fragmento lítico volcánico (LV) rodeado de cemento de carbonato (C), hacia los extremos de presenta cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 115

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

- Figura 88. Fragmento lítico volcánico (LV) en el que se observa una textura Branching, rodeado de cemento de carbonato (C), al lado izquierdo cuarzo monocristalino (Qz M). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.115
- Figura 89. Se presenta un circón (Cr) dentro de cuarzo (Qz). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.116
- Figura 90. Fragmento lítico volcánico (LV) atravesado por una vena de cuarzo (V Qz) en su parte inferior, hacia la parte superior se observan anfíboles (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.118
- Figura 91. Fragmento lítico volcánico (LV) (cubre la mayor parte del campo visual), presenta anfíboles, cuarzo y plagioclasa. Al lado derecho cuarzo monocristalino (Qz M). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.....118
- Figura 92. Anfíbol (Afb) con algo de deformación, en la imagen derecha se puede observar la zonación. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. .120
- Figura 93. En las imágenes se observa cuarzo policristalino (Qz). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.120
- Figura 94. Se observa actinolita (Ac), en las imágenes se puede reconocer la textura en forma de fibras. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.121
- Figura 95. Se observa clorita (Cl), en la imagen derecha se puede reconocer el color de interferencia azul Berlín. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.....121
- Figura 96. En las imágenes se pueden apreciar piroxenos (Px) en forma de aguja y vidrio. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.122
- Figura 97. Las imágenes muestran una típica textura Branching (Tx Br) en un basalto brechado. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.....122
- Figura 98. Mica biotita (Bt) que ha sufrido corrosión, se presenta remplazamiento de carbonatos. A los lados se observa la matriz de cuarzo (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.123
- Figura 99. Se observa oxihornblenda (Oxh), alrededor la matriz de cuarzo (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.....124

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

- Figura 100. En el centro cristal alargado de mica biotita (Bt), a la derecha cuarzo monocristalino (Qz M) rodeados por la matriz. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 125
- Figura 101. Mica biotita (Bt) y mica moscovita (Mv), esta última con un cuarzo recristalizado. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 125
- Figura 102. Mica moscovita (Mv) y anfíbol (Afb) rodeados por la matriz arenosa. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 127
- Figura 103. Cuarzo (Qz) con forma hexagonal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 128
- Figura 104. Cuarzo (Qz) con forma octagonal, en las imágenes se aprecian cinco de sus ocho lados. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 128
- Figura 105. Se observa actinolita (Ac), en las imágenes se puede reconocer la textura en forma de fibras. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 129
- Figura 106. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 129
- Figura 107. Chert (Ch) rodeado de cemento de carbonato (C). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 131
- Figura 108. Cuarzo policristalino (Qz M) con cemento de carbonato (C), bordeando el clasto. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 131
- Figura 109. En las imágenes se observa hornblenda (Hb), cuarzo (Qz) y feldespato (F). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 132
- Figura 110. Feldespato con macla de microclina, presenta algo de corrosión y recristalización de otros minerales. 133
- Figura 111. Fragmento lítico metamórfico de cuarcita (Crc), entre los cristales de cuarzo hay micas moscovitas orientadas. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 135

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

- Figura 112. Mica biotita deformada (Bt), a la derecha cuarzo monocristalino (Qz M). Rodeándolos se encuentra la matriz arenosa (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 135
- Figura 113. Textura general de la roca, se observa hornblenda (Hb) y plagioclasa (Pl) principalmente. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 136
- Figura 114. Mineral opaco (Op) rodeado de cemento de carbonato (C) (micrita), anfíbol en corte basa (Afb), a la derecha de ambos cuarzo policristalino (Qz P). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 138
- Figura 115. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita, en la parte de arriba anfíbol (Afb) y cemento de carbonato (C) (micrita). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 138
- Figura 116. Piroxeno (Px) en corte transversal, presenta corrosión hacia su parte inferior. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 139
- Figura 117. Olivino (Ol) con halos de corrosión, en la parte superior se observa piroxeno (Px). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 140
- Figura 118. Véase la relación matriz-cristales, se ven muchos de los componentes de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 141
- Figura 119. En la parte izquierda se observa plagioclasa (Pl) con zonación, también anfíboles (Afb) y matriz de vidrio con microlitos (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 141
- Figura 120. Piroxeno (Px) en corte basal, cerca del centro de los retículos. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 141
- Figura 121. Piroxeno (Px) correspondiente a hipersteno (centro de las imágenes), rodeado por la matriz de la roca (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 142
- Figura 122. Piroxeno (Px) en corte longitudinal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 143
- Figura 123. Anfíbol (Afb) en corte longitudinal y basal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX..... 144

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

- Figura 124. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 144
- Figura 125. Se puede observar algunos cristales de anfíbol (Afb) pasando a biotita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 144
- Figura 126. Cristal de hornblenda (Hb) en corte longitudinal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 145
- Figura 127. Plagioclasa zonada (Pl), presenta corrosión en su parte central. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 146
- Figura 128. Fragmento lítico volcánico (LV) en el que se pueden reconocer plagioclasas y algunos anfíboles. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 146
- Figura 129. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz), anfíbol (Afb) y plagioclasa (Pl). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 148
- Figura 130. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz) y anfíbol (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 150
- Figura 131. Subarcosa, vista general de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 151
- Figura 132. Subarcosa, vista general de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 153
- Figura 133. Arcosa, vista general de la roca. Se reconoce cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P), plagioclasa (Pl) y anfíbol (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 154
- Figura 134. A la izquierda de las imágenes chert (Ch), a la derecha anfíbol (Afb) en corte basal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 156
- Figura 135. Se observa plagioclasa (Pl) y un fragmento lítico volcánico (LV) en la parte superior derecha. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 156
- Figura 136. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz), anfíbol (Afb), mica moscovita (Mv) y plagioclasa (Pl). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 158

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

- Figura 137. Vista general de la roca, se observa cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P), plagioclasa (Pl), mica biotita (Bt) y un fragmento lítico volcánico (LV). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX. 160
- Figura 138. Triangulo de clasificación de arenitas (Folk 1968). 162
- Figura 139. Relación entre el marco composicional de las arenitas y el ambiente tectónico relacionado a la Tabla 35. (Dickinson, Beard et al. 1983). 163
- Figura 140. Relación entre el marco composicional de los conglomerados y el ambiente Tectónico relacionado a las Tablas 36,37, Mallas 1 - 20. Modificado de (Dickinson, Beard et al (1983). 167
- Figura 141. Relación entre el marco composicional de los conglomerados y el ambiente tectónico relacionado a las Tablas 36,37, Mallas 21 - 32. Modificado de Dickinson, Beard et al (1983)..... 167
- Figura 142. Diagrama de clasificación química de Rocas Plutónicas. (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ) EGS 009-M13: Andesita, (+) EGS 011-M36: Dacita, (x) EGS 012-M21: Gabro. 178
- Figura 143. Diagrama de clasificación química de Rocas Volcánicas. (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ) EGS 009-M13: Andesita, (+) EGS 011-M36: Dacita, (x) EGS 012-M21: Gabro. 178
- Figura 144. Diagrama de normalización a MORB según (Pearce 1982), donde pertenecen a las Muestras (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ)EGS 009-M13: Andesita, (+)EGS 011-M36:Dacita, (x)EGS 012-M21: Gabro. 179
- Figura 145. Diagrama de clasificación tectomagmática (Wood 1980), IAT Arco de Isla Toleíticos; CAB Basaltos Calco Alcalinos; N-MORB Basaltos de Ridge Centro Oceánicos Tipo N; E- MORB Basaltos de Ridge Centro Oceánicos Tipo E; WPT Toleítas Intraplaca; WPA Basaltos Toleíticos Intraplaca. (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ)EGS 009-M13: Andesita, (+)EGS 011-M36:Dacita, (x)EGS 012-M21: Gabro. 179

LISTA DE ANEXOS

**Anexo A. Columnas Estratigráficas Sección La Paila - Sevilla
Norte del Departamento del Valle del Cauca.**

**Anexo B. Columnas Estratigráficas Sección Uribe - Sevilla
Norte del Departamento del Valle del Cauca.**

**Anexo C. Columnas Estratigráficas Sección Andalucía - Galicia
Norte del Departamento del Valle del Cauca.**

**Anexo D. Columnas Estratigráficas Sección Buga – La Habana
Norte del Departamento del Valle del Cauca.**

Anexo E. Mapa Geológico Regional

Anexo F. Relación 3D de las columnas estratigráficas

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada en el flanco occidental de la cordillera Central en los andes Colombianos, entre los municipios de Cartago y Buga en el Departamento del Valle del Cauca.

En la zona afloran rocas que van del Paleozoico hasta el cuaternario entre las que se encuentran rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias y depósitos coluviales, siendo afectadas de manera regional por el sistema de fallas del Cauca de dirección NNE, y por algunas fallas locales que generan desplazamientos así como sinclinales y anticlinales en las secciones trabajadas.

Para este trabajo la unidad de interés es la Formación La Paila, en la que se realizó la determinación de la procedencia de los conglomerados que la componen, partiendo de un conteo estadístico hecho a los clastos en campo, para luego ser clasificados petrográficamente y a partir de allí asociarlos composicionalmente a las unidades cercanas a esta Formación, de igual manera llevarlos a los diagramas de Dickinson, Beard et al (1983) modificados y propuestos en este trabajo, para determinar el ambiente tectónico de formación y así poder hacer una aproximación acertada de las posibles unidades fuentes que aportaron los clastos que hacen parte de los conglomerados de la formación la Paila.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



ABSTRACT

The area of study is found located in the west flank of the Central cordillera of the Colombian Andes, between the municipalities of Cartago and Buga in the Department of Valle del Cauca.

In the zone there are rocks that date back into the Paleozoic until the Quaternary on which there are found igneous, metamorphic and sedimentary rocks and also colluvial deposits, being affected in regional form by the faults system from Cauca in direction NNE, and by some local faults that generate displacement as well as synclines and anticlinal in the worked sections.

The unite of interest for this work is the Formation La Paila, in which it was performed the determination of the provenance of the conglomerates that the compose, starting a statistical count made to the clasts in ground, then be classified petrographic and from there to associate compositionally closets units to the Formation, the same way to take them to the Dickinson Beard et al (1983) diagrams that were modify and proposed in this work, to determine the tectonic environment of formation and thus make an appropriate approximation to the possible fount unites that contributed the clasts that make part of the conglomerates of the Formation La Paila.



1. INTRODUCCION

La geología regional del departamento del Valle del Cauca presenta un alto nivel de complejidad tanto estratigráfico como estructural debido a innumerables procesos geológicos que han actuado en Colombia.

La litología variable afectada por fallas requiere un estudio detallado para la determinación de sus rasgos más importantes, los cuales permitan la identificación de la unidad en diferentes puntos geográficos, para facilitar la construcción de modelos evolutivos que expliquen el origen de las formaciones geológicas existentes.

En el área de estudio afloran sedimentos del terciario, compuestos por conglomerados, areniscas y arcillolitas de origen continental, con intercalaciones de tobas acidas definidas en su conjunto como la Formación La Paila por Nelson (1957).

Al oeste de la localidad de Sevilla, 60 Km al sur de Cartago, aflora la Formación La Paila compuesta por 200 m de tobas en su parte inferior y 400 m de conglomerados y areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas en la parte superior (Keiser, Nelson, H. y Van Der Hammen, T 1955 inédito), en Alvarez (1983). Según estudios palinológicos pertenece al Mioceno. Schwinn (1969) considera la Formación Cartago como un equivalente parcial de la parte inferior de la Formación La Paila.

Con el presente trabajo se pretende plantear un modelo para la determinación de la procedencia de los conglomerados de la Formación La Paila, en el departamento del Valle del Cauca entre los municipios de Cartago y Buga, a partir de análisis geoestadísticos de los clastos que conforman la unidad, buscando de

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

esta manera aportar información para la formulación de los posibles orígenes de los clastos que conforman la unidad.

De igual manera los resultados obtenidos serán de gran utilidad para la geología evolutiva de la región.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la procedencia de los materiales de los conglomerados de la Formación La Paila en el departamento del Valle del Cauca entre los municipios de Cartago y Buga.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los tipos de roca que hacen parte de los conglomerados tanto en muestra de mano como en sección delgada.
- Realizar análisis geoestadístico basados en las muestras tomadas en campo mediante la malla utilizada para su cuantificación.
- Determinar las características de la matriz de los conglomerados.
- Determinar las características estratigráficas generales del depósito.
- Proponer un modelo geológico evolutivo de los conglomerados de la Formación La Paila.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuentra localizada en la margen Occidental de la Cordillera Central, entre los municipios de Cartago y Buga, norte del departamento del Valle del Cauca (ver Figura 1), en donde se encuentran las secciones que se trabajaron, las cuales son:

Buga – La Habana, Andalucía – Galicia, La Uribe – Sevilla, La Paila - Sevilla y Cartago – Alcalá.

Dibujándose así una franja noreste la cual comprende aproximadamente las siguientes coordenadas planas origen Chocó:

X: 1'079.115 a 1'138.982 y Y: 913.078 a 1'018.273

3.2 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

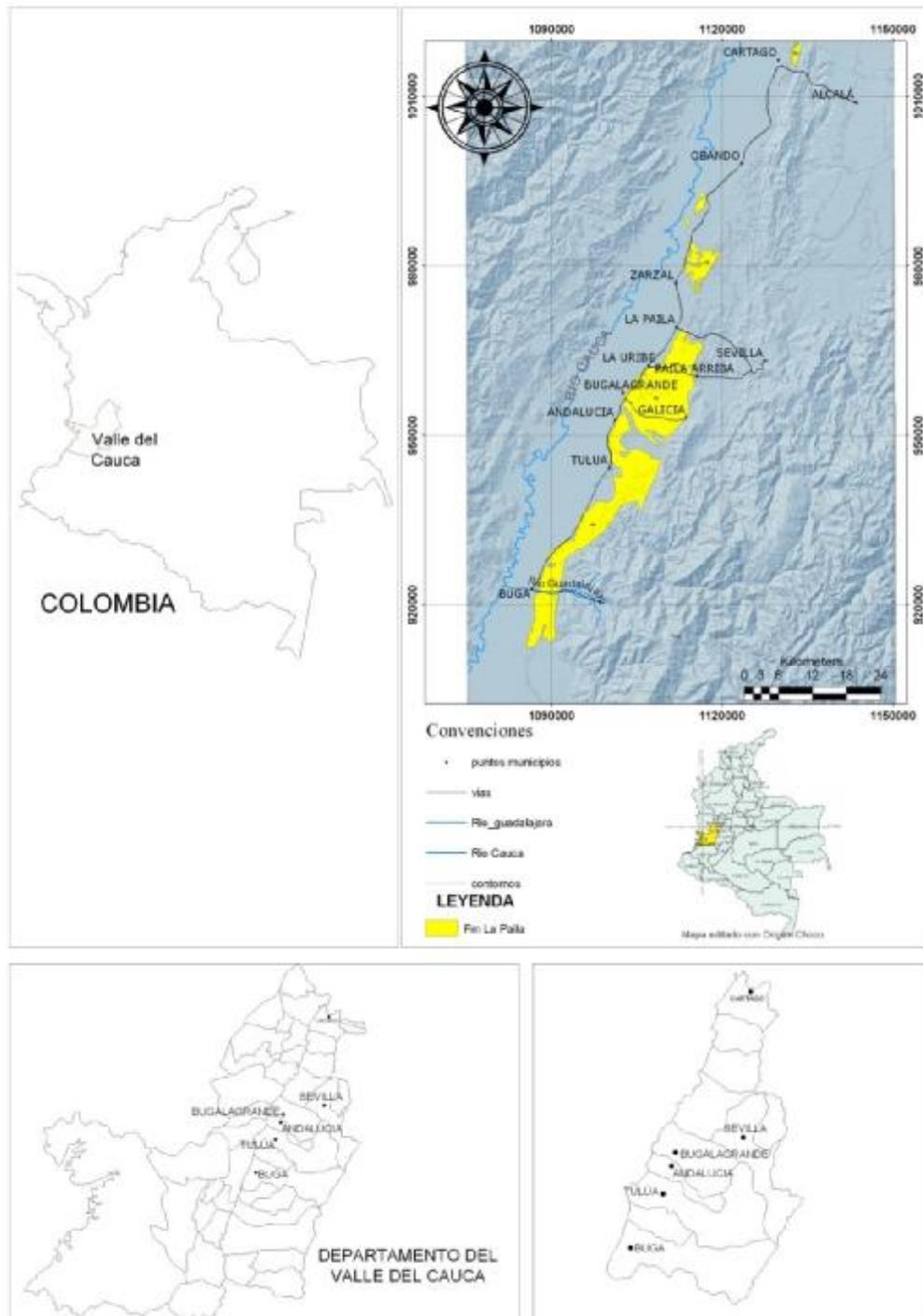


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

4. GEOMORFOLOGIA

El área de estudio se encuentra localizada en la margen Occidental de la Cordillera Central, en el costado Oriental del Rio Cauca aguas abajo, se puede distinguir geomorfológicamente dos unidades pertenecientes a Depósitos cuaternarios y a la Formación La Paila (ver Figura 2), que contrastan fácilmente como lo son: las llanuras de acumulación de un río meandriforme (Rio Cauca) que se extiende prolongadamente hacia al pie de monte de la Cordillera Central y Occidental donde se encuentran cultivos y vías principales.

La segunda unidad geomorfológica corresponde a colinas redondeadas características de unidades sedimentarias, de pendientes aproximadamente de 30%, cortas, donde las alturas mínimas alcanzan los 1000 m.s.n.m y la máxima es de 1211 m.s.n.m; estas colinas tienen una disección intensa, creando pequeños valle encajados formados por aguas de escorrentía, estos presentan poca abundancia de bosques de galerías. En algunos sectores las colinas son más escarpadas mostrando un control estructural (ver Figura 4).

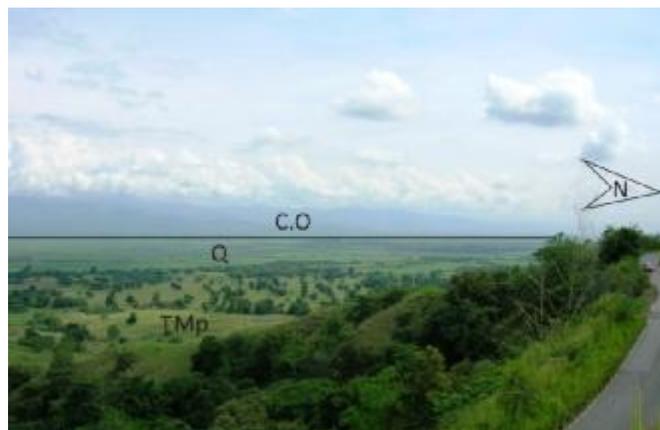


Figura 2. Obsérvese la Cordillera Occidental (C.O), los depósitos cuaternarios del Rio Cauca (Q), y los terrenos elevados de la Formación La Paila (TMp). Fotografía tomada desde un alto en la sección Uribe – Sevilla.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

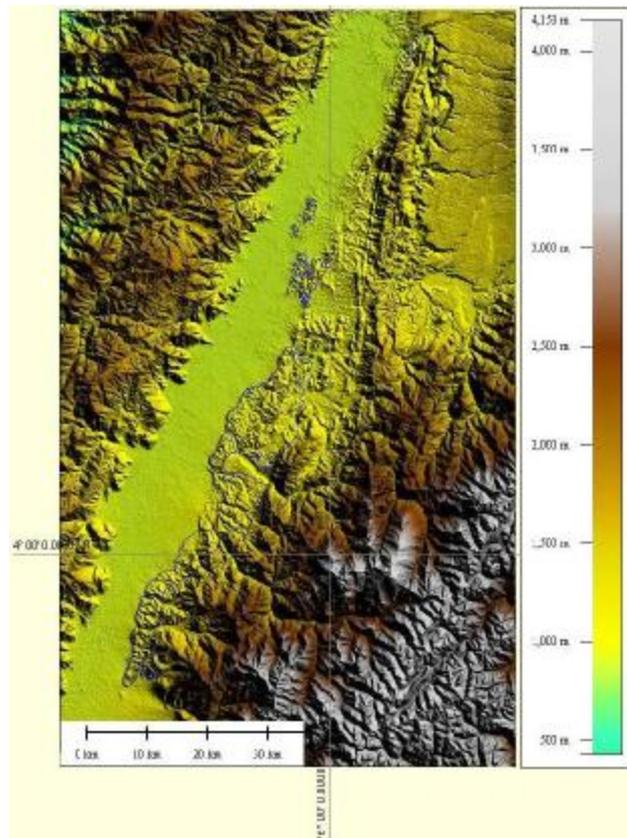


Figura 3. Modelo de elevación digital de la Formación La Paila delimitada por la franja azul, donde aparece a todo el pie de monte de la cordillera Central flanco occidental.

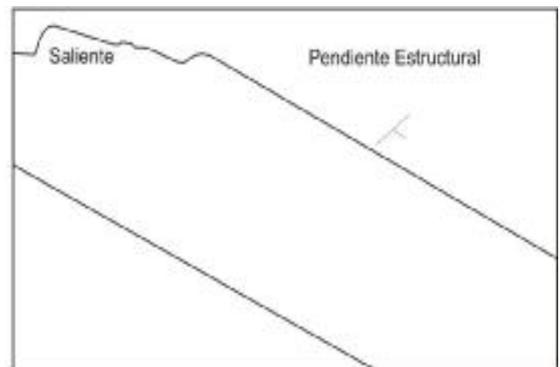


Figura 4. Cantera La Esperanza, véase en la imagen la pendiente estructural, dando salientes características de rocas duras para este caso conglomerado. La estratificación medida en la base, entre el conglomerado y un estrato de arenita es N60W/24NE.



5. METODOLOGIA

La metodología que se pretende utilizar en este proyecto parte desde la búsqueda y recolección de información necesaria para la elaboración de este estudio, hasta la presentación de los resultados en un informe final efectuándose en varias fases como se presenta a continuación:

5.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Consiste en la búsqueda de la información disponible que sea de interés para la ejecución del proyecto, pretendiendo de esta manera conocer los estudios geológicos realizados a escala regional y local, que puedan servir como centro de confrontación para este trabajo. Es así como esta etapa se enfatiza en analizar los estudios preliminares partiendo de la escala regional a la más puntual, realizándose de una manera introductoria buscando conocer el área de trabajo desde la óptica de otros autores de tal forma que en etapas como la de campo se pueda corroborar o debatir lo que ya se ha dicho sobre esta unidad.

5.2 TRABAJO DE CAMPO

Esta fase es la más importante por ser la que proporciona la mayoría de la información de análisis e interpretación, ya que con base a los datos obtenidos se pretende llegar a determinar conclusiones de gran valor investigativo.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



El trabajo de Campo se lleva a cabo de la siguiente manera:

Una visita de 20 días a la zona de estudio en donde se realiza un muestreo de los clastos que conforman los conglomerados y aquellos que son de difícil identificación en muestra de mano se les hace sección delgada al igual que a la matriz del conglomerado, la cantidad de secciones delgadas que se realizaron dependieron de los cambios texturales y composicionales a lo largo de las localidades descritas tratando de abarcar la mayor parte de la Formación. Cada afloramiento descrito está referenciado posicionalmente por medio de GPS para una ubicación exacta, donde los lectores del proyecto pueden corroborar los datos que se suministran en este trabajo.

La toma de datos efectuada en campo para realizar el trabajo geoestadístico, se hizo mediante una malla, la cual tiene unas dimensiones de 90 cms de ancho por 90 cms de largo, que es dividida a cada 10 cms en ambas dimensiones, lo que permite que los clastos que queden en el medio de los retículos se les haga la identificación y cuantificación estadística. En esta visita se manejan varias secciones o localidades, en las que se utiliza la malla para el conteo de clastos.

Se realizan también descripciones generales de los afloramientos en las que se incluyen características sedimentológicas tales como tamaño de los clastos, esfericidad, redondez, estructuras sedimentarias, etc.

5.3 TRABAJO DE OFICINA

En esta fase del trabajo se procesan los datos obtenidos en la salida de campo, mediante los diagramas de Dickinson, Beard et al (1983) determinando la procedencia de los materiales que componen los conglomerados de la Formación La Paila, permitiendo la reconstrucción de los ambientes de depósito y sus

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



probables correlaciones, lo que aporta evidencias clave para el conocimiento de la evolución geológica de esta región en particular y su evolución paleogeográfica en un contexto global.

Se analizaron petrográficamente las muestras a las cuales se les realizó sección delgada, todas ellas observadas y fotografiadas con la ayuda de un microscopio Olympus con el lente de aumento 10X, obteniendo una información precisa sobre los tipos de roca que allí se presentan y de esta manera teniendo claridad sobre los datos que se incluyen en los diagramas para realizar una interpretación geológica adecuada.

También se incluye una base de datos georeferenciada para tener una información completa de ubicación y características de cada afloramiento descrito.

5.4 INFORME FINAL

Corresponde al procesamiento y edición de la información recolectada durante todo el desarrollo del proyecto tanto los resultados, tablas e interpretaciones con sus correspondientes conclusiones, dando como resultado el presente trabajo.



6. ANTECEDENTES

La Formación La Paila fue definida por Nelson (1957) como una secuencia compuesta por tobas acidas en su parte inferior, seguida en aparente conformidad por una secuencia fluvial formada por areniscas conglomeráticas y conglomerados con algunas intercalaciones de lodolitas hacia la parte superior.

Esta denominación de Formación La Paila, sería adoptada más tarde por Van Der Hammen (1958), quien basado en análisis palinológicos le asigno a la unidad una edad de Mioceno Inferior a Medio.

Schwinn (1969), denominó estos sedimentos como Formación Buga, y la considero como la parte superior de lo que denominó Grupo Valle. Posteriormente, McCourt (1984) retoma el nombre de Formación La Paila, describiéndola como una secuencia de areniscas, conglomerados y tobas dacíticas.

Análisis palinológicos realizados por Dueñas y Duque Caro (1988) para Ecopetrol coinciden en asignar una edad Mioceno Inferior para los sedimentos de la Formación La Paila.



7. GEOLOGIA REGIONAL

7.1 PALEOZOICO

7.1.1 Complejo Cajamarca (Pzc)

El Complejo Cajamarca en la Cordillera Central reúne los litodemas metamórficos situados entre la Falla San Jerónimo al oeste y la Falla Otú Pericos al este (Maya y González, 1995). Aflora a lo largo del borde oriental del Departamento del Valle del Cauca en una franja de 150 km de largo, orientada NE-SO. Predominan dos tipos de esquistos de bajo grado intercalados con cuarcitas y localmente con mármoles: esquistos verdes y esquistos grafiticos o negros.

▣ Litología y petrografía

Esquistos verdes: Estos esquistos cuarzosos y alumínicos, constituyen la roca más abundante del Complejo Cajamarca. En afloramiento son verdes grisosos con lustre filítico sobre planos de esquistosidad. Se caracterizan por una composición mineralógica que varía dentro de límites menores. La paragénesis mineral básica consiste en clorita/actinolita, epidota, albita, sericita y cuarzo con cantidades variables de zoicita, calcita y zircón.

Esquistos grafiticos: Estas rocas se podrían describir como esquistos cuarzosericíticos aunque denominarlos grafiticos o negros. Los minerales constituyentes, cuarzo y sericita, comprenden entre el 90 - 95% de la roca; grafito

es un accesorio común presente como polvo fino distribuido a través de la roca. En cantidades variables menores incluyen también albita, clorita, epidota, apatito, zircón, rutilo, turmalina y pirita.

Mármoles: En el límite suroriental del Departamento del Valle, al sur de la Falla de Miranda, afloran horizontes de mármol intercalados con esquistos calcáreos. Estos se presentan en un cinturón de 250 m de ancho que se extiende por 11 km aproximadamente. Los mármoles se encuentran confinados a dos horizontes principales de unos 10 m de espesor cada uno. Su color varía de blanco a gris oscuro.

De acuerdo con la mineralogía y el grado metamórfico de los esquistos intercalados constituidos esencialmente por albita, sericita, clorita, calcita y cuarzo en proporciones variables y porfidoblastos adicionales de tremolita-actinolita se considera que los mármoles hacen parte del Complejo Cajamarca. Nelson (1957) describe mármoles como parte del Grupo Cajamarca en el Tolima, cerca al contacto oriental con el Batolito de Ibagué; situación tectónica similar a la de los mármoles del área de Miranda. Sin embargo, los mármoles podrían también hacer parte de los Esquistos de Bugalagrande.

7.1. 2 Complejo Arquía

El Complejo Arquía, situado entre las Fallas Silvia- Pijao y Cauca - Almaguer, está constituido por rocas metamórficas de origen ígneo y sedimentario (Maya y González, 1995). El Complejo Arquía es el conjunto más heteróclito del Occidente Colombiano, con protolitos ígneos, metamórficos y sedimentarios; con disposición estructural complicada (Hincapié y Moreno Sánchez, 2001). Se resalta también la



disparidad genética existente entre los protolitos que va desde rocas ultrabásicas a granitoides y de volcanitas hasta silisiclastitas. Las fechas radiométricas obtenidas en diferentes sectores del Complejo aportan edades que van desde el Paleozoico Tardío hasta el Cretácico, con mayor concentración de datos en el Cretácico Temprano (Maya, 1992; Moreno Sánchez y Pardo Trujillo, 2003). En la cartografía geológica del Valle del Cauca (De Armas 1985; McCourt 1985; McCourt y Verdugo 1985; McCourt, Mosquera et al. 1985a; McCourt, Millward et al. 1985b) se han diferenciado en el Complejo Arquía tres unidades litológicas: Esquistos Básicos de Bugalagrande, Anfibolitas de Rosario y Metagabroides de Bolo Azul.

■ Esquistos Básicos de Bugalagrande (Pzb)

De acuerdo a De Armas 1985; McCourt 1985; McCourt y Verdugo 1985; McCourt, Mosquera et al. 1985a; McCourt, Millward et al. 1985b, forman la mayor parte del flanco occidental de la Cordillera Central y se presentan limitados al Oeste por la Falla Cauca-Almaguer que los pone en contacto con las volcanitas de la Formación Amaime. Pzb consiste en esquistos anfibólico-cloríticos y esquistos grafiticos (“negros”) con cantidades subordinadas de esquistos micáceos, cuarcitas y samitas. Los diferentes tipos de esquistos están íntimamente mezclados a través de la unidad aunque alguno predomina localmente; la cartografía detallada muestra que de anfibólico-cloríticos pasan gradualmente a grafiticos que en sí mismos varían entre ricos en grafito y cuarzo-sericíticos casi idénticos a los del Complejo Cajamarca. En sección delgada estos cambios están marcados por la adición de grafito, cuarzo y sericita a expensas de anfíbol, clorita, epidota y albita.



▣ Litología y Petrografía

Son esquistos básicos de color verde grisáceo a oscuro, según su contenido en anfíboles. En sección delgada muestran bandas alternantes de anfíbol y/o clorita que alcanzan hasta el 40% de la roca separada por albita, epidota/zoicita y cantidades menores de cuarzo. El anfíbol es actinolita, sin embargo, en algunas muestras se registró hornblenda. La clorita primaria está subordinada al anfíbol; en muestras procedentes de zonas de contacto y/o zonas de falla es ubicua la clorita secundaria a partir de anfíboles. La plagioclasa es albita no maclada. Accesorios comunes son apatito, magnetita, esfena, pirita y menos frecuente biotita.

▣ Anfibolitas de Rosario (Pzr)

Los afloramientos de esta unidad meta-ígneas están íntimamente relacionados, aunque siempre con contactos fallados, con los Esquistos Básicos de Bugalagrande (De Armas 1985; McCourt 1985; McCourt y Verdugo 1985; McCourt, Mosquera et al. 1985a; McCourt, Millward et al. 1985b).

▣ Litología y petrografía

La unidad está compuesta de anfibolitas con intercalaciones menores de esquistos anfibólicos y con menos frecuencia pequeños cuerpos ultrabásicos. Las anfibolitas son de color verde oscuro a negro, localmente moteadas con pequeños granates



rosados, masivas aunque con una marcada esquistosidad penetrativa y fuertemente diaclasadas.

Mineralógicamente contienen plagioclasa --generalmente albita y menos frecuente oligoclasa-- y hornblenda-edenita con cantidades variables de almandino, cuarzo y epidota. Accesorios comunes son rutilo, esfena, óxidos de hierro y más raramente apatito, con clorita secundaria desarrollada a partir de anfíbol. Hornblenda y plagioclasa constituyen más del 85% de la roca. Por su parte, los esquistos anfibólicos son idénticos en afloramiento a los Esquistos Básicos de Bugalagrande; en sección delgada, sin embargo, presentan una diferencia importante: hornblenda es el anfíbol y no actinolita. Las unidades de esquistos son, sin excepción, delgadas y muy locales y es probable que representen anfibolitas fuertemente cizalladas. Menos frecuente y asociados siempre a fallas principales se observan dentro de las Anfibolitas de Rosario, en el extremo norte de su área de afloramiento, lentejones de rocas ultrabásicas cizalladas. A causa de la deformación es imposible reconocer en estos los episodios de metamorfismo regional responsables de la producción de anfibolitas. McCourt (1984a) sugiere que se trata de escamas imbricadas de rocas más jóvenes, emplazadas tectónicamente.

☒ **Metagabroides de Bolo Azul (Pzba)**

Los metagabros/dioritas, pegmatitas hornbléndicas, neises hornbléndicos y anfibolitas que constituyen esta unidad son estructuralmente la extensión sur de las Anfibolitas de Rosario aunque su contacto es siempre a través de fallas principales. Estas rocas afloran en un cinturón angosto pero bien definido que



varía entre 1-2 km de ancho y se extiende por unos 55-60 km (De Armas 1985; McCourt 1985; McCourt y Verdugo 1985; McCourt, Mosquera et al. 1985a; McCourt, Millward et al. 1985b).

▣ Litología y Petrografía

La característica principal de los Metagabroides de Bolo Azul es su heterogeneidad textural tanto en afloramiento como a escala regional. Las unidades de grano más fino están más deformadas y con una foliación muy fuerte paralela a la esquistosidad regional. Los Metagabroides de Bolo Azul poseen el mismo metamorfismo que las Anfibolitas de Rosario. En sección delgada consisten en hornblenda y plagioclasa (albita, oligoclasa) con cantidades menores de epidota, clorita, esfena, calcita y cuarzo. La mayoría presentan textura ígnea con reliquias de plagioclasas zonadas.

7.2 CRETÁCICO

7.2.1 Complejo Quebradagrande (Kq)

El documento presentado por Maya y González (1995) es una compilación del grupo de trabajo que participó en el primer Simposio de Geología Regional Cordillera Central. En este trabajo se propone el nombre "Complejo Quebradagrande" para el conjunto de los litodemas volcánico y sedimentario que afloran entre las franjas metamórficas denominadas Complejo Arquía y Complejo Cajamarca.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



En el sector noreste del departamento, en áreas de los municipios de Sevilla y Tuluá, formando un cinturón continuo de 80 km de largo, limitado al oriente por la falla de San Jerónimo y al occidente por la falla Silvia - Pijao (Maya y González 1996) afloran bloques imbricados de rocas sedimentarias marinas y volcánicas con evidencias de metamorfismo dinámico. Este último se reconoce por la presencia de clivaje de crenulación y foliación milonítica de rumbo NNE-SSW, y buzamiento hacia el Este que varían entre 50° y 70°. Como consecuencia del tectonismo no es posible establecer la sucesión estratigráfica dentro del Kq ni tampoco estimar su verdadero espesor. Consideraciones regionales sugieren la presencia de una parte esencialmente sedimentaria y otra esencialmente volcánica con un espesor combinado mínimo de 3500-5000 m. En el mapa geológico del Departamento del Valle todas las rocas del Complejo Quebradagrande se han agrupado dentro de una sola unidad de cartografía; sin embargo, en las planchas geológicas 1:100.000 se han separado según su predominancia en áreas de rocas sedimentarias (Kqs) y otras con predominio de rocas volcánicas (Kqv).

Rocas sedimentarias (Kqs)

El segmento sedimentario consiste en una secuencia de rocas con amplia variación en el tamaño de grano. Brechas, conglomerados y areniscas conglomeráticas de cantos y gravas de rocas volcánicas y chert (Gómez-Cruz, Moreno-Sánchez et al. 1995) son comunes y sugieren sedimentación volcánico-clástica subacuosa producida por movimiento en masa. La mayor parte de los afloramientos en el Valle consisten en arenitas líticas y arcosas volcánico-clásticas con componentes sedimentarios constituidos de fragmentos de rocas volcánicas básicas pero incluyen fragmentos de lodolitas carbonosas, cherts negros con



proporciones menores de cuarcitas y delgadas e impersistentes intercalaciones de calizas negras. Estas rocas se han interpretado como turbiditas con intercalaciones pelágicas (González 1980a; McCourt 1984a), pero la existencia de calizas al occidente de Pijao (Quindío), interestratificadas con cuarzoarenitas podrían indicar depósitos locales de plataforma. El reporte de fósiles marinos en rocas correlacionables (González 1980a; Gómez-Cruz, Moreno-Sánchez et al. 1995) indica ambientes submarinos. Las faunas, que según González (1980) son epineríticas hasta salobres, incluyen gasterópodos, amonites, lamelibranquios, braquiópodos, radiolarios y restos de plantas (Gómez-Cruz, Moreno-Sánchez et al. 1995).

■ Rocas volcánicas (Kqv)

El segmento volcánico comprende basaltos y andesitas alteradas donde la textura ígnea es clara.

■ Metamorfismo dinámico

Las rocas del Complejo Quebradagrande presentan su contacto oriental fallado con las metamórficas del Complejo Cajamarca (Pzc). Entre esta falla y los sistemas de falla de Navarco y Silvia-Pijao, unos 4 km más hacia el occidente, las sedimentitas de Quebradagrande presentan fuerte tectonismo pudiéndose describir mejor como milonitas. La subsecuente meteorización hace difícil distinguir entre rocas tectonizadas de Kq y esquistos de Pzc; Observaciones detalladas en el campo tales como las características de meteorización de los metasedimentos, la presencia de chert y su íntima asociación con doleritas; además del estudio petrográfico de las texturas metamórficas, limitan



esencialmente el Complejo Quebradagrande al occidente del Sistema de Fallas de San Jerónimo.

7.2.2 Macizo Ofiolítico de Ginebra (Koqa-Koqu)

Sobre el flanco occidental de la Cordillera Central, se presenta un bloque de rocas ultramáficas, alargado en sentido N-S, de 40 km largo y 8 km ancho promedio, que ocupa áreas de los municipios de El Cerrito, Ginebra, Guacarí, Buga, San Pedro, Tuluá y Andalucía. Sus límites oriental y occidental corresponden respectivamente a las fallas Guabas-Pradera y Palmira-Buga. La primera lo pone en contacto con los basaltos de la Formación Amaime, mientras que la segunda lo separa de las sedimentitas miocenas de la Formación La Paila. En la definición original de este cuerpo, que corresponde al área incluida en el Mapa geológico del Valle, Espinosa (1985) considera que se trata de una secuencia Ofiolítica independiente por lo que incluye además de las rocas ultramáficas, algunas escamas de rocas volcánicas e incluso volcanoclásticas.

▣ Litología y Petrografía

Espinosa (1985) reporta que el macizo consiste, de más profundo a más somero, en una secuencia de peridotitas, gabros bandeados cumúlitos, microgabros, metabasaltos, tobas, microbrechas y hialoclastitas. Los gabros y rocas superiores están atravesados por diques de dolerita y venas de plagiogranito. Las rocas ultramáficas y máficas están expuestas en la parte sur del macizo. En la región de Santa Elena (Municipio de El Cerrito) la secuencia consiste en los cúmulos de dunita, werlitas y noritas. El bandeamiento magmático de las rocas cumúlitas



está bien desarrollado y lo enfatiza la meteorización diferencial de las unidades ricas en olivino. El contacto entre las rocas ultrabásicas y las noritas es gradacional. El macizo está constituido en su mayor parte por anfibolitas producidas por metamorfismo de microgabros y basaltos (Nivia 1987); Espinosa (1985) interpreta como parte del macizo una secuencia de microbrechas y tobas que aflora en el extremo sur del macizo, a lo largo de su contacto oriental. Teniendo en cuenta, sin embargo, que las tobas no son comunes a las ofiolitas (Coleman 1977) y que estas ocurren a lo largo de la Falla Guabas- Pradera, McCourt (1984a) las considera de origen tectónico o posiblemente una brechación gaseosa/volátil relacionada con la intrusión del Batolito de Buga, íntimamente relacionado con la misma falla.

7.2.3 Formación Amaime (Ka)

El nombre de Formación Amaime fue propuesto por McCourt *et al.* (1985 en Barbosa, 2003), para designar el conjunto de rocas volcánicas de composición básicas que afloran en el flanco occidental de la Cordillera Central en el Departamento del Valle del Cauca. Barbosa (2003) lo extiende al sur de Popayán en la Subcuenca Patía.

Con este nombre se hace referencia a las vulcanitas básicas que afloran a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central. La unidad consiste en una serie de basaltos toleíticos masivos con abundantes horizontes de lavas almohadilladas. Localmente se han reportado lavas ultramáficas (Spadea, Espinosa et al. 1989). Esta serie volcánica, limitada en ambos costados por fallas regionales de tendencia NNE, se extiende a través del Departamento del Valle como un cinturón orientado NE-SO de aproximadamente 140 km de largo, que varía entre 5 y 15 km de ancho y cubre áreas de los municipios de Florida, Pradera, Palmira, El Cerrito,



Ginebra, Buga, Tuluá, Sevilla y Caicedonia. El límite oriental de estas vulcanitas corresponde a la falla principal del Sistema de Fallas Cauca-Almaguer que define el borde occidental del cinturón de esquistos paleozoicos

7.2.4 Formación Nogales (Kn)

Esta unidad definida por Nelson (1957) aflora formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central en los municipios de San Pedro, Tuluá y Andalucía. Está expuesta en la vía que une las poblaciones de Venus y Monteloro (IDP de Tuluá) y en los cauces de los ríos Bugalagrande, Tuluá y San Marcos. Está constituida por una serie de cherts, areniscas y conglomerados. Escamas corticales de composición Similar, pero de dimensiones no representables a la escala del mapa, se presentan al norte y sur del afloramiento de la Formación Nogales, asociadas a los basaltos de la Formación Amaime. La edad de la Formación conforme algunos de los amonites y bivalvos obtenidos en la Formación Nogales (Pardo-Trujillo, Moreno-Sánchez et al. 2002) que corresponden a *Trochoceras* sp. y *Nostoceras* sp. (Etayo-Serna, comunicación oral), *Trochoceras* abarca el lapso Campaniano-Maastrichtiano; *Nostoceras* posee un lapso de tiempo más restringido al Campaniano (Etayo Serna, Comunicación oral).

7.2.5 Complejo Ultramáfico de Venus (Kuv)

Vergara (1983) denominó Complejo Ultramáfico de Venus a un conjunto de rocas ultramáficas y máficas expuesto en el río Morales cerca a las poblaciones de Venus y La Moralia (Municipio de Tuluá). Estas rocas afloran formando una escama elongada en sentido norte-sur, de 13 km de largo por 1,5 km en su parte más ancha, imbricada entre formaciones Amaime y Nogales a escasos 1 a 2 km al



oriente del Macizo Ofiolítico de Ginebra, con el que se considera íntimamente relacionado. Esta unidad está compuesta por gabros, serpentinas y peridotitas.

7.2.6 Batolito de Buga (Kcd-t)

El termino Batolito en la actualidad no se aplica ya que la expresión para este tipo de cuerpos es Intrusivo, para este trabajo se utilizará el nombre de Batolito, de acuerdo a la nomenclatura utilizada por Nivia (2001) en la Memoria explicativa del Mapa Geológico del Departamento del Valle del Cauca de Ingeominas.

El Batolito de Buga aflora en los municipios de Buga, San Pedro y Tuluá formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central. El Batolito de Buga está intruido en el Macizo de Ginebra que, en su extremo norte, forma sobre este un techo pendiente. La presencia de abundantes venas y diques en las áreas de contacto entre el batolito y las toleítas de la Formación Amaime sugieren que con esta unidad presenta también relaciones Intrusivas. La mayor parte del contacto entre estas dos unidades corresponde, sin embargo, con la Falla Guabas-Pradera que limita el batolito al oriente.

El Batolito de Buga es un granitoide calco-alcalino (Aspden, McCourt et al. 1987) cuya composición varía de cuarzodiorita hornbléndica a tonalita con variaciones a diorita hornbléndica en sus contactos, particularmente en el occidental con los meta-basaltos del Macizo de Ginebra. Presenta textura hipidiomórfica de tamaño medio de cristales, caracterizada por, tabletas subhedrales de plagioclasa, prismas cortos de hornblenda, cuarzos anhedrales gruesos y cantidades variables de biotita subhedral. Las plagioclasas se presentan zonadas y su composición varía de labradorita-andesina a oligoclasa; la hornblenda, generalmente fresca, está asociada con glomero-pórfidos de cuarzo. El batolito no está foliado aunque

presenta una zona bandeada rica en xenolitos a lo largo de contacto occidental en la Quebrada Negra.

▣ Edad

Toussaint, Botero et al (1978) reportan una edad K/Ar en hornblenda de 113+10 Ma; Brook (1984) obtuvo una edad Rb-Sr en biotita de 99+4 Ma con edades minerales K/Ar discordantes de 71 a 89 Ma y 114+3 Ma. Dada la abundante evidencia de tectonismo en el área, McCourt, Aspden et al (1984) interpretan las edades radiométricas obtenidas del batolito como edades mínimas y sugieren que su intrusión fue anterior a 100 Ma y que el esparcimiento en las edades minerales K/Ar indica tectonismo subsecuente. Esta interpretación es, sin embargo, problemática cuando se consideran las evidencias cronológicas disponibles en la roca encajante, que en ninguna parte son más antiguas de Turoniano.

7.3 NEOGENO

7.3.1 Serie Porfirítica (Ta, Tda)

Esparcidos a lo largo de la Cordillera Central se presentan diques y silos porfiríticos de composición andésitica dacítica, intruidos generalmente siguiendo los lineamientos de las fallas principales N-S que definen contactos entre las unidades metamórficas. Estos pórfidos consisten en fenocristales euhedrales de plagioclasa, cuarzo en menor proporción y ocasionalmente hornblenda, embebidos en una matriz fino-cristalina de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda en proporciones variadas. Los fenocristales de plagioclasa muestran

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

zonación oscilatoria y los de cuarzo se presentan en cristales sub-redondeados con bordes muy suaves. Los fenocristales presentan fracturamiento menor atribuido a movimientos recientes a lo largo de las fallas regionales que controlan la distribución de los diques (McCourt, 1984a).

▣ Edad

Las dataciones radiométricas (K/Ar en hornblenda y biotita) en los diques de esta serie, conocida localmente como La Albania, produjeron una edad concordante de 18+1 Ma (Brook, 1984) que se toma como representante de la edad de la intrusión. Una edad más joven (12+1 Ma, hornblenda) de un dique similar a unos 3-4 km al oeste de la muestra de La Albania podría indicar, sin embargo, más de una fase de actividad de diques.



8. GEOLOGIA LOCAL

8.1 GRUPO VALLE

A partir de Guacarí hacia el norte, a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Central, aflora un cinturón elongado de rocas conglomeráticas de origen continental, que se extiende entre 120-130 km en dirección NE, con un ancho que varía entre 5-25 km. La evidencia fósil disponible (Van der Hammen 1958; Schwinn 1969) indica que su edad varía probablemente de oligocena superior a miocena media. La secuencia presenta poca variabilidad en su litología, que en adición a la deformación y a los pobres controles establecidos con respecto a su edad dificultan las subdivisiones y correlaciones. Schwinn (1969) se refiere a estas sedimentitas como el Grupo Valle, compuesto por las formaciones Cartago y Buga. McCourt, Mosquera et al (1985a) reconocen como parte del Grupo Valle las formaciones Cinta de Piedra, La Paila y La Pobreza.

Dada, sin embargo, la relación discordante entre las Formaciones La Paila y la Pobreza, Nivia (2001) considera al Grupo Valle como constituido solamente por las Formaciones Cinta de Piedra y La Paila.

8.1.1 Formación Cinta de Piedra (TOcp)

Corresponde a la secuencia de areniscas y arcillolitas compactas intercaladas con horizontes de conglomerados, expuesta en una franja N-S al N y NO de Sevilla,

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

ocupando el núcleo del Sinclinal de Miravalles-San Isidro. Los contactos principales son fallados al oeste con la Formación La Paila y al este con las Formaciones La Pobreza o Amaime. Schwinn (1969) reporta que en el núcleo de un pequeño anticlinal, al oriente de Buga, la Formación La Paila reposa en concordancia sobre la Formación Cinta de Piedra.

Litología

La Formación está compuesta por rocas detríticas de pobre selección en cuanto a tamaño, composición y forma, que varían de areniscas líticas a conglomerados polimícticos a través de areniscas conglomeráticas y que ocurren interestratificadas con lodolitas azul-grisáceas ligeramente carbonosas, en estratos de espesor grueso a muy grueso. La formación incluye, principalmente, areniscas friables de color gris verdoso con tamaño de grano variable, intercaladas con conglomerados polimícticos y arcillolitas verdosas. Los componentes sedimentarios de las areniscas incluyen cuarzo, plagioclasa, moscovita y fragmentos de roca soportados en una matriz arcillosa. Los conglomerados incluyen fragmentos de cuarzo lechoso, chert negro, basalto y lodolita soportados en una matriz arenoarcillosa. La selección, en cuanto a tamaño de estos componentes, es pobre y los cantos individuales pueden alcanzar hasta 30 cm de intercepto. Las arcillolitas presentan colores abigarrados y contienen láminas delgadas onduladas, no paralelas, continuas.



■ Correlaciones

El nombre de Cinta de Piedra fue utilizado por Hubach y Alvarado (1934) quienes definieron que el tope del “Piso del Cauca”, estaba marcado por la parte basal del conglomerado del Piso de Cinta de Piedra. Desafortunadamente se presentó confusión debido a que el nombre Cinta de Piedra fue aplicado tanto a la secuencia principal (piso) como a su unidad inferior predominantemente conglomeráticas (conjunto). Van der Hammen (1958) incluyó parte del “Conjunto Cinta de Piedra” de Hubach y Alvarado (1934) en su Grupo del Cauca, que incorrectamente igual al “Piso del Cauca” definido por estos mismos autores y retuvo el nombre de Cinta de Piedra asignándole el *status* de miembro. De Porta (1974) limita el Grupo del Cauca a la secuencia de sedimentitas paleógenas que aflora al sur de Vijes. De acuerdo con este criterio la unidad Cinta de Piedra no se puede incluir en el Grupo del Cauca aunque según su edad puede ser en parte sincrónica con la Formación Ferreira. Schwinn (1969) se refiere a esta unidad como la Formación Cartago. Teniendo en cuenta la prelación en el nombre, McCourt (1984a) la denominó Formación Cinta de Piedra y la consideró en parte, en amplios términos litoestratigráficos, correlacionable con la Formación Amagá descrita por González (1976,1980a).

■ Edad

La Formación Cinta de Piedra se asigna tentativamente al Oligoceno superior (Van der Hammen 1958; De Porta 1974) a partir de su relación con la Formación La Paila del Mioceno. Van der Hammen y De Porta claramente definen su tope en el primer nivel de toba de la parte inferior de la Formación La Paila. Schwinn (1969)

cita una edad miocena media para su Formación Buga, correspondiente a la parte superior de La Formación La Paila, mientras que Nelson (1957) y Álvarez (1983) asignan una edad Miocena Medio-Inferior para la Formación La Paila. Por inferencia la Formación Cinta de Piedra es pre-Miocena y más probablemente Oligocena.

8.1.2 Formación La Paila (TMp)

Según Van der Hammen (1958) esta unidad que fue propuesta, en 1955, en un informe inédito de Keiser, Nelson & Van der Hammen, está formada por rocas acumuladas por procesos sedimentario-volcánicos y consiste principalmente en intercalaciones de conglomerados y tobas dacíticas. Nelson (1957) dividió La formación en una unidad inferior correspondiente a aproximadamente 200m de tobas dacíticas seguidas por una secuencia clástica, esencialmente conglomeráticas. El espesor de esta última varía de 400 a 600 m.

Litología

Los horizontes de origen clástico de la Formación La Paila varían de conglomerados polimícticos de cantos a areniscas grueso granulares a conglomerática que se presentan en bancos de espesor muy grueso a grueso de estratificación plana, no paralela, continua. Los componentes sedimentarios de estas rocas presentan forma elipsoidal a esférica y buen redondeamiento; su composición refleja la geología general de la Cordillera Central: basalto, tonalita,

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



diorita, metamorfitas cuarzo y algo de chert negro. Un rasgo característico es la presencia de fragmentos de madera silicificada. Las estructuras sedimentarias más comunes son canales de relleno y estratificación cruzada. Por su parte, las tobas dacíticas ocurren en estratos tabulares macizos, gruesos a muy gruesos de colores claros en tonos de habano y crema. Interestratificados con conglomerados y tobas dacíticas ocurren también areniscas de grano grueso a medio y de colores claros en tonos de gris habano y crema, cuya composición (que incluye granos de hornblenda, biotita, magnetita, plagioclasa) sugiere una contribución volcánico-clástica importante. Estas se presentan en estratos de espesor medio con estratificación cruzada y gradación. En menor abundancia se presentan lodolitas arenosas de color amarillo ocre en bancos de espesor grueso a muy grueso de estratificación plana, paralela, continua. La estructura sedimentaria más común en estas últimas es la laminación, que normalmente varía de media a gruesa.

Correlaciones

La parte inferior de la Formación La Paila es, en parte, equivalente a la Formación Cartago definida en la Carretera Cartago-Alcalá. La parte superior de la Formación La Paila se correlaciona directamente con la Formación Buga de Schwinn (1969).

Edad

Su edad según datos palinológicos es Miocena (Van der Hammen 1958; Schwinn 1969); McCourt (1984) sugiere, sin embargo, que esta unidad puede ser más



antigua, probablemente Oligocena y correlacionable, al menos en parte, con el Grupo Cauca y la Formación Amagá.

8.1.3 Formación La Pobreza (TMpo)

Corresponde a una secuencia local de conglomerados y areniscas que descansa en discordancia sobre la Formación Cinta de Piedra, al norte de Sevilla, y está suprayacida a su vez, en discordancia, por la Formación Armenia. Esta unidad es litológicamente similar a la parte superior de la Formación La Paila. McCourt, Mosquera et al (1985a) definieron la unidad en la quebrada La Pobreza, afluente por la margen occidental del río La Vieja, donde esta secuencia presenta un conglomerado basal de cantos muy gruesos, en relaciones discordantes obvias sobre la secuencia subyacente de la Formación Cinta de Piedra. En los depósitos asociados a los ríos que drenan este conglomerado basal se encuentran cantos muy gruesos y bien redondeados de la serie regional de pórfidos. Se interpreta que estos cantos proceden del conglomerado basal de la Formación La Pobreza y por lo tanto se le asigna a la formación una edad del Mioceno al Plioceno de acuerdo con las edades K/Ar disponibles para los pórfidos. Existe, sin embargo, la posibilidad, de que los cantos de pórfidos representen erosión y transporte de materiales procedentes de stocks o diques que intruyen los sedimentos de TMpo. En este caso sería necesario controlar si la Formación La Pobreza corresponde a una secuencia independiente o a la Formación La Paila.

De acuerdo a Keith, Rine et al. (1988), La Formación La Paila y La Formación La Pobreza corresponden a una misma unidad ya que petrográficamente son iguales y ambas presentan niveles tobaceos, lo que difiere con lo propuesto por McCourt (1984) quien dice que estos niveles son menos significativos en la Formación La Pobreza.



9. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

9.1 SISTEMA DE FALLAMIENTO N20-30E

Las relaciones entre los tres sistemas principales de fallas parecen indicar que el más antiguo es el orientado N20-30E, cuyas fallas al poner en contacto tipos diferentes de rocas, definen provincias litológicas principales. Este sistema principal, es denominado tipo “Palestina” (Lozano 1986). Dentro de este sistema de fallamiento se presentan en el Departamento del Valle, de este a oeste, los siguientes sistemas de fallas de importancia regional.

9.2 SISTEMA DE FALLA CAMPANARIO-SAN JERÓNIMO

Se considera como una de las fallas principales del Sistema de Falla de Palestina (McCourt 1984a; Maya y González 1996). En el Departamento del Valle, la Falla de San Jerónimo define el límite oriental del Complejo Quebradagrande en su sector norte y en su sector sur el límite entre los complejos Cajamarca y Arquía. Esta falla se interpreta como la línea aproximada de una zona de sutura paleozoica (McCourt y Millward 1984).

9.3 LA FALLA SILVIA-PIJAO

Marca el límite occidental del Complejo Quebradagrande, haría parte del mismo sistema de fallas.



9.4 SISTEMA DE FALLA CAUCA-ALMAGUER

Este sistema está dentro de las Fallas de Romeral: Define el límite occidental del cinturón de esquistos paleozoicos y se ha interpretado como una sutura del Cretácico inferior (McCourt y Millward 1984).

9.5 SISTEMA DE FALLA GUABAS-PRADERA

Potreros: Define el límite occidental de las volcanitas de Amaime y el límite oriental aproximado de los sedimentos terciarios.

9.6 FALLA PALMIRA-BUGA

Marca el límite occidental de las rocas máficas y ultramáficas del Macizo Ofiolítico de Ginebra. En superficie presenta un trazo de 17 km pero por métodos geofísicos se ha demostrado su importancia como estructura de extensión regional (Bermúdez, Garzón et al. 1985).

9.7 FALLA DE ROLDANILLO

Limita al occidente las rocas ultramáficas y máficas del Complejo ultramáfico de Bolívar y del Gabro de Riofrío (Barrero 1979).



9.8 FALLAS DAGUA-CALIMA-BUENAVISTA Y TORO-ANDINÁPOLIS

Barrero (1979); Parra, Caballero et al. (1984); Aspend, Nivia et al. 1985, definen el borde occidental de la secuencia esencialmente masiva de basaltos que conforman la porción oriental de la Cordillera Occidental. Al occidente de la secuencia esencialmente masiva de basaltos se presentan varios cinturones regionales de basaltos, intercalados con metapelitas del Complejo Estructural Dagua limitados por las fallas El Dovio, Ristales (Barrero 1979), La Argelia, El Cairo, Río Blanco Este y Río Blanco Oeste (Parra, Caballero et al. 1984)

9.9 PLIEGUES

Las direcciones de esfuerzos calculados para la generación de los pliegues (Harding y Lowel 1979) que afectan la secuencia terciaria del Grupo Valle sugieren que estos pudieron haberse producido por componentes compresivas NW-SE, generadas por movimientos de rumbo sinestrales a lo largo de fallas de orientación N20-30E. La datación relativa basada en eventos para el plegamiento de estas rocas miocenas coincide en términos muy amplios con el emplazamiento de la Placa Caribe.

Los pliegues presentan terminaciones periclinales hacia el noreste y, como característica importante, localmente sus ejes están deflectados hacia el occidente con desplazamientos de aproximadamente 1 km en una distancia de 2 km; estas deflexiones han sido interpretadas como producidas por desplazamientos laterales izquierdos de fallas de rumbo con orientación N40-50W que afectan el basamento sobre el cual reposan las sedimentitas del Grupo Valle (Nivia, Galvis et al. 1997).



10. MALLAS

Después de la recolección de la información en campo en la cual se hizo una medición estadística directa en los conglomerados polimícticos de la Formación La Paila, mediante una malla con unas dimensiones de 90 cms x 90 cms, la cual fue dividida con intervalos de 10 cms en cada lado para crear 100 puntos de control (ver Figura 5), que permitiera hacer un conteo de clastos y tener datos porcentuales de los diferentes fragmentos de roca presentes en cada afloramiento.

Esta malla simula una sección delgada a nivel macroscópico, mostrando componentes de la roca; esto se propone para una nueva metodología de trabajo con los diagramas de Dickinson, Beard et al (1983) haciendo una modificación en los triángulos de arenitas adaptándolos a los conglomerados (ver Figuras 139 y 140), esto llevaría a la identificación del ambiente tectónico en el que se formaron las áreas fuentes que aportaron el material a la unidad.

Dickinson, Beard et al (1983) trabajan para las arenitas los siguientes componentes: Cuarzo Vs Feldespatos Vs Líticos en un diagrama ternario, para este caso la propuesta en el presente trabajo es reemplazar estos componentes por clastos de roca del conglomerado polimíctico que puedan tener los diferentes elementos utilizados por Dickinson, Beard et al (1983), los cuarzos estarían representados por fragmentos como Chert, Cuarzo Lechoso y Cuarzo vítreo los cuales se presentan en la Formación. Los Feldespatos estarían representados por clastos como Rocas Graníticas e Hipoabisales, finalmente los fragmentos líticos estarían representados por los clastos de Basalto, Gabros, Microgabros, Metagabros, anfibolitas, Brechas, etc.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Esto se haría con el fin de optimizar la búsqueda de una metodología que pueda ayudar a determinar el ambiente tectónico de las áreas fuentes para los conglomerados, como Cratón Interior, Orógeno reciclado, Arcos Magmáticos, etc.

Véase en los Anexos A, B, C y D, la posición de las estaciones y conglomerados estudiados en las columnas estratigráficas con sus respectivos porcentajes de clastos.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Los datos que se ven a continuación se encuentran georeferenciados con GPS, mostrando su ubicación exacta (ver Tabla 1.)

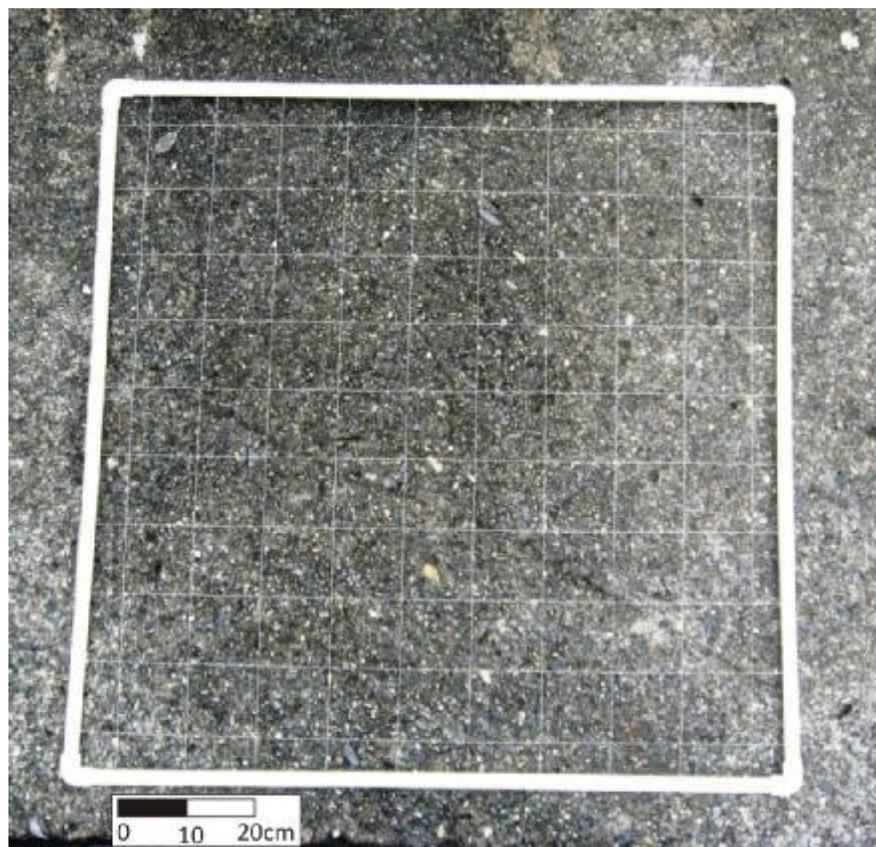


Figura 5. Malla para el conteo geoestadístico

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Estación	Malla	Coordenada X	Coordenada Y	Altura
EGS - 001	1-2	782224	967054	1023
EGS - 002	3	783853	967502	1004
EGS - 003	4	776474	961938	1058
EGS - 004	5	776509	961874	1066
EGS - 005	6	776669	961863	1056
EGS - 006	7	776655	962314	1058
EGS - 007	8	776649	962216	1103
EGS - 008	9	786139	968779	1000
EGS - 009	10	778638	962831	1156
EGS - 010	11	778638	962831	1156
EGS - 011	12	780091	962097	1155
EGS - 012	13	774941	953553	1175
EGS - 013	14	774934	953588	1198
EGS - 014	15	774863	953553	1176
EGS - 015	16	774599	953540	1182
EGS - 016	17	773825	953385	1206
EGS - 017	18	773643	952850	1211
EGS - 018	19	773596	952796	1198
EGS - 019	20	773548	952885	1176
EGS - 020	21	773492	952975	1178
EGS - 021	22	773149	953046	1165
EGS - 022	23	758139	922060	1155
EGS - 023	24	758001	921950	1131
EGS - 024	25	757694	921816	1136
EGS - 025	26	757644	921787	1142
EGS - 026	27	756781	921751	1113
EGS - 027	28	755785	921916	1096
EGS - 028	29	776668	962137	1119
EGS - 029	30	780226	961487	1127
EGS - 030	31	798629	1015484	1013
EGS - 031	32	798841	1014720	1078

Tabla 1. Coordenadas de las mallas y estaciones geológicas (Origen Bogotá).

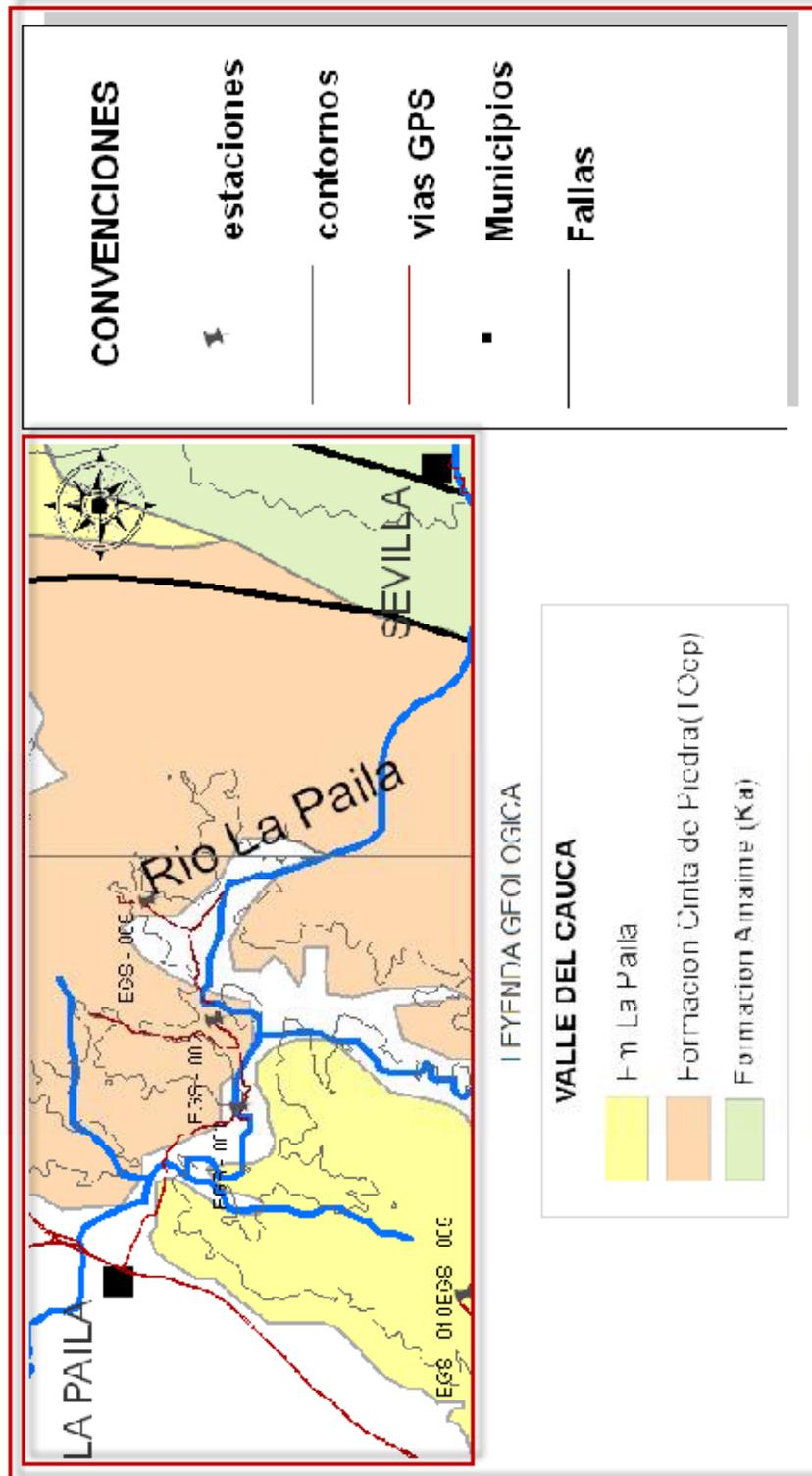


Figura 6. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección La Paila – Sevilla. Las Estaciones se encuentran en color azul.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

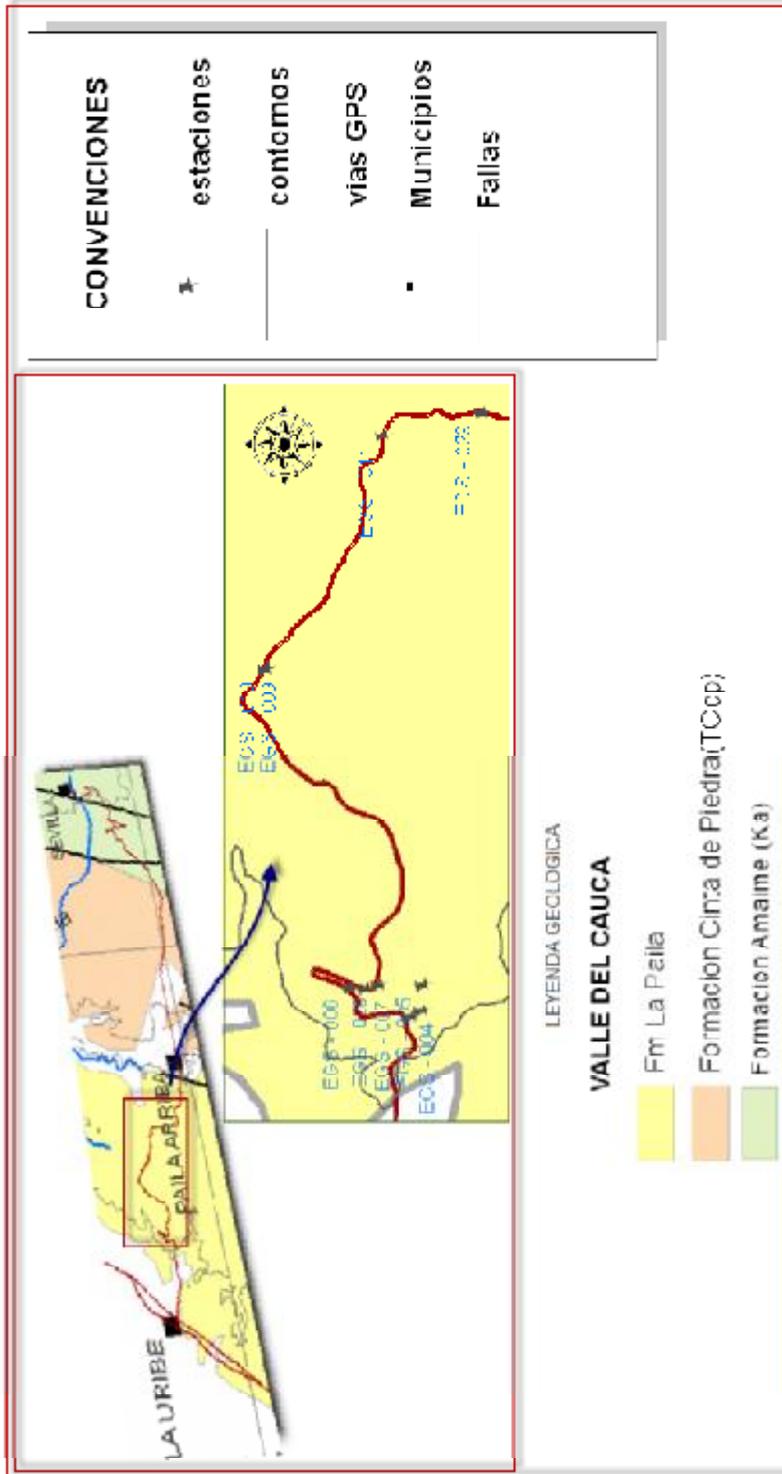


Figura 7. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección La Uribe – Sevilla. Las Estaciones se encuentran en color azul.

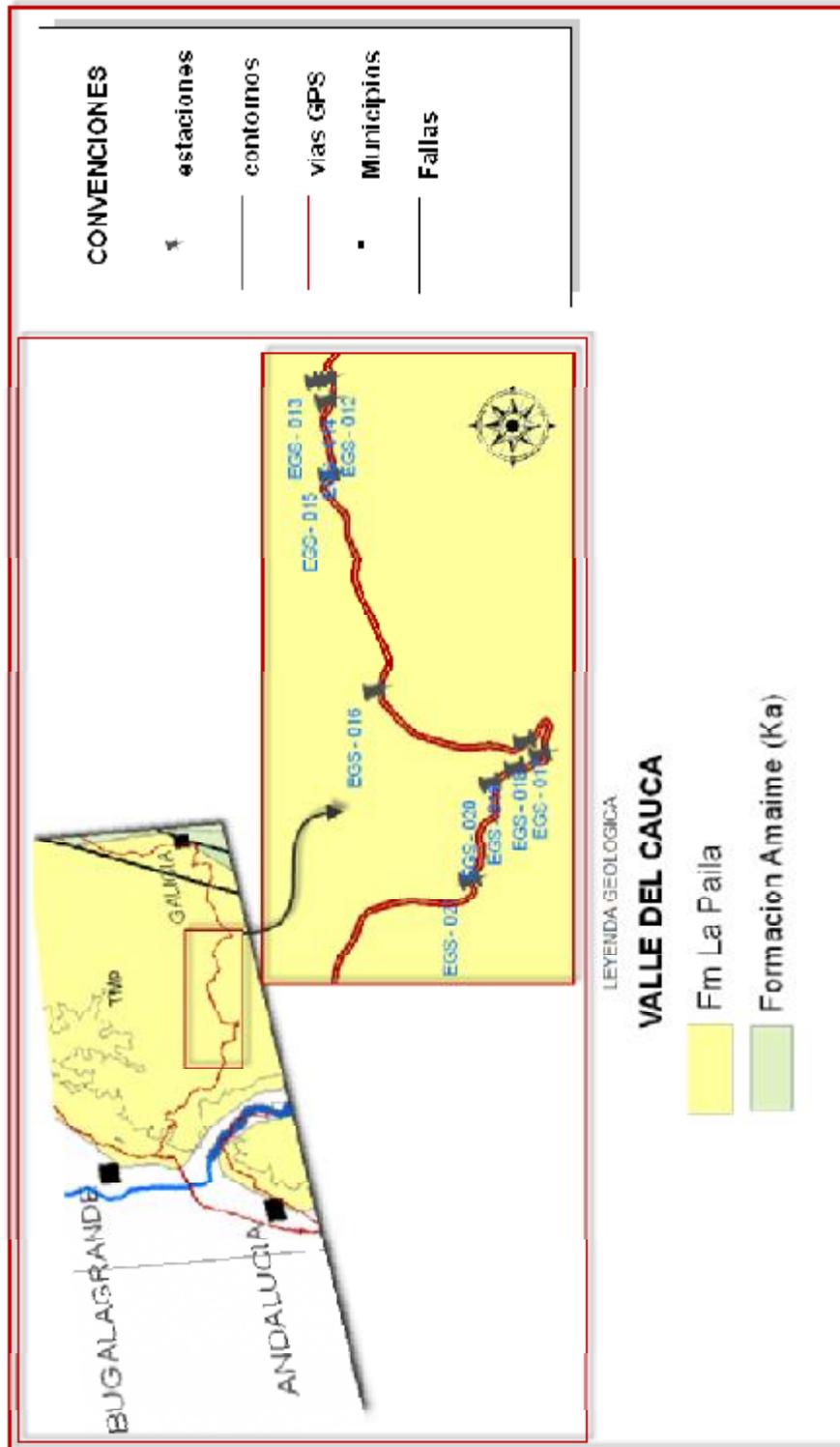


Figura 8. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección Andalucía – Galicia. Las Estaciones se encuentran en color azul.



Figura 9. Mapa de localización de estaciones Geológicas Sección Buga – La Habana. Las Estaciones se encuentran en color azul.

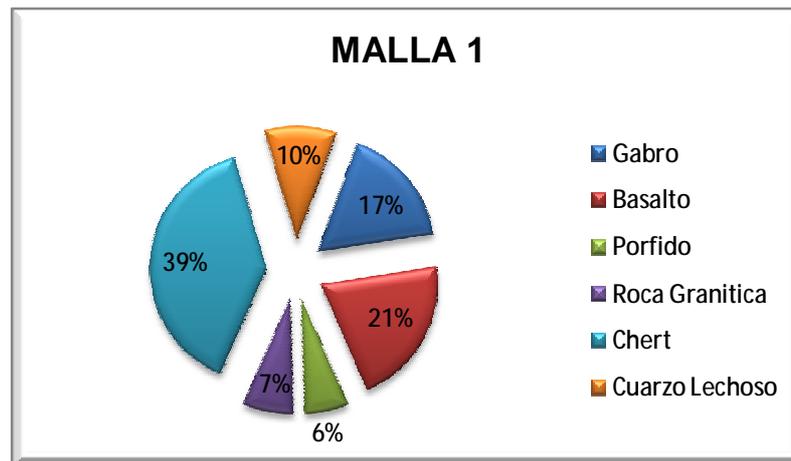


Figura 10. Grafico correspondiente a la Malla 1, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla.



Figura 11. Cantera La Esperanza, conglomerado polimítico de la Formación La Paila (Malla 1 y 2), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), estratificación N65°W/32°SW, medido en Arenitas en la base del conglomerado.

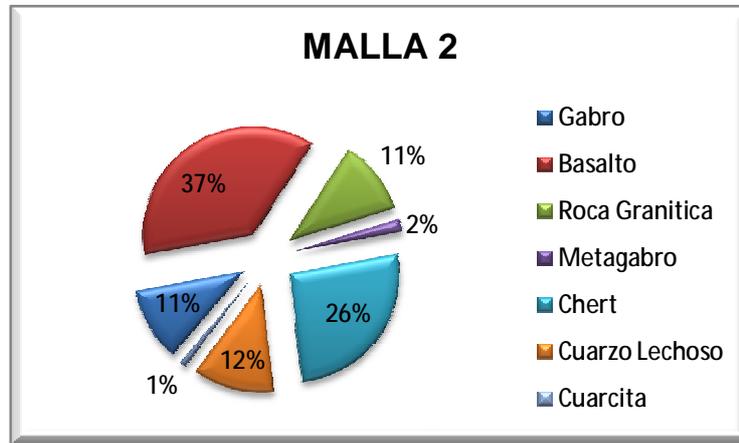


Figura 12. Grafico correspondiente a la Malla 2, levantada en la parte inferior derecha del mismo afloramiento de la figura inmediatamente anterior, en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla.



Figura 13. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 2), estratificación N65°W/32°SW, medido en Arenitas en la base del conglomerado, el tamaño de grano que predomina es Guijo. Panorámica (ver Figura 11).

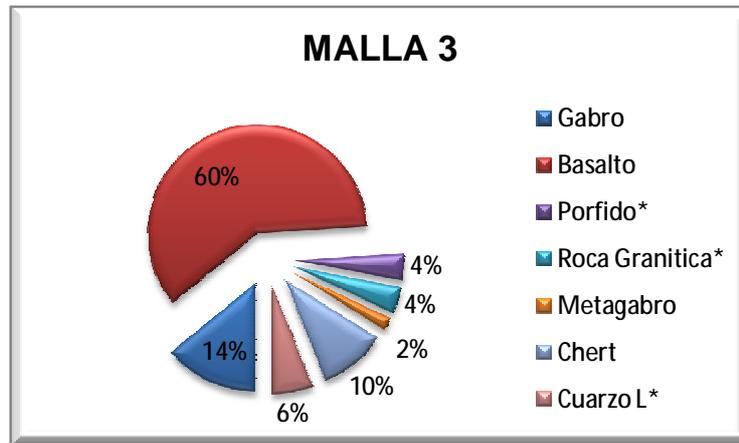


Figura 14. Grafico correspondiente a la Malla 3, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla.



Figura 15. Conglomerado polimórfico de la Formación La Paila (Malla 3), Gravas matrizsoportadas masivas (Gmm). Cuaternarios dispuestos discordantemente sobre el conglomerado, Depósitos eluviados del afloramiento (Dep).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

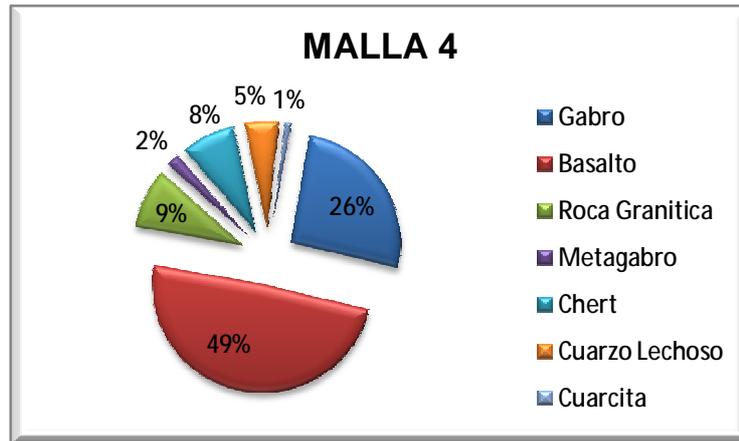


Figura 16. Grafico correspondiente a la Malla 4, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

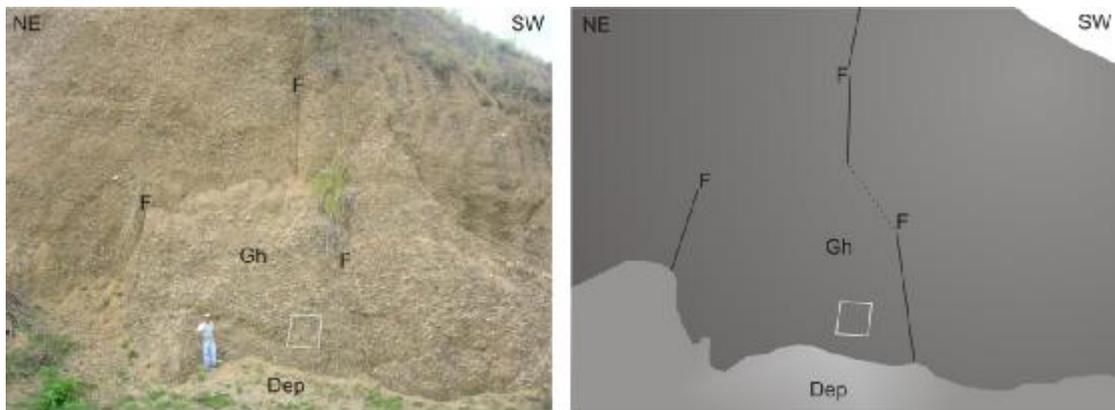


Figura 17. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 4), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), presencia de fallas locales (F). Depósitos eluviados del afloramiento (Dep).

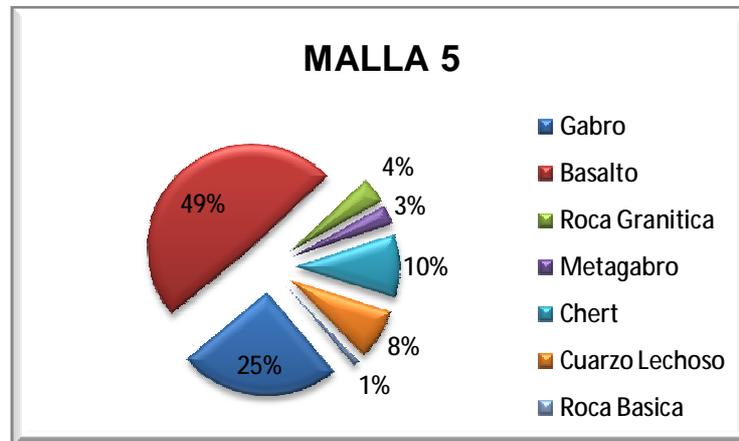


Figura 18. Grafico correspondiente a la Malla 5, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

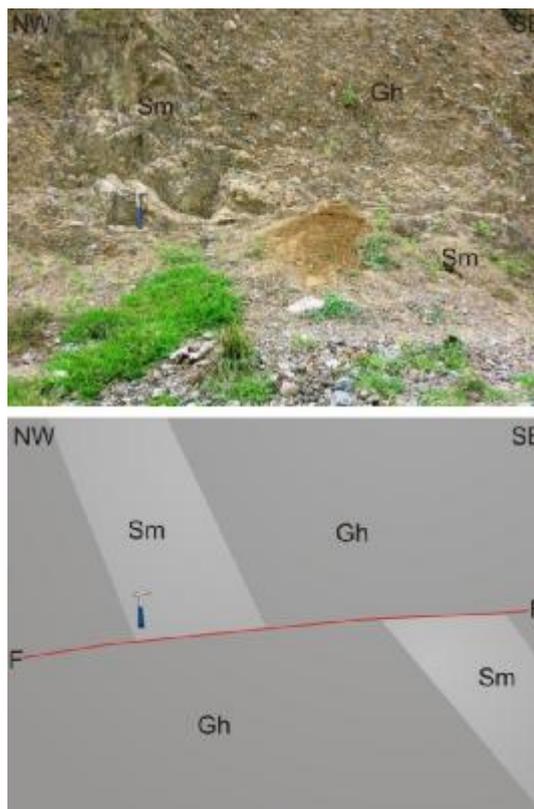


Figura 19. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 5), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), disposición N66°E/43°SE, presencia de fallas locales (F) de bajo ángulo desplazando un estrato de Arenita fina a gruesa (Sm), componente normal.



Figura 20. Vía Uribe – Sevilla, en potrero, conglomerado clastosoportado con imbricación (Gh), clastos subredondeados a subangulares de baja esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita gruesa.



Figura 21. Imbricación de algunos clastos dentro del paquete de conglomerados, en sentido sur. Esquema generalizado de la figura anterior. Los clastos de color azul grisáceo (Donde está apoyado el lápiz) son de composición basáltica que se encuentran altamente meteorizados, el clasto de color gris oscuro ubicado en la parte superior izquierda del esquema pertenece a un Gabro.

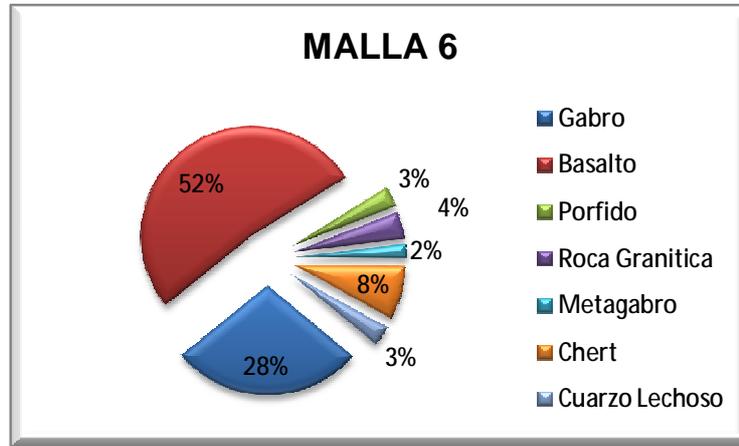


Figura 22. Grafico correspondiente a la Malla 6, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.



Figura 23. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila, Vía Uribe – Sevilla (Malla 6), clastos subredondeados a redondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita fina a media (Sm).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

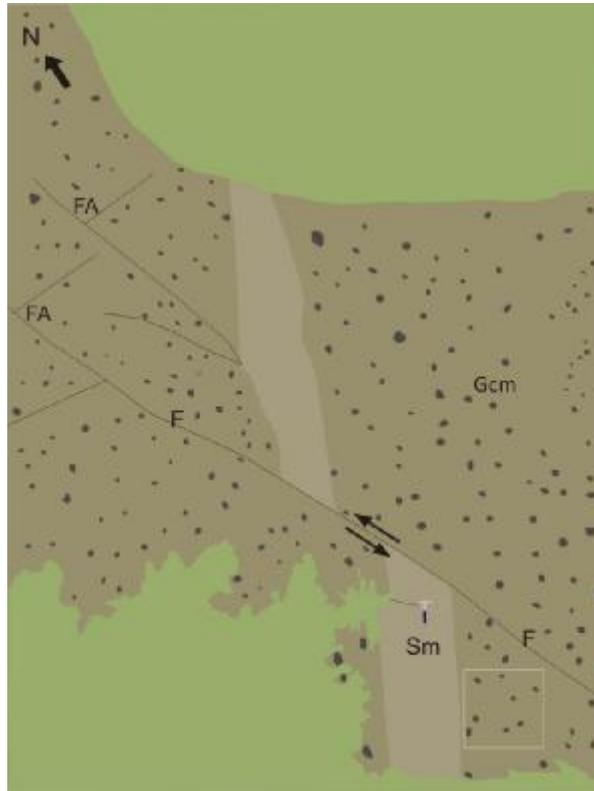


Figura 24. Estrato de arena cortado por una falla (F) de movimiento inverso con dirección N45°E/42°SE, hacia la parte superior izquierda se observan fallas antitéticas (FA). Esquema de la figura anterior en el cual se puede observar las fallas de manera más clara.

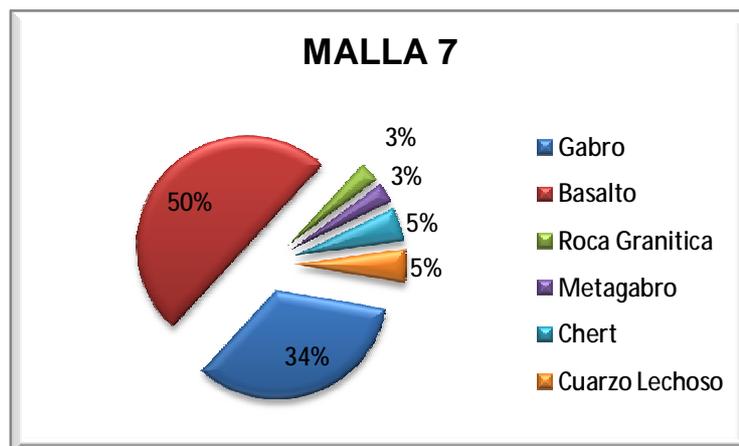


Figura 25. Grafico correspondiente a la Malla 7, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.



Figura 26. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 7), tamaño de grano predominantemente Guijo, máximo tamaño encontrado Bloques, este último en baja proporción.

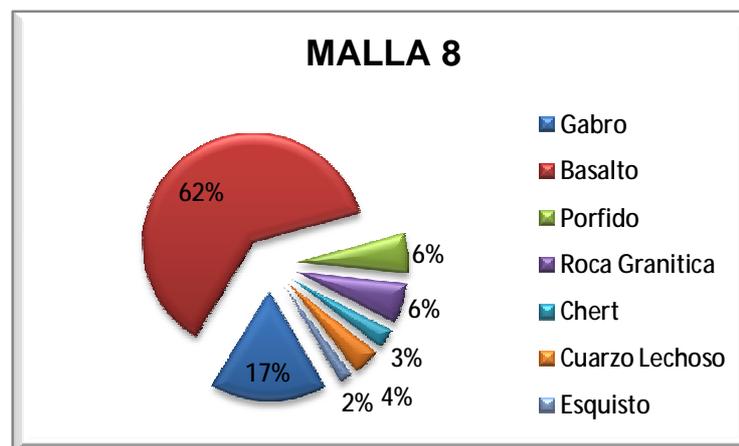


Figura 27. Grafico correspondiente a la Malla 8, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Figura 28. Conglomerado polimíctico de la Formación La Paila (Malla 8), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), presencia de fallas locales.

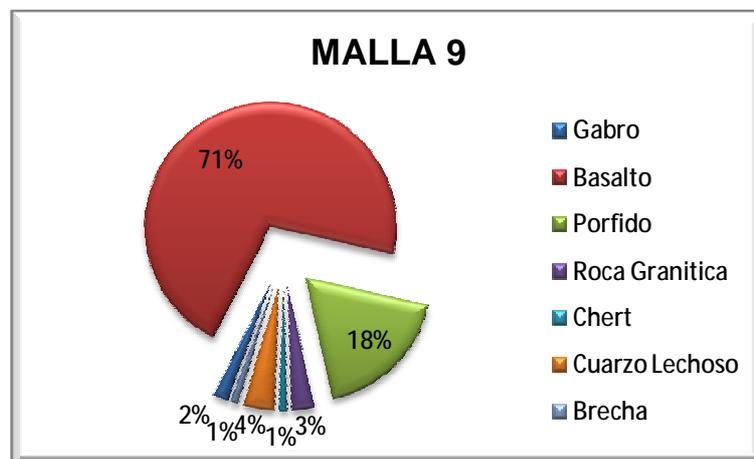


Figura 29. Grafico correspondiente a la Malla 9, levantada en la Fm La Paila, en la sección La Paila – Sevilla, en las inmediaciones de la Hacienda La Bamba.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Figura 30. Conglomerado polimítico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 9), Vía La Paila –Sevilla al SE de la Hacienda La Bamba, clastos subredondeados a subangulares de baja esfericidad, predominio de basaltos y gabros, matriz de Arenita media a gruesa.

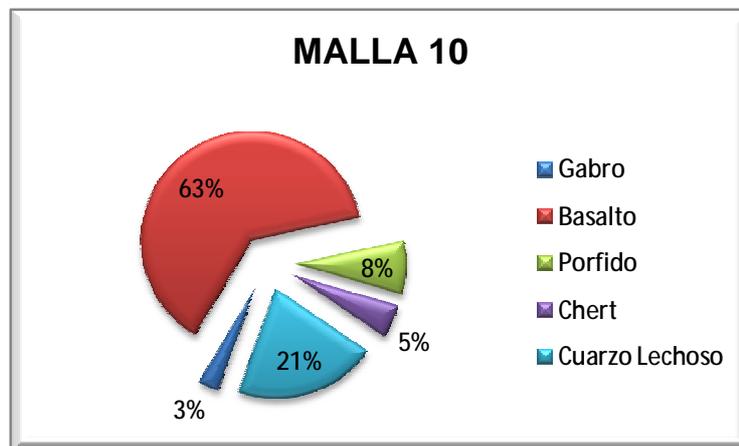


Figura 31. Grafico correspondiente a la Malla 10, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

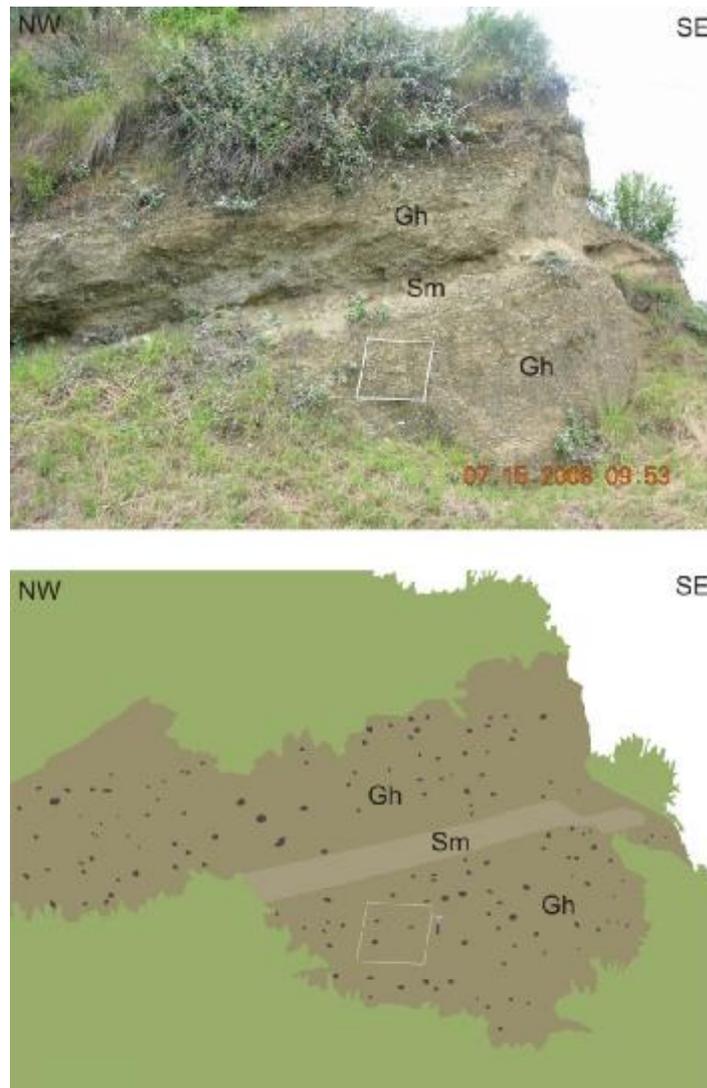


Figura 32. Conglomerado polimítico de la Formación La Paila (Malla 10), Gravas clastosoportadas con imbricación (Gh), estratificación N35°E/20°SE, medido en estrato de Arenita fina a gruesa (Sm) en la parte intermedia del conglomerado.



Figura 33. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm), Vía Uribe – Sevilla, borde de carretera, predominio de clastos subredondeados de alta esfericidad mal seleccionados, prevalecen los basaltos, la matriz es de Arenita media a gruesa.

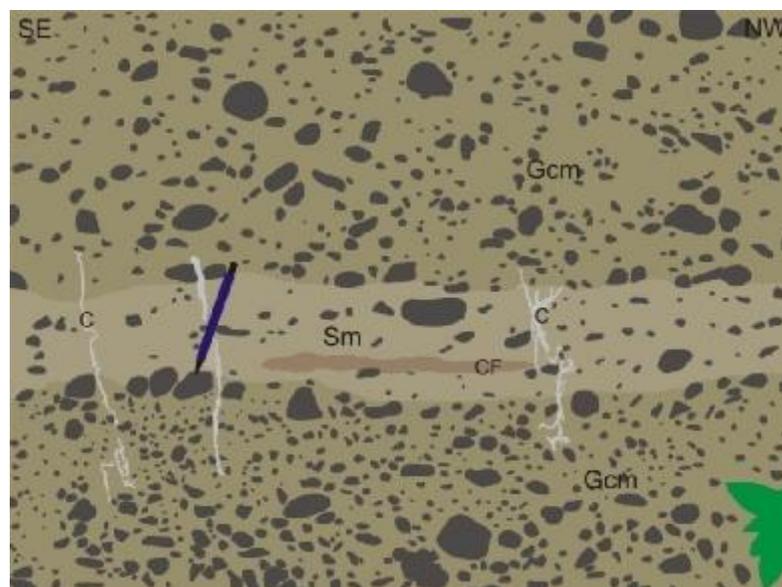


Figura 34. Lente de arena (Sm) en un paquete de conglomerados con algunas concentraciones de cemento ferruginoso hacia algunos sectores (CF). Sobre el afloramiento se presentan algunas vetas (C) (Carbonatos) por lavado de minerales. Esquema de la figura anterior donde se visualizan los procesos mencionados.

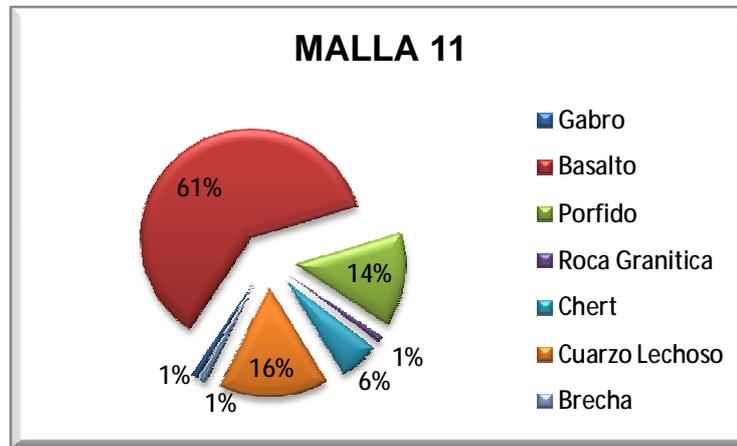


Figura 35. Grafico correspondiente a la Malla 11, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla, en la parte superior del conglomerado; ya visto en un esquema anterior (ver figura 32).

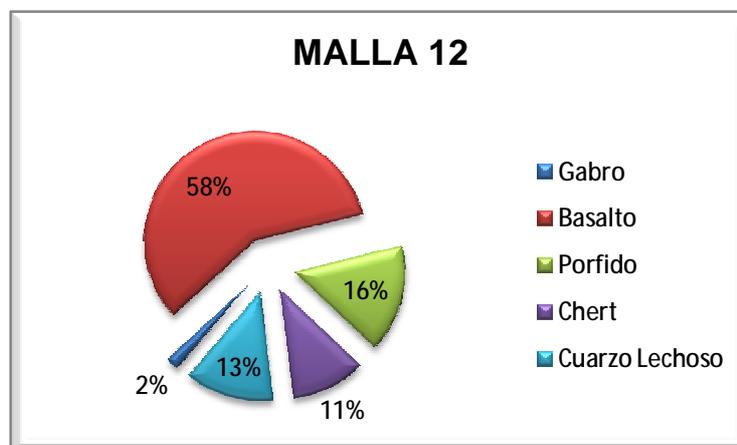


Figura 36. Grafico correspondiente a la Malla 12, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Figura 37. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 12), estratificación N20°W/61°NE, medido en estrato de Arcillolitas y Arenita fina en la parte intermedia del Conglomerado.

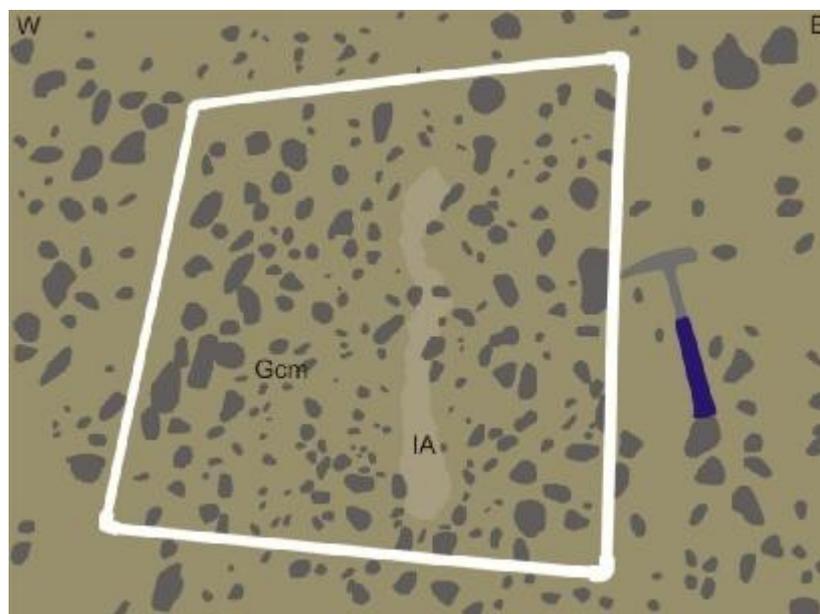


Figura 38. Conglomerado polimíctico de la sección Uribe-Sevilla, hacia el centro de la figura se observa un intraclasto de arenita (IA) alargado dispuesto de manera vertical. Esquema de la figura anterior.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

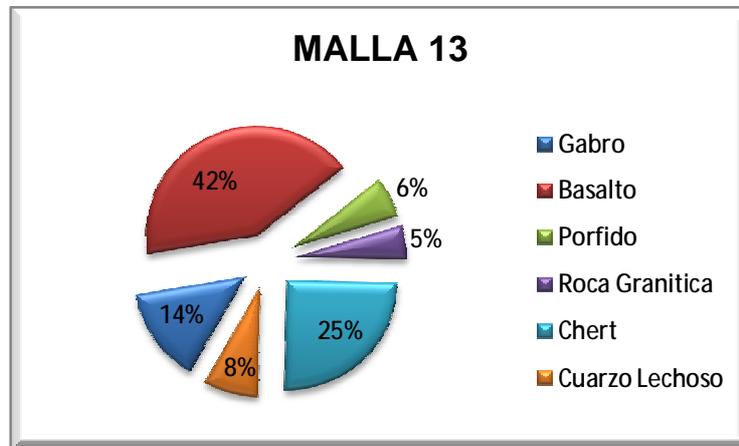


Figura 39. Grafico correspondiente a la Malla 13, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande – Galicia.



Figura 40. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 13), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos redondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita gruesa mal seleccionada.

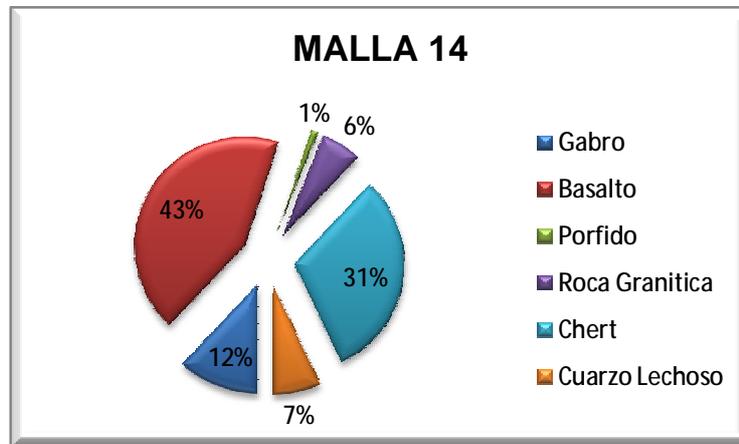


Figura 41. Grafico correspondiente a la Malla 14, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 42. Conglomerado polimítico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 14), Vía Bugalagrande – Galicia, potrero, clastos subredondeados de baja esfericidad moderadamente seleccionado, predominio de basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita media a gruesa mal seleccionada.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

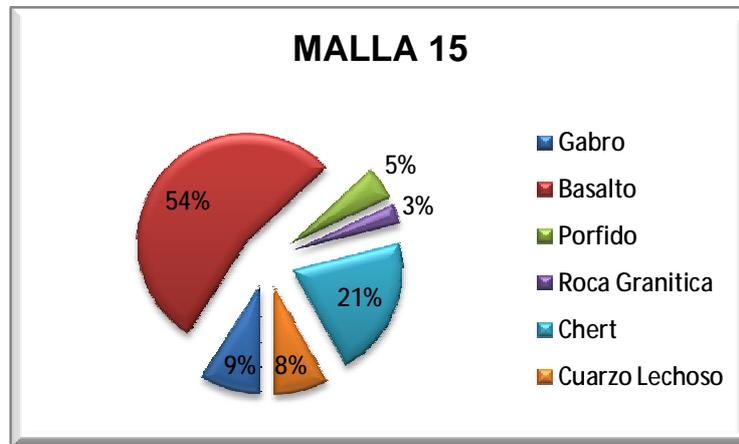


Figura 43. Grafico correspondiente a la Malla 15, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 44. Conglomerado polimíctico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 15), Vía Bugalagrande – Galicia, clastos subredondeados de baja esfericidad moderadamente seleccionado, predominio de basaltos y chert, matriz compuesta por Arenita media a gruesa mal seleccionada.

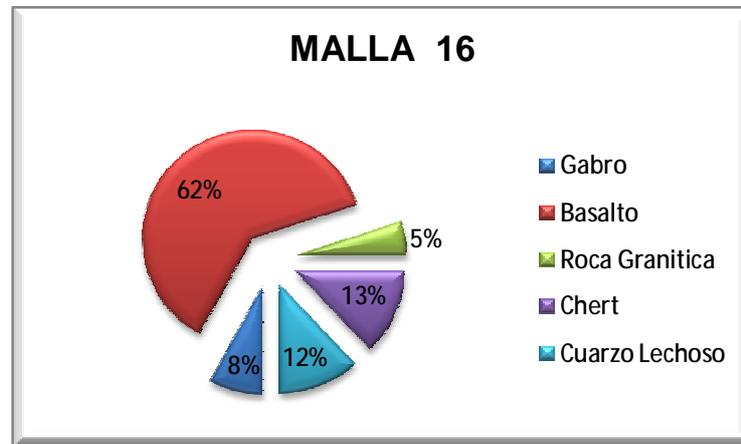


Figura 45. Grafico correspondiente a la Malla 16, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 46. Conglomerado polimítico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 16), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionados, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

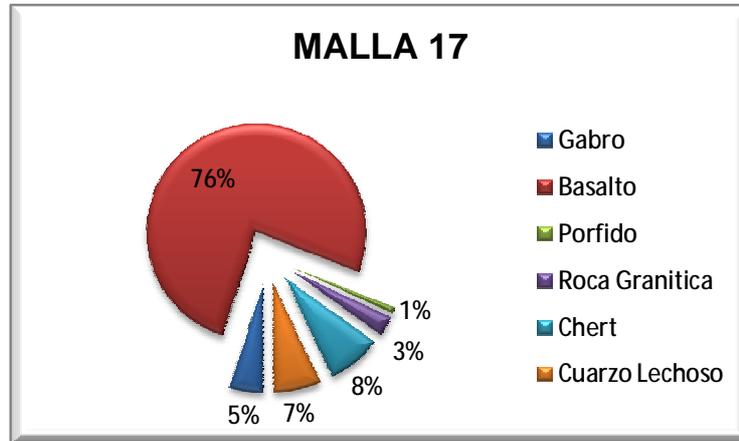


Figura 47. Grafico correspondiente a la Malla 17, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 48. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 17), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.

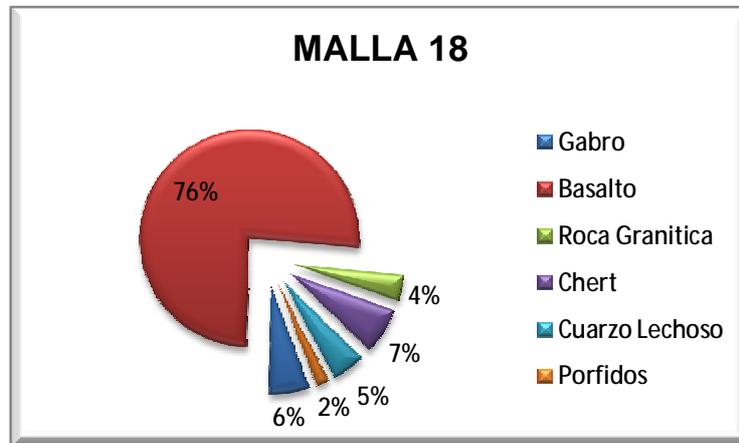


Figura 49. Grafico correspondiente a la Malla 18, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 50. Conglomerado polimítico de la Formación La Paila (Malla 18), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, conglomerado con niveles de gravas clastosoportadas con imbricación (Gh) variando a matrizsoportadas (Gmm), clastos subredondeados de baja esfericidad, mal seleccionado, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.



Figura 51. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila, parte superior derecha del afloramiento de la figura anterior, véase pequeños intraclastos lenticulares de Arenita media (IA).

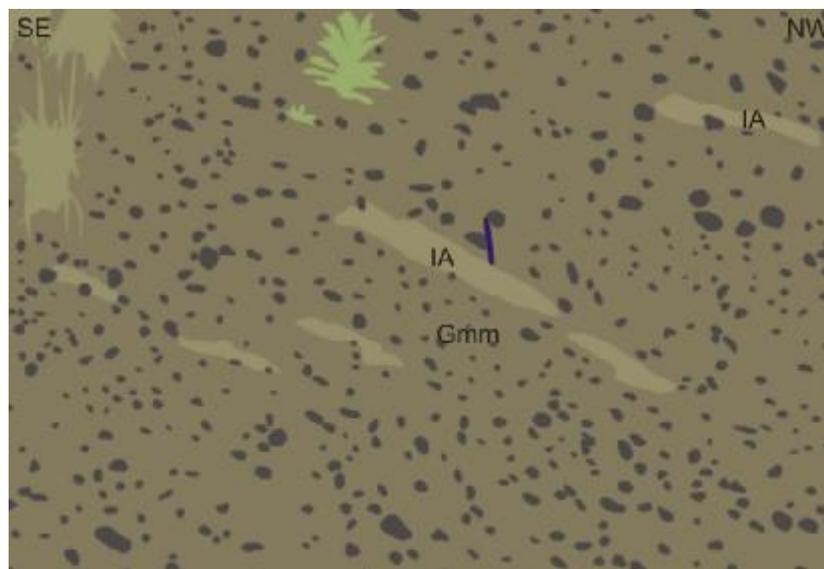


Figura 52. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) con presencia de intraclastos lenticulares de arenita media (IA) en algunos sectores del afloramiento, orientados hacia el NE. Esquema de la figura anterior.

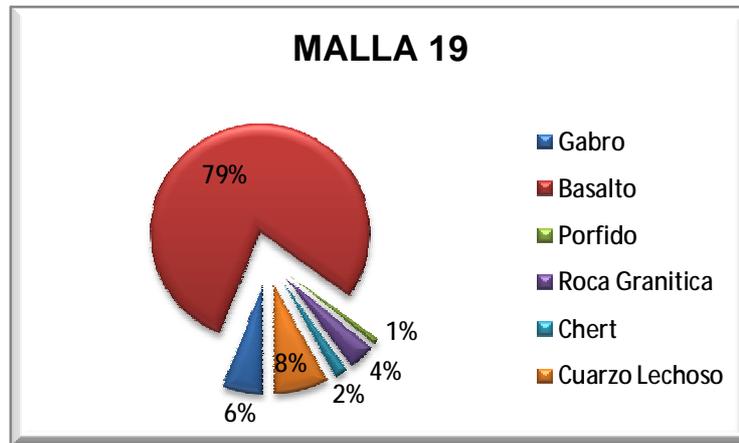


Figura 53. Grafico correspondiente a la Malla 19, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 54. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 19), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionados, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

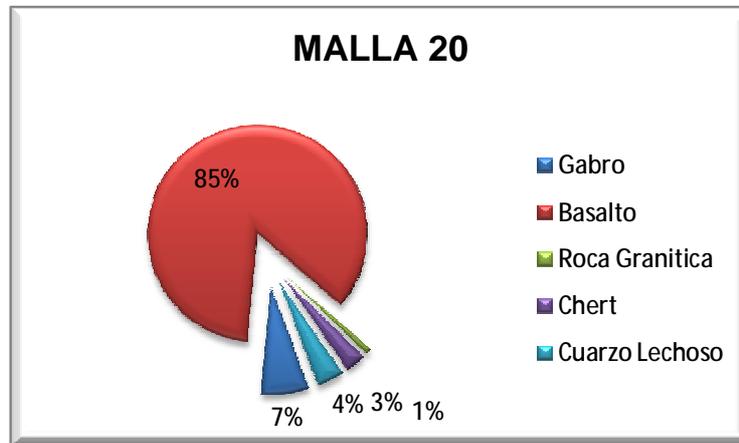


Figura 55. Grafico correspondiente a la Malla 20, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 56. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 20), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media moderadamente seleccionada.

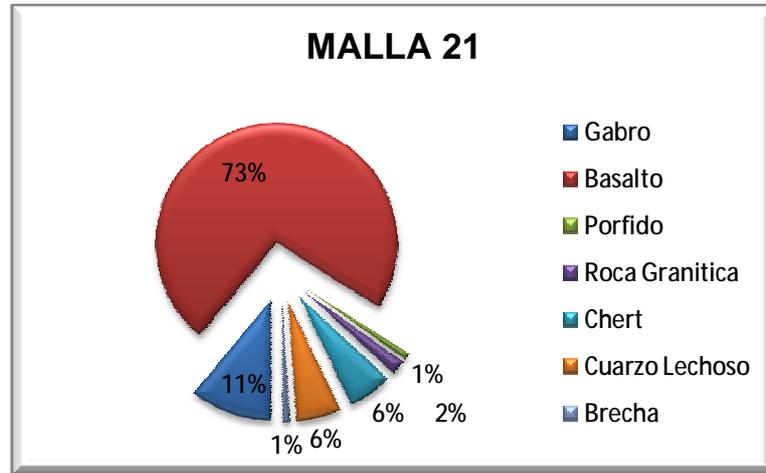


Figura 57. Grafico correspondiente a la Malla 21, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 58. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 21) Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, algunas zonas matrizsoportadas, clastos subredondeados de alta esfericidad, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

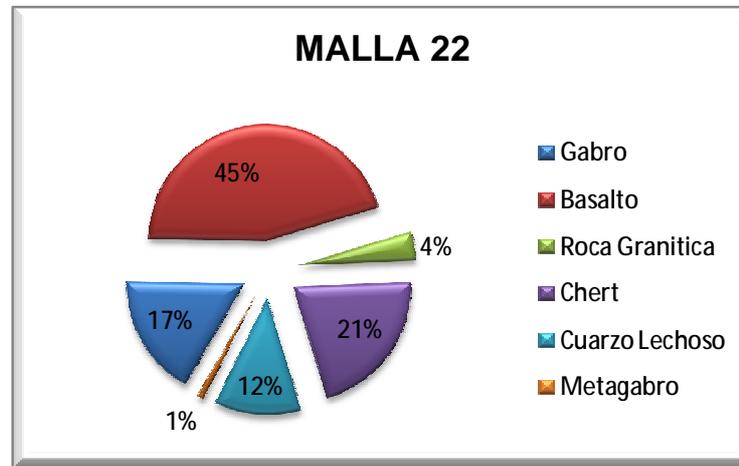


Figura 59. Grafico correspondiente a la Malla 22, levantada en la Fm La Paila, en la sección Bugalagrande - Galicia.



Figura 60. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 22), Vía Bugalagrande – Galicia, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionados, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Figura 61. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm), en el cual se presentan algunos paquetes de arena (Sm) en forma de lentes (LA), hacia la parte inferior uno de ellos está siendo afectado por una falla (F) de movimiento inverso con una dirección N5°W/46°SW. Esquema de la figura anterior.

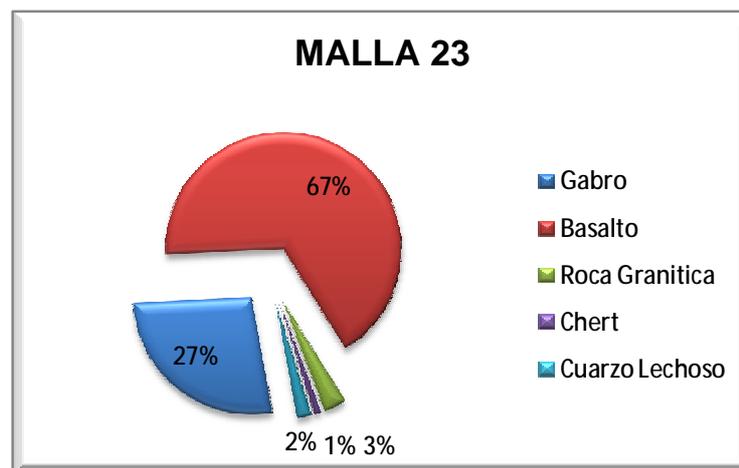


Figura 62. Grafico correspondiente a la Malla 23, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 63. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 23) Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

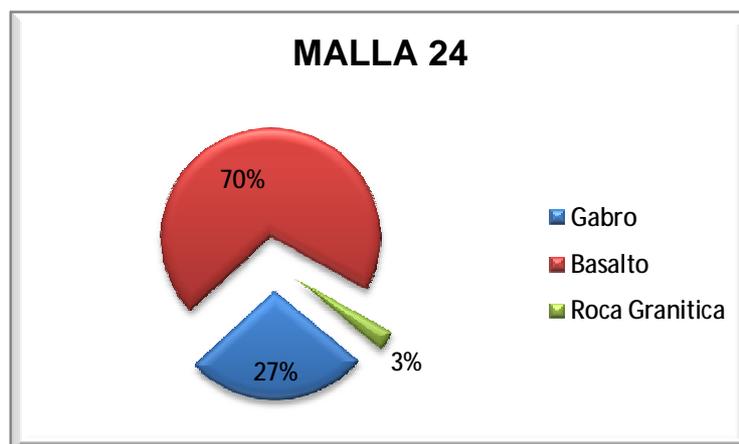


Figura 64. Grafico correspondiente a la Malla 24, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 65. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 24) Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, mal seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.



Figura 66. Esquema de la figura anterior en el que se observa una falla (F) en el centro de la imagen, el sentido del movimiento no se puede determinar bien por ausencia de un estrato desplazado.

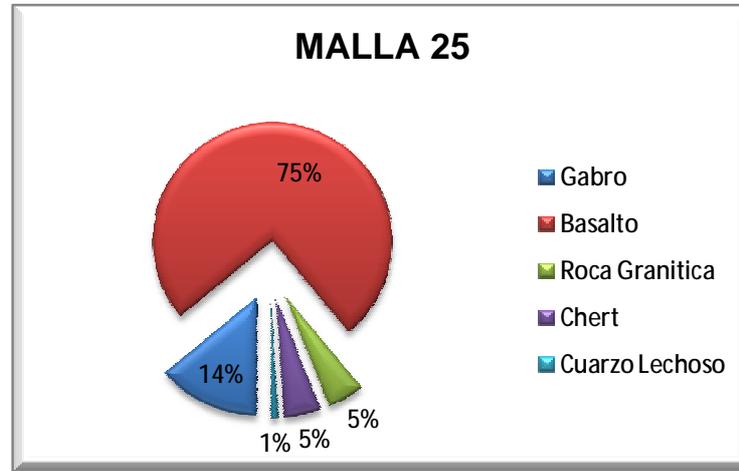


Figura 67. Grafico correspondiente a la Malla 25, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 68. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 25), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, con algunas variaciones a matrizsoportado, clastos subangulares de baja esfericidad, moderadamente seleccionado, con predominio de basaltos, matriz compuesta por Arenita gruesa mal seleccionada.

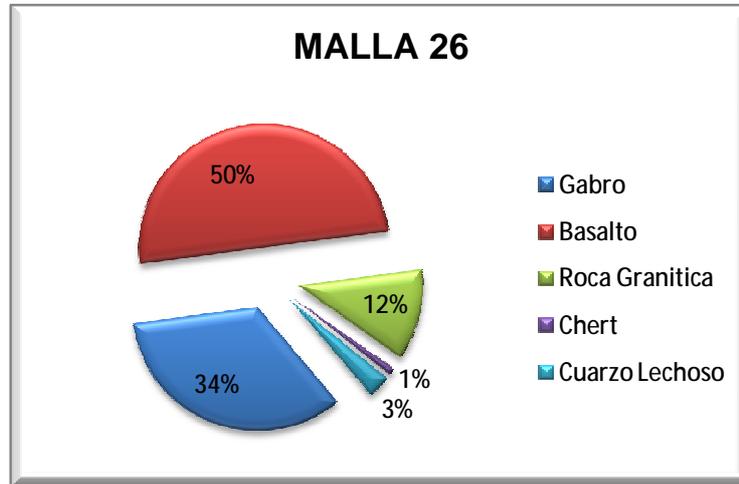


Figura 69. Grafico correspondiente a la Malla 26, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 70. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 26), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subangulares de baja esfericidad, mal seleccionado, con predominio de basaltos y gabros, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

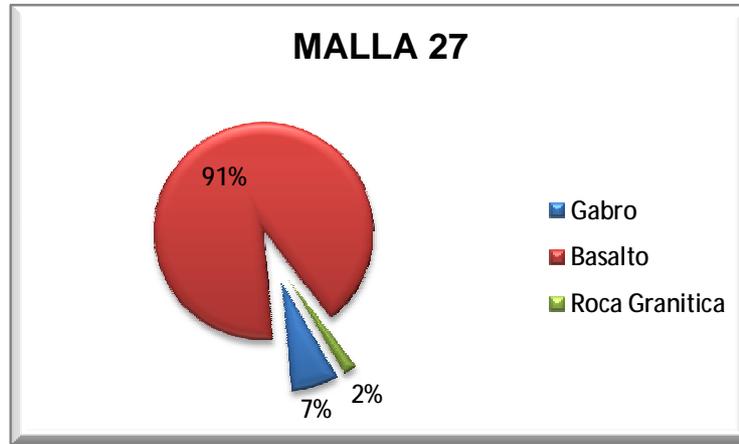


Figura 71. Grafico correspondiente a la Malla 27, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 72. Conglomerado polimíctico matrizsoportado (Gmm) de la Formación La Paila (Malla 27), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, moderadamente seleccionado, predominio de basaltos, matriz compuesta por arena fina a media moderadamente seleccionada.

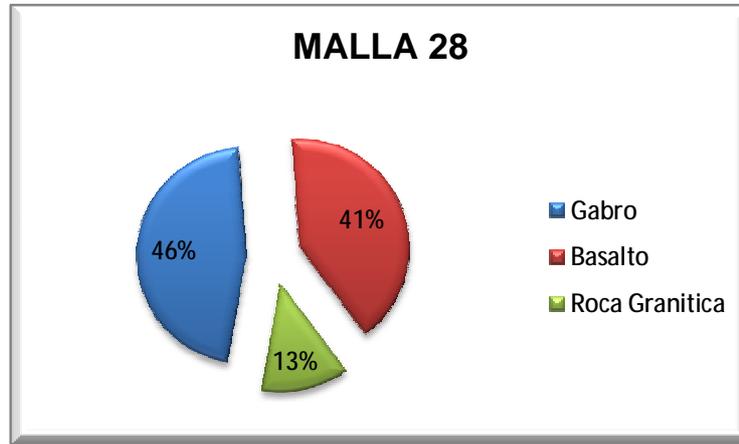


Figura 73. Gráfico correspondiente a la Malla 28, levantada en la Fm La Paila, en la sección Buga – La Habana.



Figura 74. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla28), Vía Buga – La Habana, borde de carretera, clastos subredondeados de alta esfericidad, mal seleccionados, predominio de gabros y basaltos, matriz compuesta por Arenita media a fina moderadamente seleccionada.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

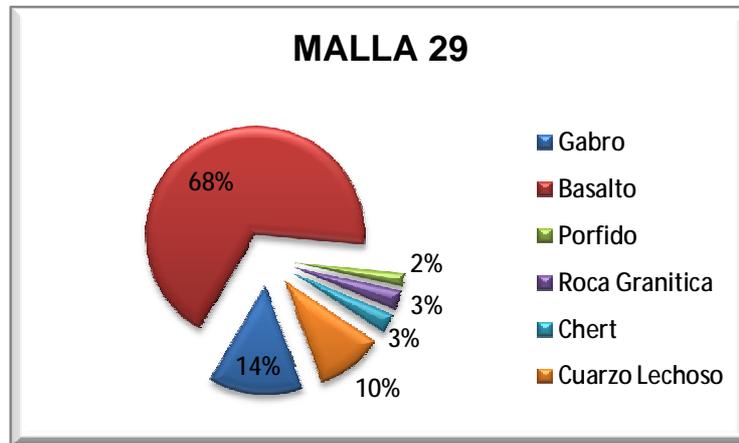


Figura 75. Grafico correspondiente a la Malla 29, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.

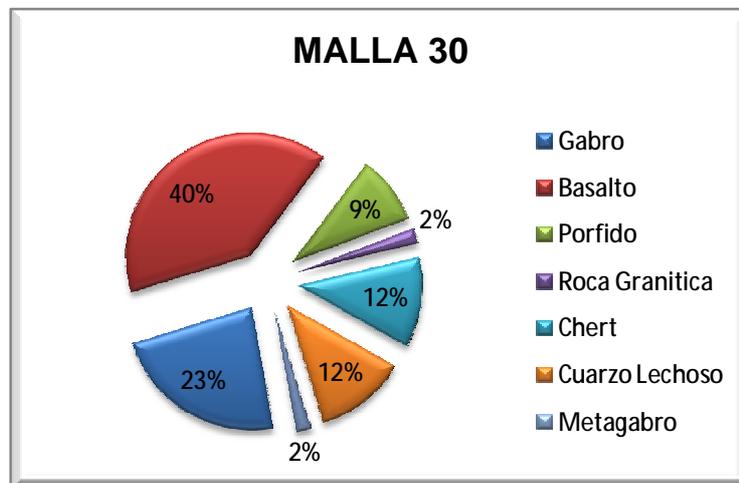


Figura 76. Grafico correspondiente a la Malla 30, levantada en la Fm La Paila, en la sección Uribe – Sevilla.



Figura 77. Conglomerado polimítico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 30), Vía Uribe – Sevilla, borde de carretera, clastos subredondeados de baja esfericidad mal seleccionados, predominio de basaltos, matriz de Arenita media a fina compuesta por cuarzo, chert y fragmentos líticos.

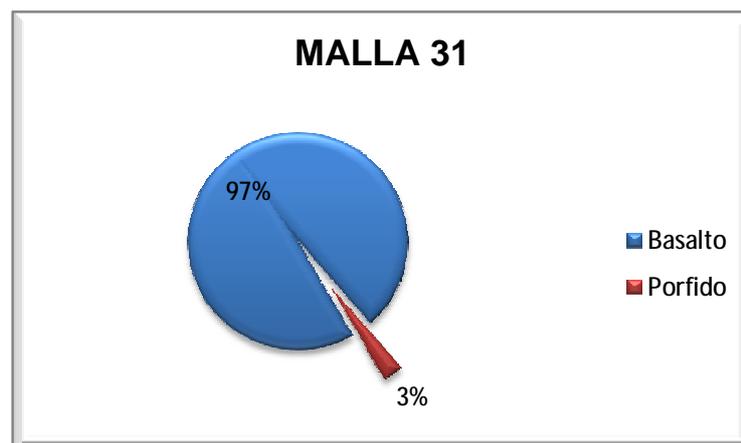


Figura 78. Grafico correspondiente a la Malla 31, levantada en la Fm La Paila, en la sección Cartago – Alcalá.



Figura 79. Conglomerado polimíctico clastosoportado masivo (Gcm) de la Formación La Paila (Malla 31), Vía Cartago – Alcalá, mal seleccionado con clastos subangulares a subredondeados de baja esfericidad compuesto en su mayoría por basaltos, la matriz es de Arenita media compuesta por cuarzo y fragmentos líticos.

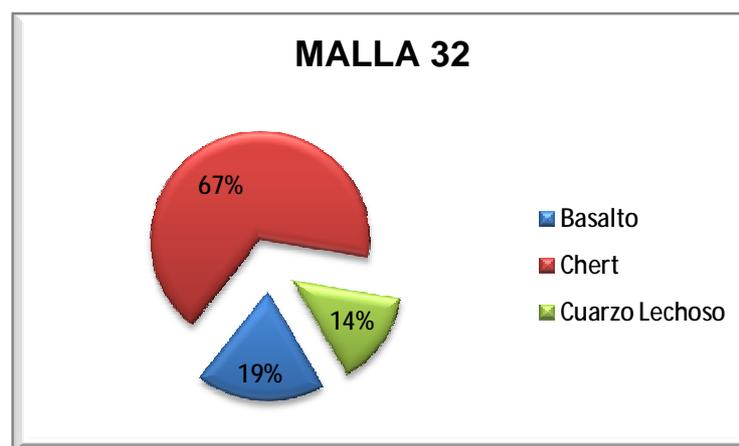


Figura 80. Grafico correspondiente a la Malla 32, levantada en la Fm La Paila, en la sección Cartago – Alcalá.



Figura 81. Conglomerado polimítico clastosoportado con imbricación (Gh) de la Formación La Paila (Malla 32), Vía Cartago – Alcalá, moderadamente seleccionado con clastos subredondeados de baja esfericidad compuesto en su mayoría por chert y basaltos, la matriz es de Arenita media, presenta una disposición N18°E/35°SE, medido en Arenita.



Figura 82. Esquema de la figura anterior del Conglomerado polimítico clastosoportado con imbricación (Gh), donde se observa el predominio de tamaño de grano de la sección Cartago-Alcalá.

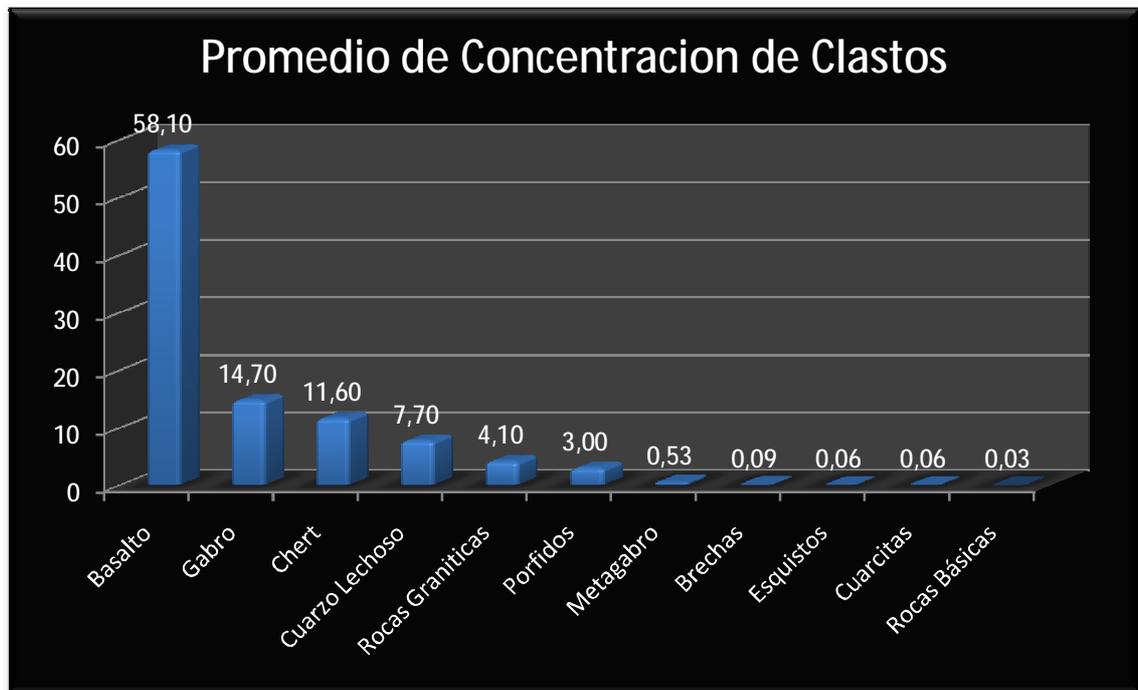


Figura 83. Diagrama de Barras en la que se puede observar la concentración promedio de los diferentes tipos de clastos encontrados en la Formación La Paila.

11. PETROGRAFIA

■ Descripción de Secciones Delgadas

A continuación se muestran una las tablas donde aparece la descripción de las secciones delgadas y el conteo de los minerales realizado a las arenas. Cada tabla viene acompañada con fotografías de la sección las cuales fueron tomadas con una cámara Nikon Coolpix 4600 en un microscopio Olympus con el lente de aumento 10X.

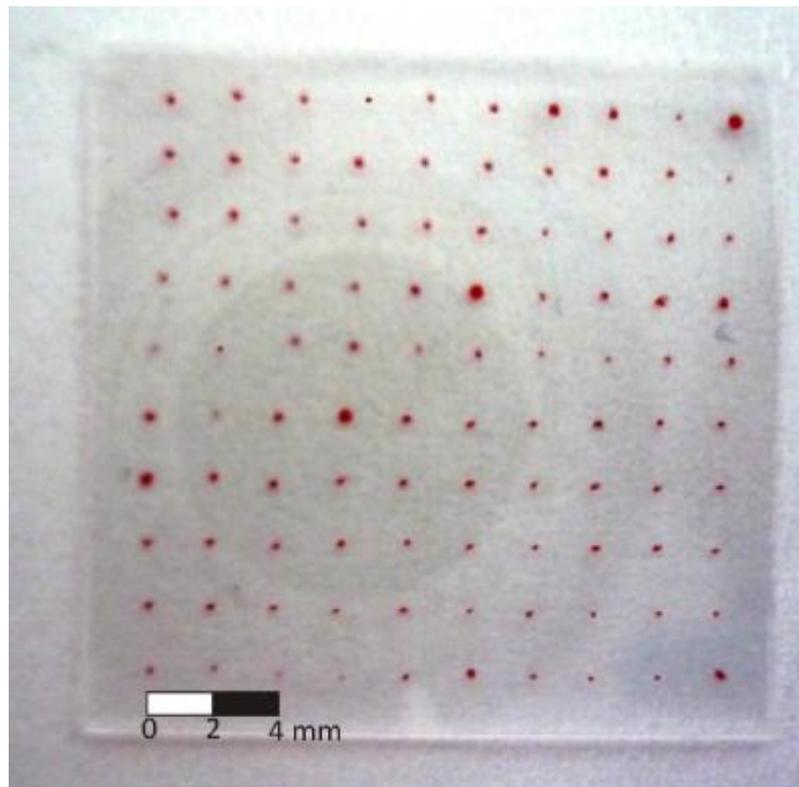


Figura 84. Malla con la que se realizó el conteo de minerales en las secciones delgadas.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra AG034-M1		
Granulometría		
Tamaño promedio	0,5mm	Arena media
Selección	Moderadamente seleccionado	
Redondez	Subangulares	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	49	
Cuarzo policristalino	6	
Plagioclasa	9	
Lítico volcánico	1	
Lítico sedimentario	1	
Lítico plutónico	2	
Lítico metamórfico	1	Cuarcita
Chert	10	
Anfíbol	8	
Moscovita	3	
Epidota	1	
Clorita	2	
Biotita	7	
	Total 100	
Extinción		
Ondulante	6	
No ondulante	48	
Polisintética	1	
Matriz	Arenosa	
Clasificación	Litoarenita Feldespática (Folk 1968)	

Tabla 2. Clasificación de la Muestra AG034-M41.

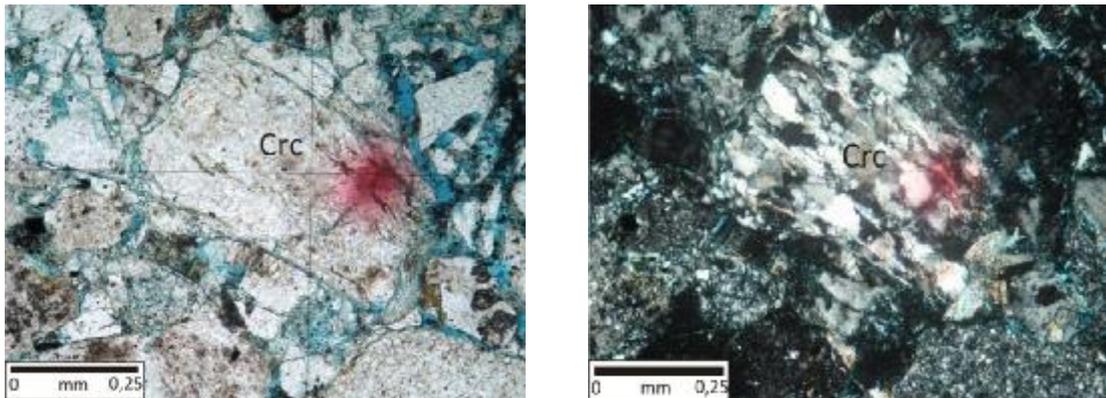


Figura 85. Fragmento lítico metamórfico de cuarcita (Crc), entre los cristales de cuarzo hay micas moscovitas orientadas. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

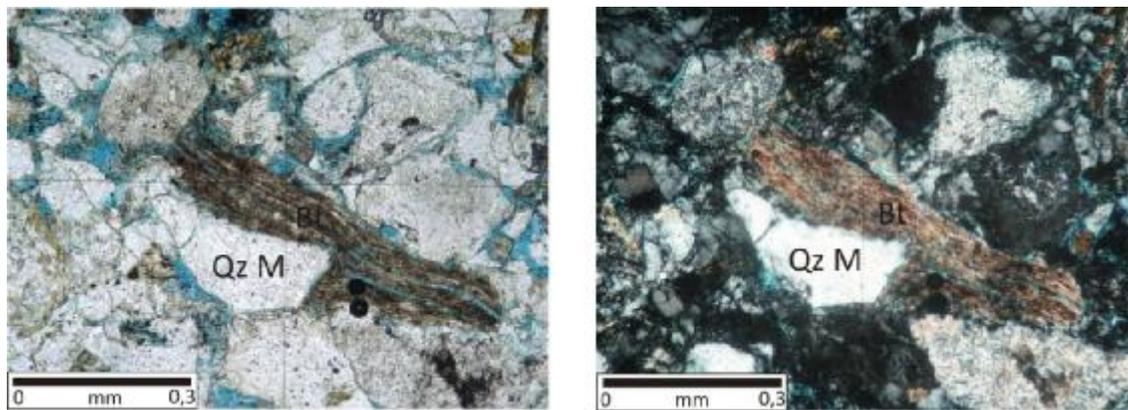


Figura 86. En el centro de los retículos se presenta mica biotita (Bt) y cuarzo monocristalino (Qz M), obsérvese el tamaño promedio de los clastos. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra AG160-M1		
Granulometría		
Tamaño promedio	1mm	Arena gruesa
Selección	Moderadamente seleccionado	
Redondez	Subredondeados	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	31	
Cuarzo policristalino	17	
Plagioclasa	2	
Lítico volcánico	33	
Chert	9	
Anfíbol	5	
Moscovita	1	
Epidota	2	
	Total 100	
	Dentro de ellos se presentan piroxenos en textura Branching	
	Hay presencia de óxidos de hierro	
Extinción		
Ondulante	5	
No ondulante	43	
Matriz	Arenosa	
Cemento	de carbonatos en gran porcentaje	
Clasificación	Litoarenita (Folk 1968)	

Tabla 3. Clasificación de la Muestra AG160-M1.

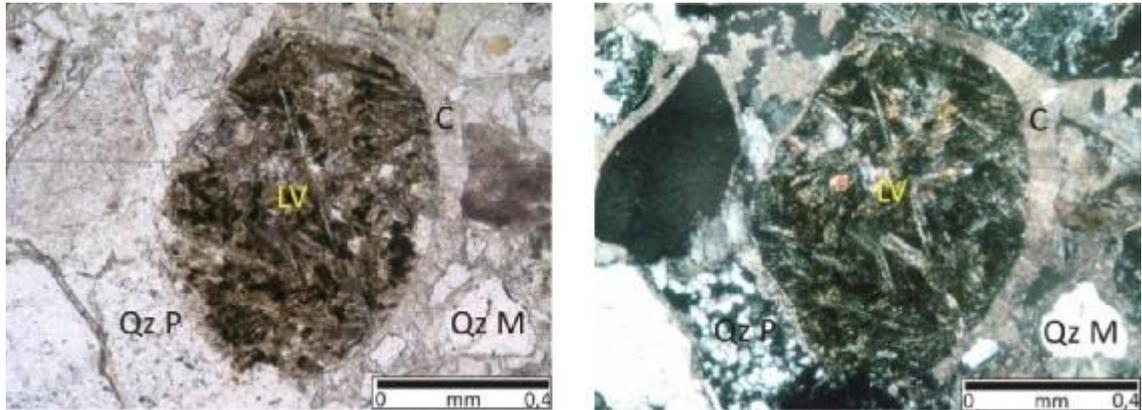


Figura 87. Fragmento lítico volcánico (LV) rodeado de cemento de carbonato (C), hacia los extremos de presenta cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

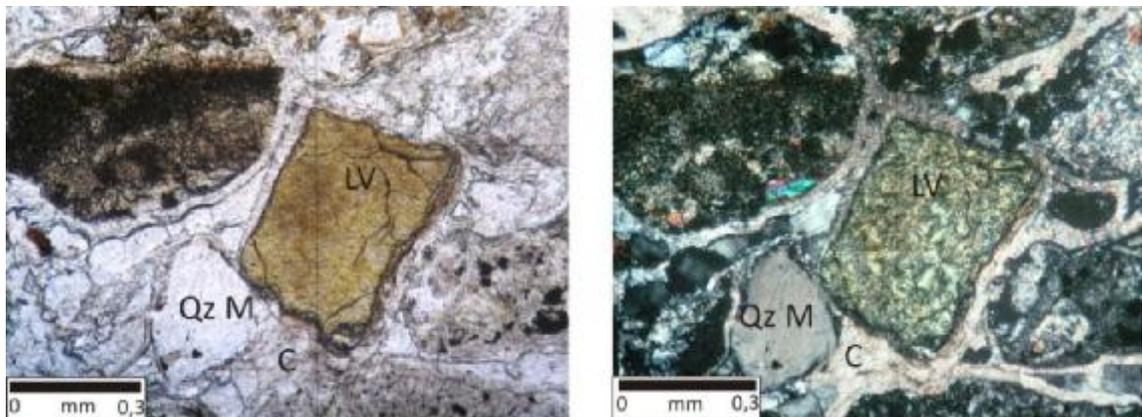


Figura 88. Fragmento lítico volcánico (LV) en el que se observa una textura Branching, rodeado de cemento de carbonato (C), al lado izquierdo cuarzo monocristalino (Qz M). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS001-M01	
Textura	Holocristalina fanerítica
Cristales	82% Cuarzo
	10% Clorita
	5% Moscovita
	3% Epidota
Clasificación	Cuarcita

Tabla 4. Clasificación de la Muestra EGS 001-M01.

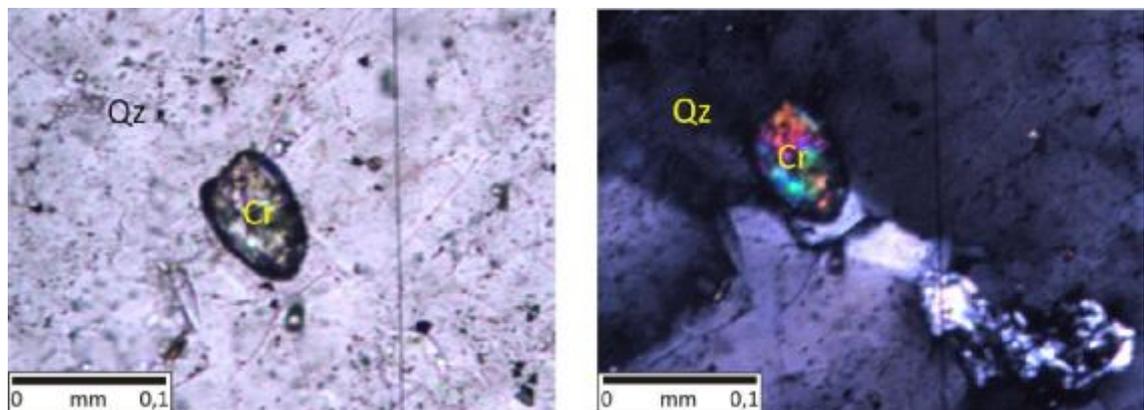


Figura 89. Se presenta un circón (Cr) dentro de cuarzo (Qz). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS001-M02		
Granulometría		
Máximo tamaño	4 mm	Guijo (fragmento lítico)
Tamaño promedio	0,5 mm	Arena media
Selección	Pobrementemente seleccionado	
Redondez	Subangular a subredondeado	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	26	
Cuarzo policristalino	25	
Plagioclasa	3	
Chert	7	
Lítico volcánico	21	
Anfíbol	14	Algunos zonados
Epidota	1	
Moscovita	1	
Zoisita	1	
Calcedonia	1	
	Total 100	
		Se presenta un porcentaje considerable de opacos
		Se encuentran óxidos de hierro alrededor de algunos cuarzos
		Presencia de piroxenos
Extinción		
Ondulante	11	
No ondulante	40	
Matriz	Arenosa y arcillosa en algunos sectores	
Clasificación	Litoarenita (Folk 1968)	

Tabla 5. Clasificación de la Muestra EGS 001-M02.

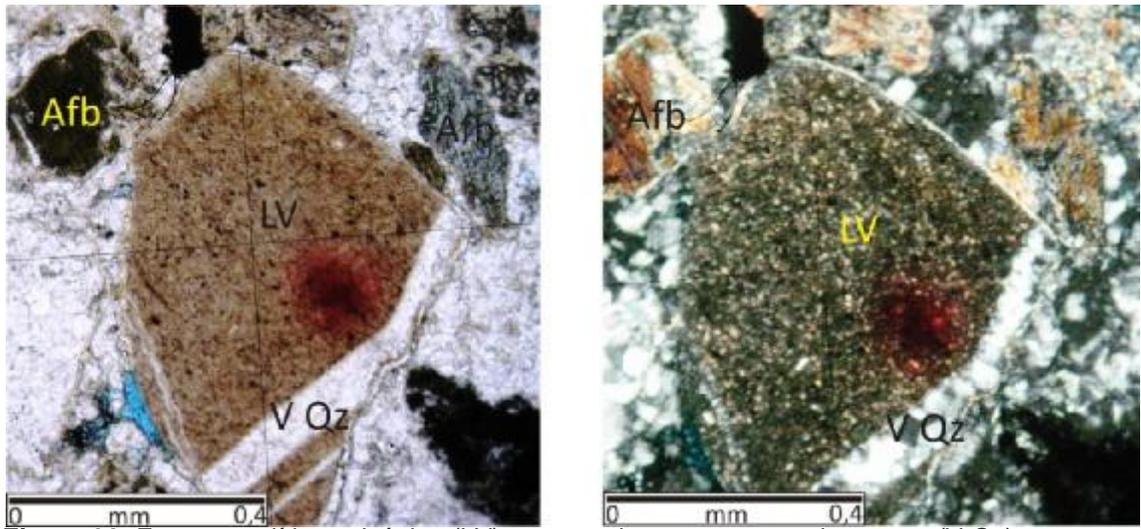


Figura 90. Fragmento lítico volcánico (LV) atravesado por una vena de cuarzo (V Qz) en su parte inferior, hacia la parte superior se observan anfíboles (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

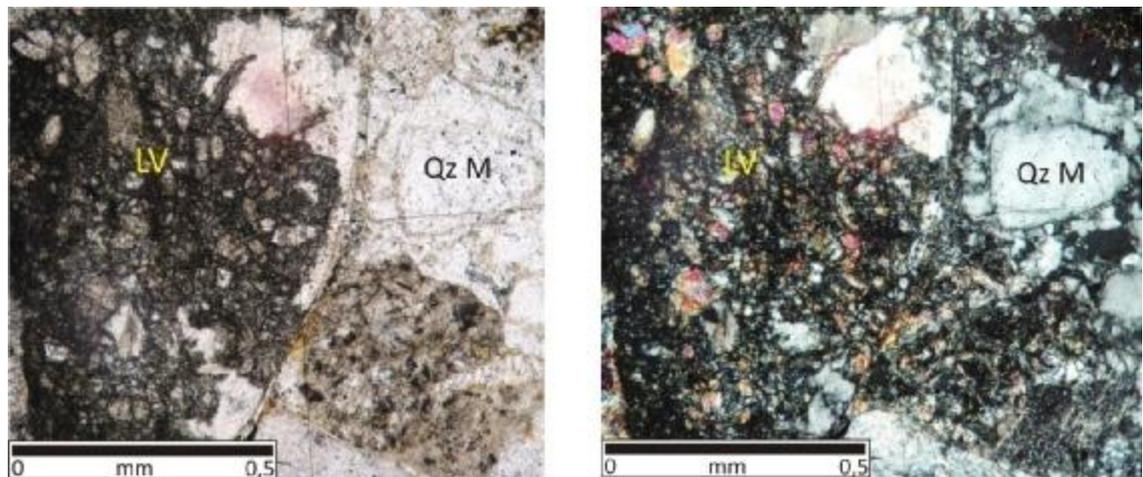


Figura 91. Fragmento lítico volcánico (LV) (cubre la mayor parte del campo visual), presenta anfíboles, cuarzo y plagioclasa. Al lado derecho cuarzo monocristalino (Qz M). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Muestra EGS004-M03		
Granulometría		
Máximo tamaño	1,7 mm	Arena muy gruesa (fragmento lítico)
Tamaño promedio	0,5 mm	Arena media
Selección		Pobremente seleccionado
Redondez		Subangular a subredondeado
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	21	Uno con extinción poligonizada
Cuarzo policristalino	25	
Plagioclasa	2	
Chert	5	
Lítico volcánico	16	
Lítico metamórfico	1	Presenta una orientación de las biotitas
Anfíbol	10	Algunos deformados, con zonación
Biotita	2	Presenta deformación
Zoisita	2	
Epidota	2	
Clorita	12	Algunas presentan deformación mecánica
Moscovita	1	Presenta deformación
Sericita	1	
	Total 100	
		Presencia de opacos en baja proporción
Extinción		
Ondulante	17	
No ondulante	28	
Poligonizada	1	
Matriz		Arenosa
Cemento		Pelicular de clorita rodeando cuarzo, ferruginoso rodeando algunos clastos
Clasificación		Litoarenita (Folk 1968)

Tabla 6. Clasificación de la Muestra EGS 004-M03.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

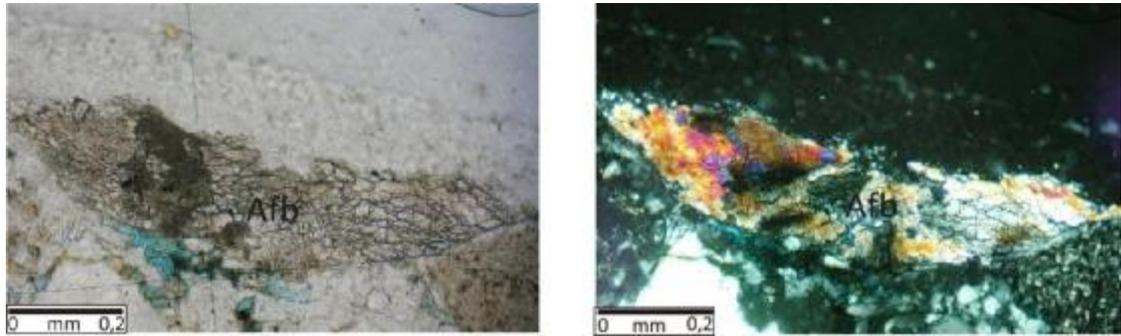


Figura 92. Anfíbol (Afb) con algo de deformación, en la imagen derecha se puede observar la zonación. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

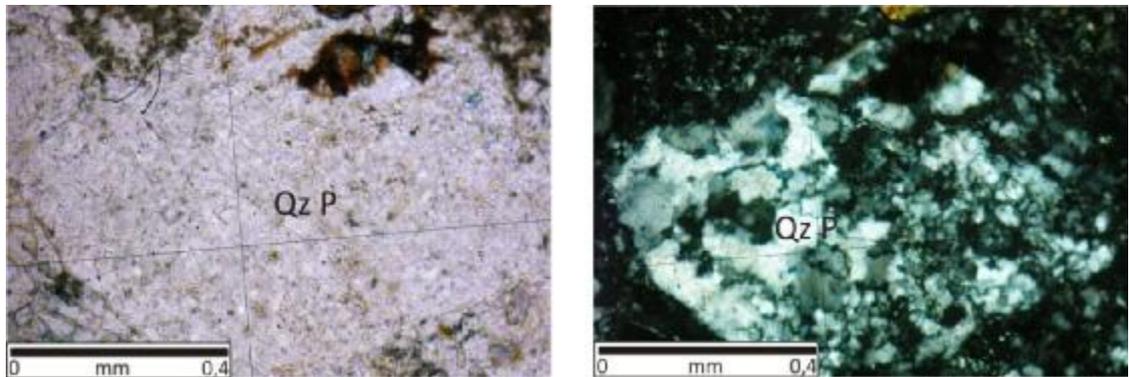


Figura 93. En las imágenes se observa cuarzo policristalino (Qz). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS005-M05	
Textura	Holocrystalina fanerítica inequigranular
Cristales	40% Homblenda
	30% Plagioclasa Hay plagioclasa alterándose a sericita y posee microlitos de moscovita y clorita.
	15% Actinolita
	10% Clorita
	5% Cuarzo
Clasificación	Metagabro (Streckeisen 1974)

Tabla 7. Clasificación de la Muestra EGS 006-M05.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

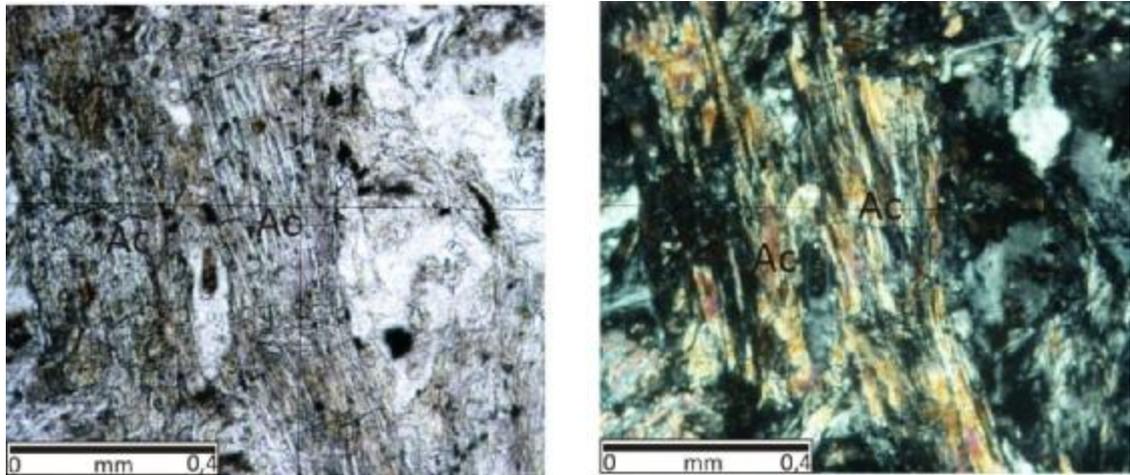


Figura 94. Se observa actinolita (Ac), en las imágenes se puede reconocer la textura en forma de fibras. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

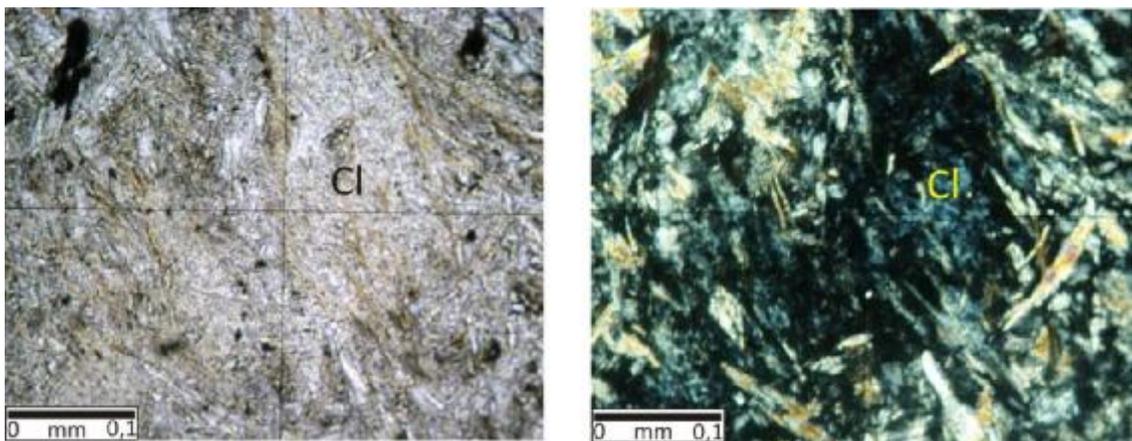


Figura 95. Se observa clorita (Cl), en la imagen derecha se puede reconocer el color de interferencia azul Berlín. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS008-M11	
Descripción	La muestra está compuesta principalmente de vidrio y piroxenos en forma de agujas, formando una textura Branching. Presenta fracturas con relleno de cuarzo policristalino.
Clasificación	Basalto brechado (Streckeisen 1974)

Tabla 8. Clasificación de la Muestra EGS 008-M11.

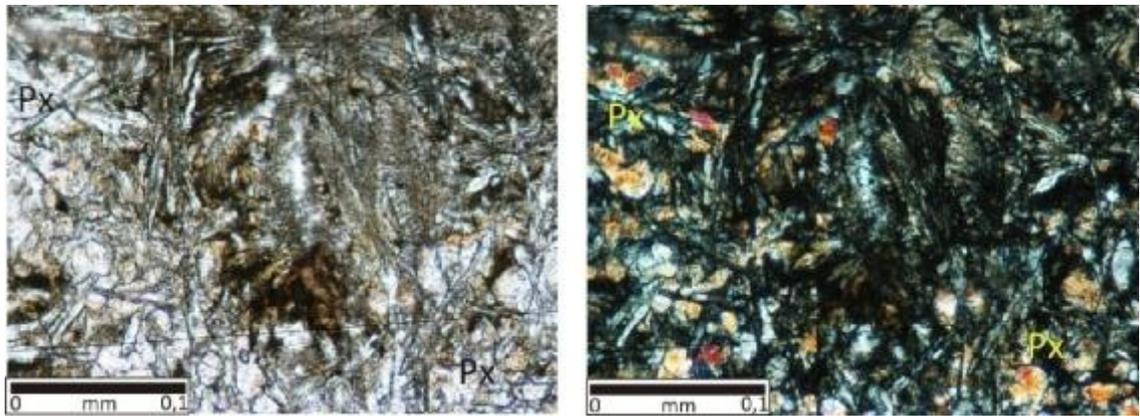


Figura 96. En las imágenes se pueden apreciar piroxenos (Px) en forma de aguja y vidrio. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

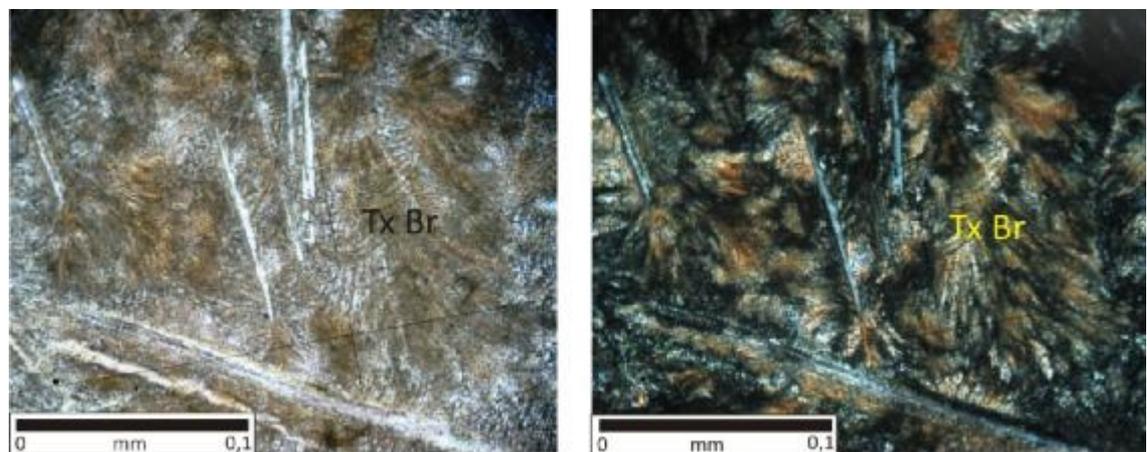


Figura 97. Las imágenes muestran una típica textura Branching (Tx Br) en un basalto brechado. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS009-M13	
Textura	Holocristalina porfirítica
40% Matriz	Cuarzo
60% Cristales	70% Plagioclasa Algunas están zonadas, según el método de Michel Levy la plagioclasa es Labradorita
	20% Oxihornblenda
	5% Biotita
	5% Sericita
Clasificación	Andesita (Streckeisen 1974)

Tabla 9. Clasificación de la Muestra EGS 009-M13.

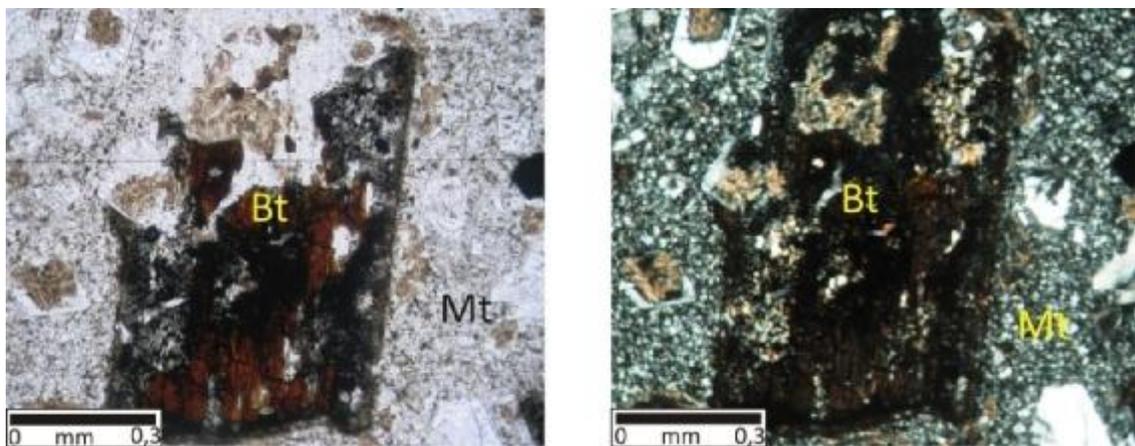


Figura 98. Mica biotita (Bt) que ha sufrido corrosión, se presenta remplazamiento de carbonatos. A los lados se observa la matriz de cuarzo (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

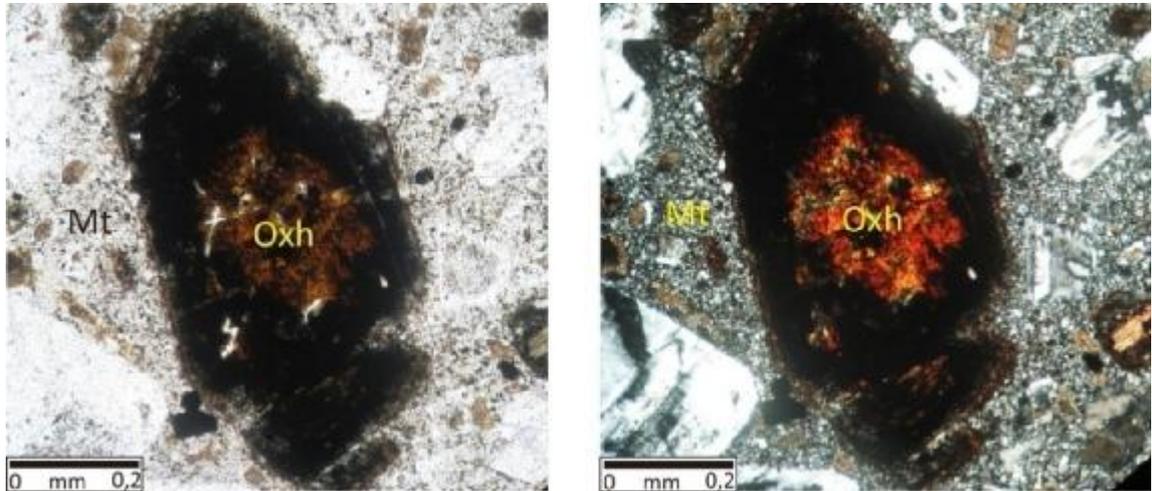


Figura 99. Se observa oxihornblenda (Oxh), alrededor la matriz de cuarzo (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS011-M17	
Textura	Holocristalina porfírica
60% Matriz	Cuarzo, plagioclasa y moscovitas
40% Cristales	72% Plagioclasa
	15% Cuarzo
	10% Biotita
	3% Moscovita
Clasificación	Dacita Biotítica (Streckeisen 1974)

Tabla 10. Clasificación de la Muestra EGS 011-M17.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

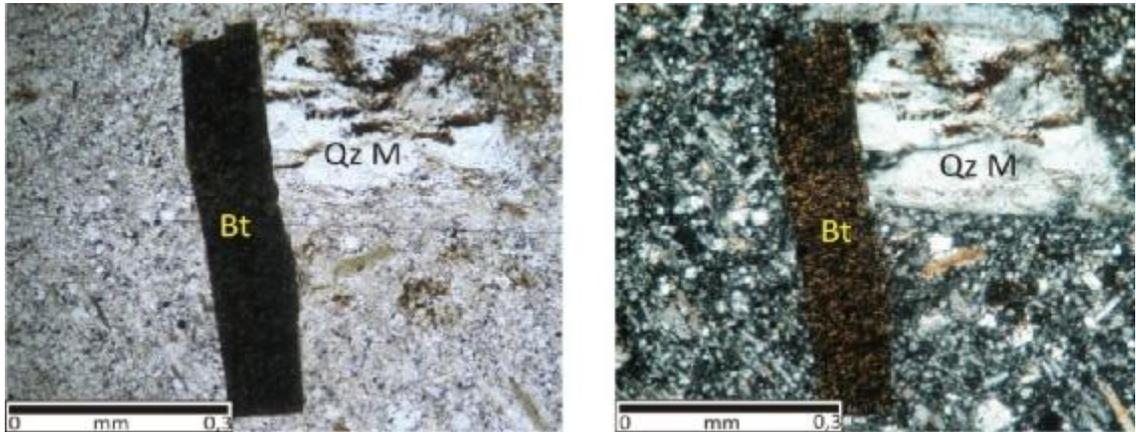


Figura 100. En el centro cristal alargado de mica biotita (Bt), a la derecha cuarzo monocristalino (Qz M) rodeados por la matriz. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

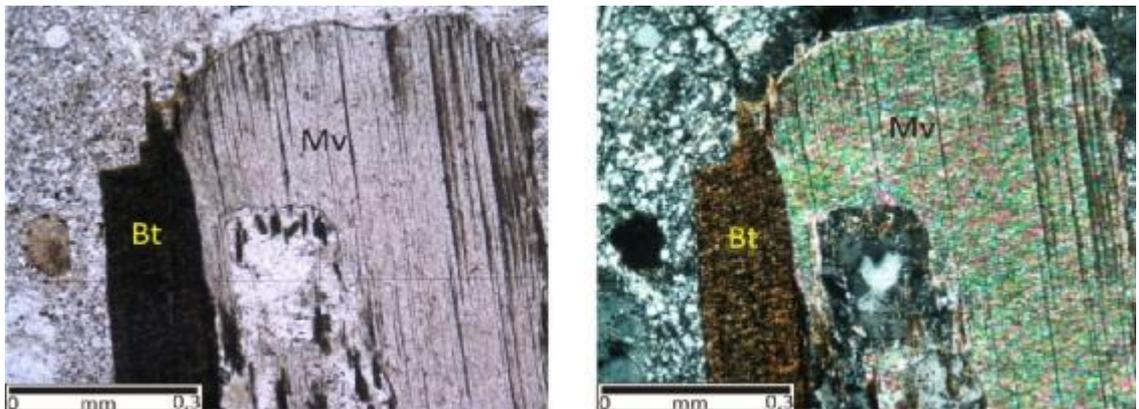


Figura 101. Mica biotita (Bt) y mica moscovita (Mv), esta última con un cuarzo recrystalizado. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS011-M18	
Textura	Holocristalina porfirítica
60% Matriz	Cuarzo
40% Cristales	70% Plagioclasa
	25% Cuarzo
	5% Epidota
Clasificación	Pórfido dacítico (Streckeisen 1974)

Tabla 11. Clasificación de la Muestra EGS 011-M18.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS011-M20		
Granulometría		
Máximo tamaño	1,5 mm	Arena muy gruesa (fragmento lítico)
Tamaño promedio	0,3 mm	Arena media
Selección	Moderadamente seleccionado	
Redondez	Subangular a subredondeado	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	58	
Cuarzo policristalino	7	
Plagioclasa	1	Algunas con macla polisintética
Chert	1	
Lítico volcánico	1	
Anfíbol	9	
Biotita	1	
Moscovita	22	
	Total 100	
Extinción		
Ondulante	16	
No ondulante	56	
Matriz	Arenosa y arcillosa	
Cemento	Ferruginoso y pelicular de clorita	
Porosidad	Medianamente porosa	
Clasificación	Cuarzoarenita (Folk 1968)	

Tabla 12. Clasificación de la Muestra EGS 011-M20.

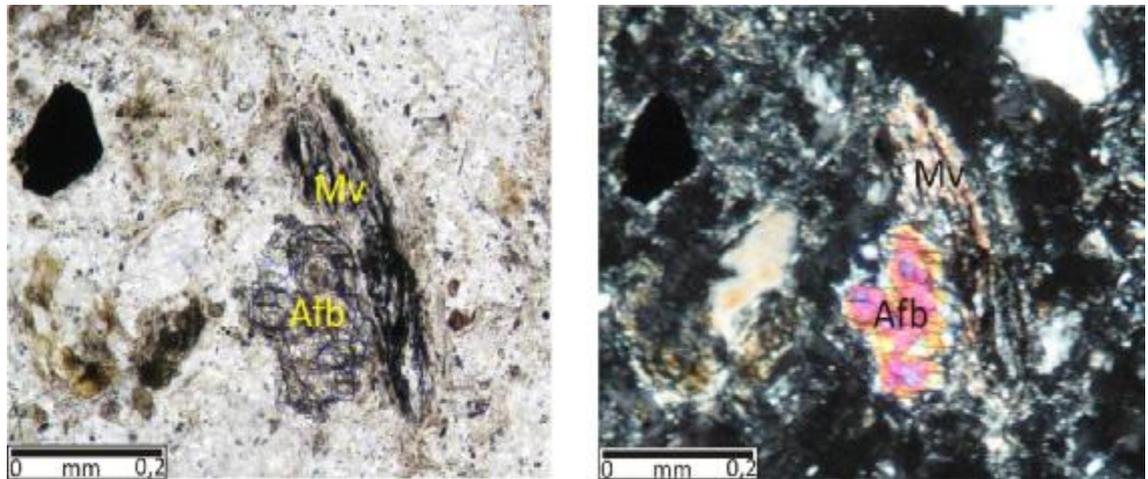


Figura 102. Mica moscovita (Mv) y anfíbol (Afb) rodeados por la matriz arenosa. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS011-M36		
Textura	Holocristalina porfírica	
70% Matriz	Cuarzo	
30% Cristales	50% Cuarzo	Con forma hexagonal y octagonal
	30% Hornblenda	
	10% Biotita	
	5% Moscovita	
	5% Feldespato	
Clasificación	Pórfido dacítico (Streckeisen 1974)	

Tabla 13. Clasificación de la Muestra EGS 011-M36.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

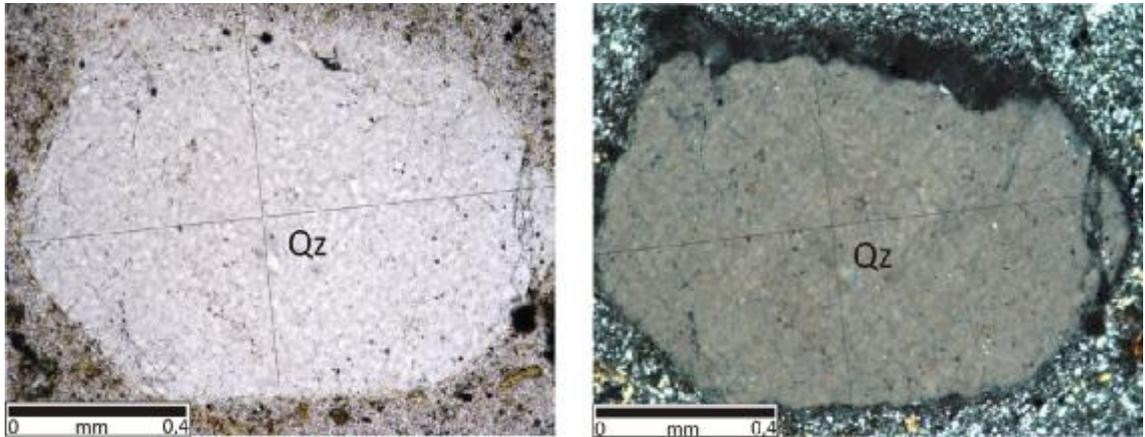


Figura 103. Cuarzo (Qz) con forma hexagonal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

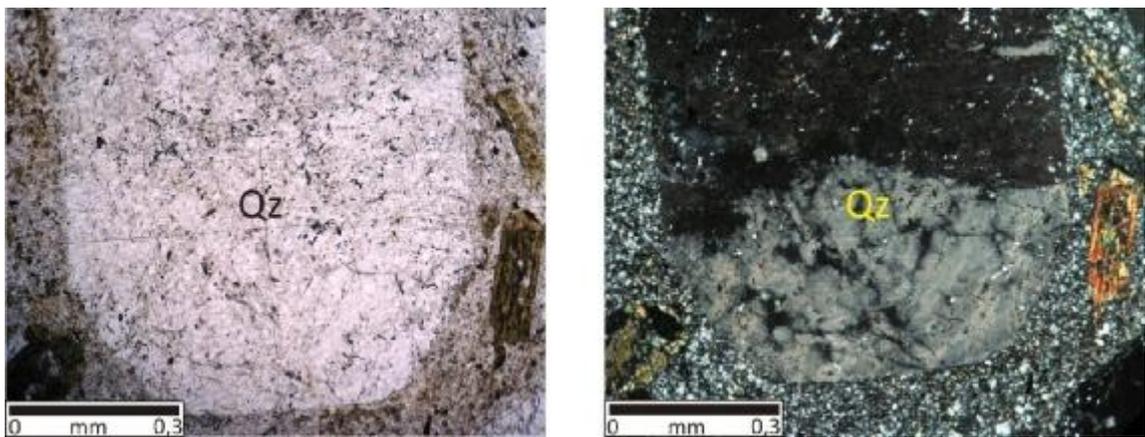


Figura 104. Cuarzo (Qz) con forma octagonal, en las imágenes se aprecian cinco de sus ocho lados. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS012-M21		
Textura	Holocristalina fanerítica	
Cristales	50% Actinolita	
	30% Plagioclasa	Algunas están zonadas, según el método de Michel Levy la plagioclasa es Labradorita
	10% Anfíboles	
	5% Cuarzo	
	5% Clorita	
Clasificación	Metagabro (Streckeisen 1974)	

Tabla 14. Clasificación de la Muestra EGS 012-M21.

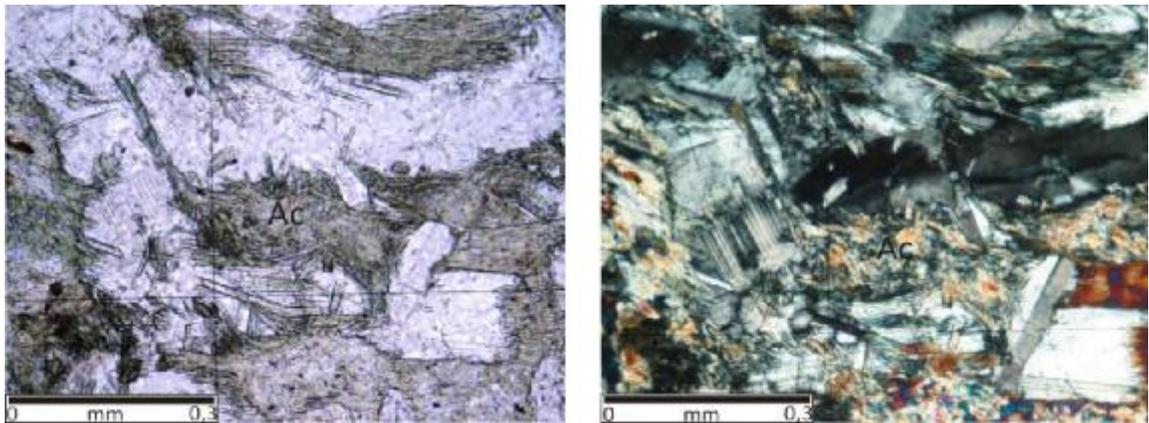


Figura 105. Se observa actinolita (Ac), en las imágenes se puede reconocer la textura en forma de fibras. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

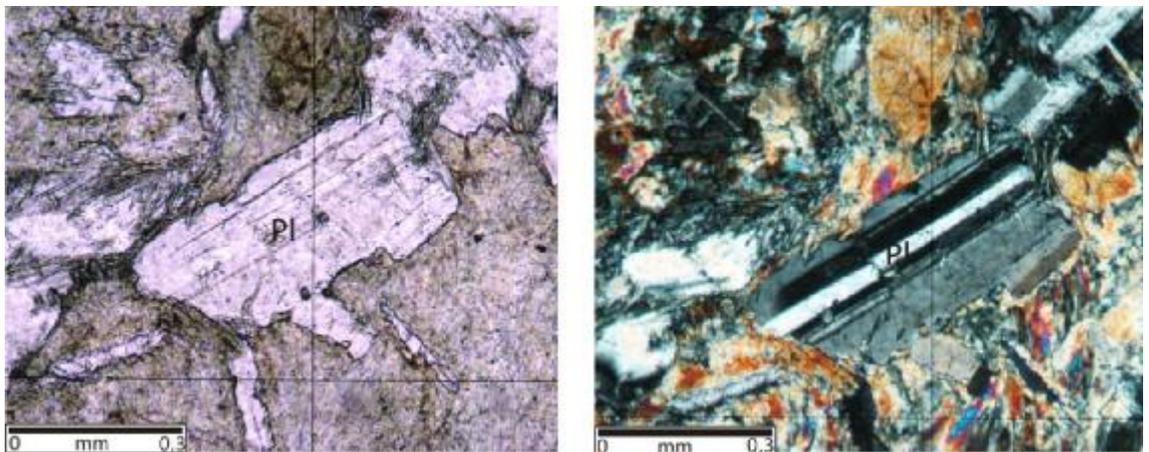


Figura 106. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS012-M23		
Granulometría		
Máximo tamaño	0,8 mm	Arena gruesa
Tamaño promedio	0,5 mm	Arena media
Selección	Moderadamente seleccionado	
Redondez	Subangular a subredondeado	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	39	
Cuarzo policristalino	3	
Plagioclasa	1	
Chert	21	
Lítico volcánico	21	
Lítico plutónico	2	
Anfibol	8	
Epidota	4	
Moscovita	1	
	Total 100	
	Plagioclasa con macla polisintética (no cae en el conteo)	
Extinción		
Ondulante	11	
No ondulante	31	
Matriz	Arenosa	
Cemento	Basal de carbonatos, cemento de poros con relleno de carbonatos principalmente esparita, cemento ferruginoso en un 1%	
Porosidad	Presenta porosidad por disolución	
Clasificación	Litoarenita (Folk 1974)	

Tabla 15. Clasificación de la Muestra EGS 012-M23.

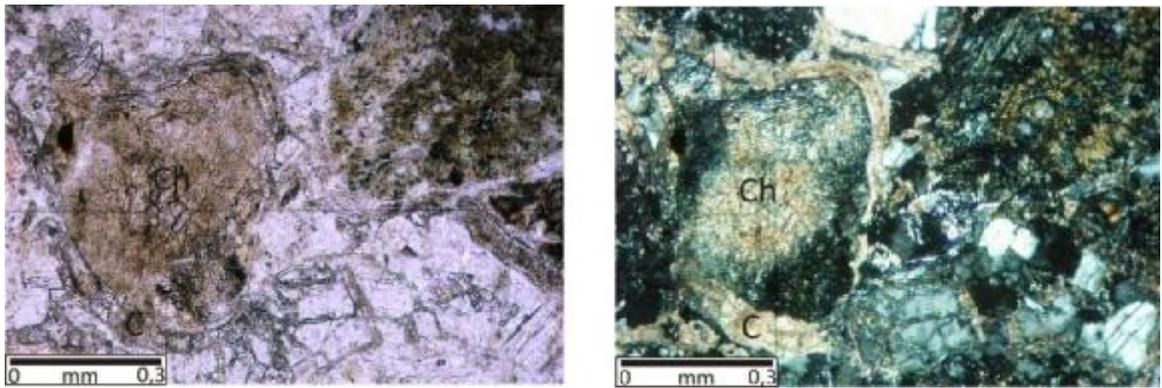


Figura 107. Chert (Ch) rodeado de cemento de carbonato (C). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

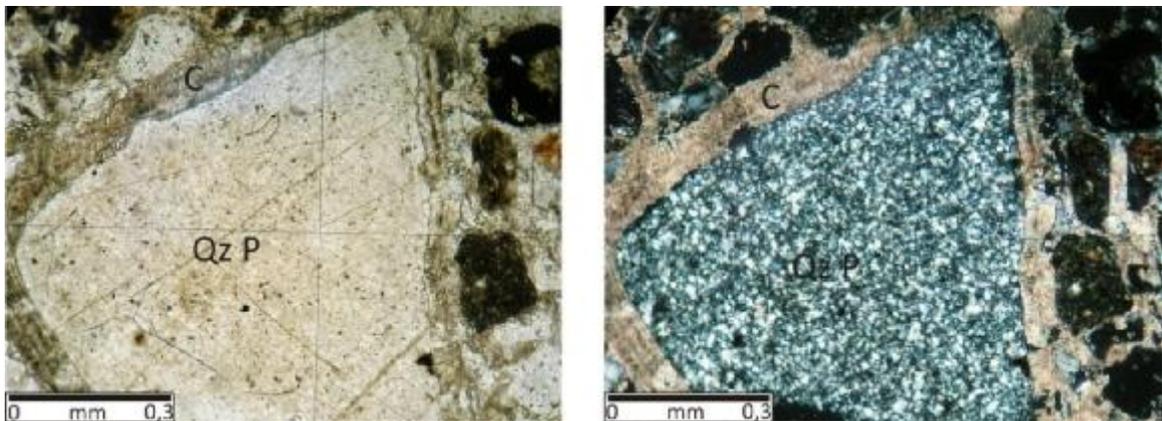


Figura 108. Cuarzo policristalino (Qz M) con cemento de carbonato (C), bordeando el clasto. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS021-M29	
Textura	Holocristalina fanerítica
Cristales	30% Cuarzo En corte central, el color de interferencia es totalmente negro al girar la platina, algunos con extinción ondulosa
	30% Anfíboles
	20% Plagioclasa Algunas están zonadas, según el método de Michel Levy la plagioclasa es andesina
	7% Feldespato
	4% Epidota
	3% Clinozoisita
	3% Moscovita
	3% Esfena
Clasificación	Cuarzo Pegmatita Hornbléndica (Streckeisen 1974)

Tabla 16. Clasificación de la Muestra EGS 021-M29.

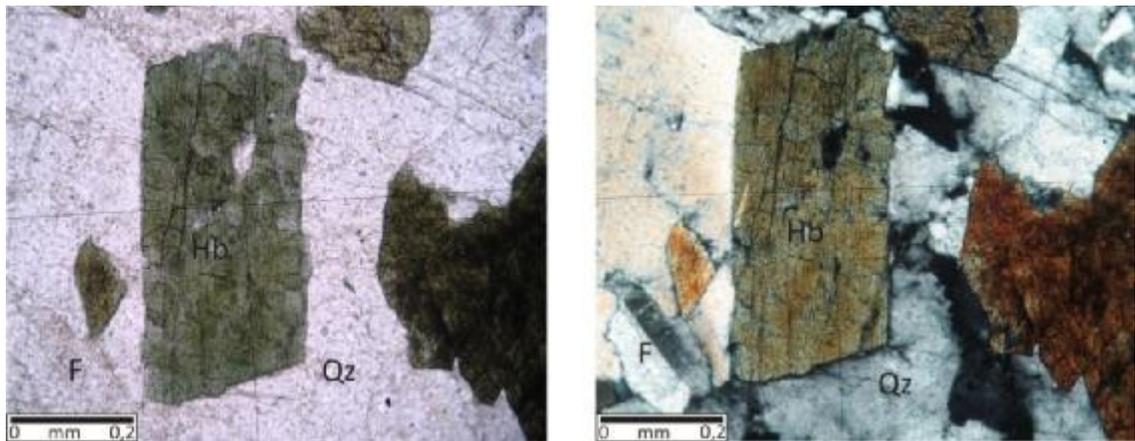


Figura 109. En las imágenes se observa hornblenda (Hb), cuarzo (Qz) y feldespato (F). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

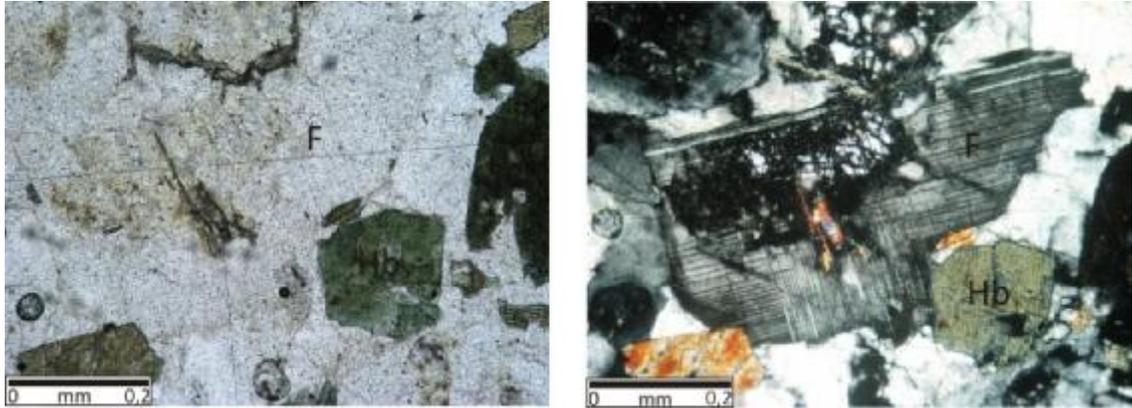


Figura 110. Feldespato con macla de microclina, presenta algo de corrosión y recristalización de otros minerales.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Muestra EGS021-M30		
Granulometría		
Máximo tamaño	0,7 mm	Arena gruesa
Tamaño promedio	0,4 mm	Arena media
Selección	Pobrementemente seleccionado	
Redondez	Subangular	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	40	Algunos con inclusiones de clorita
Cuarzo policristalino	31	
Plagioclasa	2	Plagioclasa con macla polisintética
Chert	10	
Lítico volcánico	4	
Lítico metamórfico	1	Cuarcita
Anfíbol	6	
Biotita	3	
Moscovita	3	
	Total 100	
	Se observa recristalización de cuarzo	
	Hay orientación de clorita	
	Presencia de películas de óxidos de Fe	
Extinción		
Ondulante	16	
No ondulante	55	
Matriz	Arenosa y arcillosa en algunos sectores	
Cemento	Pelicular de clorita	
Porosidad	Baja	
Clasificación	Sublitoarenita (Folk 1968)	

Tabla 17. Clasificación de la Muestra EGS 021-M29.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

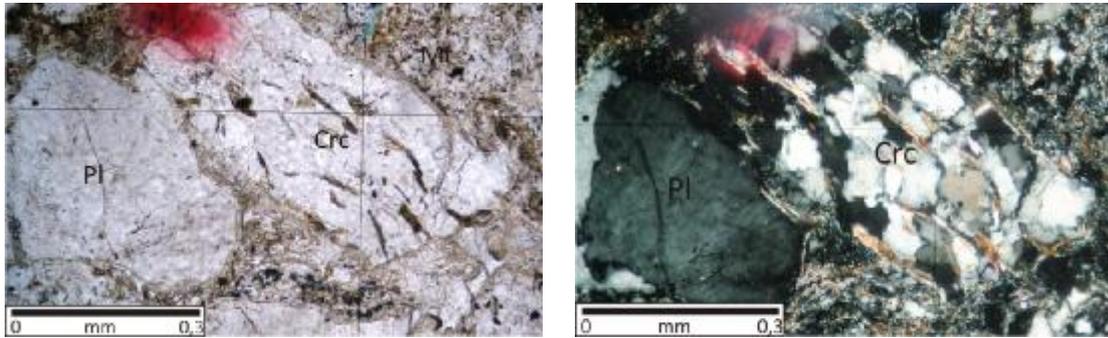


Figura 111. Fragmento lítico metamórfico de cuarcita (Crc), entre los cristales de cuarzo hay micas moscovitas orientadas. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

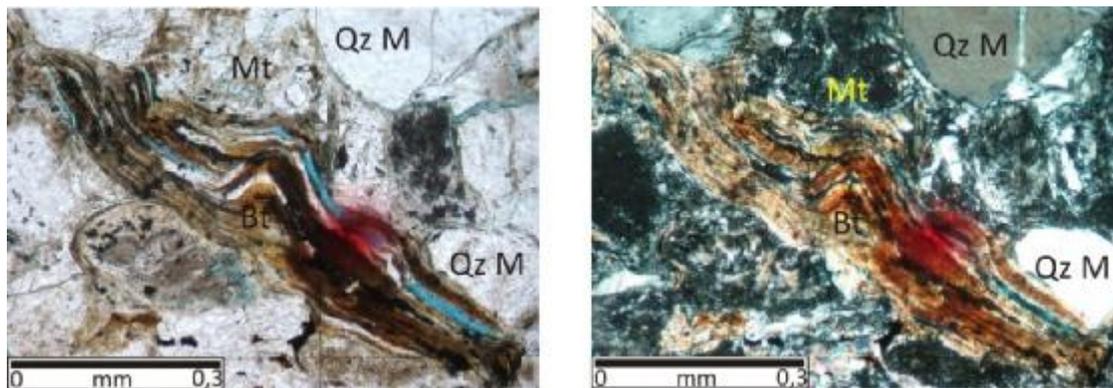


Figura 112. Mica biotita deformada (Bt), a la derecha cuarzo monocristalino (Qz M). Rodeándolos se encuentra la matriz arenosa (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS025-M32	
Textura	Holocristalina fanerítica equigranular
Cristales	50% Plagioclasa
	45% Hornblenda En corte basal y longitudinal
	3% Cuarzo
	2% Epidota
Clasificación	Anfibolita (con límites de facies Granulita)

Tabla 18. Clasificación de la Muestra EGS 025-M32.

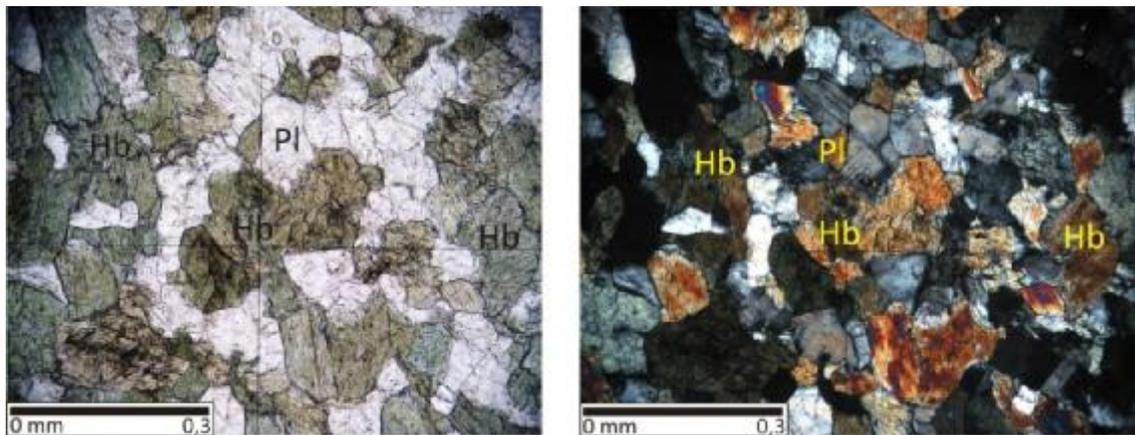


Figura 113. Textura general de la roca, se observa hornblenda (Hb) y plagioclasa (Pl) principalmente. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS025-M35		
Granulometría		
Máximo tamaño	7 mm	Guijo (fragmento lítico)
Tamaño promedio	2,5mm	Guijo
Selección	Pobremente seleccionado	
Redondez	Subredondeado a subangular	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	19	
Cuarzo policristalino	11	
Plagioclasa	3	
Chert	2	
Lítico volcánico	45	
Anfíbol	16	Algunos en corte basal
Clorita	1	
Moscovita	3	
	Total 100	
	Presencia de óxidos de hierro	
Extinción		
Ondulante	16	
No ondulante	56	
Matriz	Arenosa	
Cemento	Silíceo y de carbonato (micrita)	
Clasificación	Litoarenita (Folk 1968)	

Tabla 19. Clasificación de la Muestra EGS 025-M35.

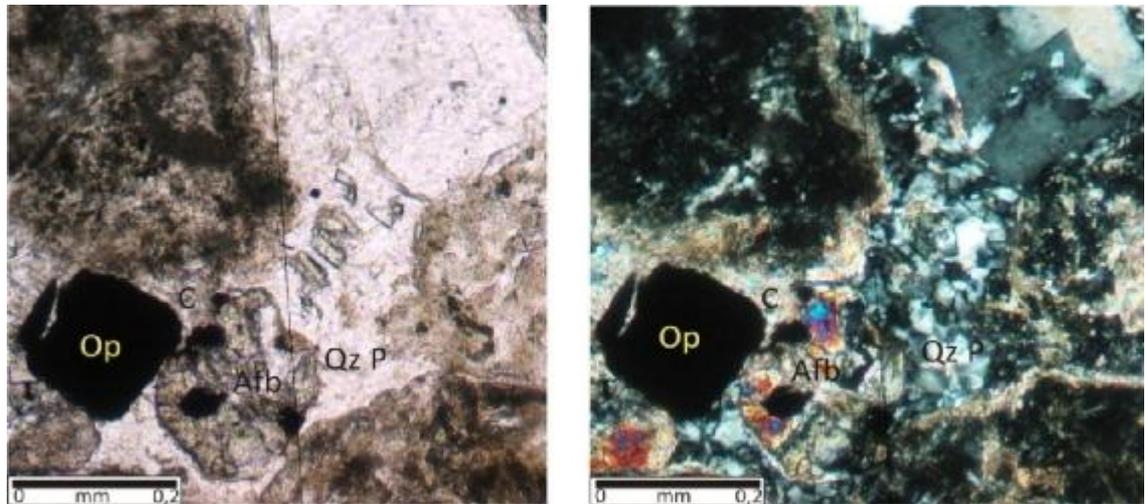


Figura 114. Mineral opaco (Op) rodeado de cemento de carbonato (C) (micrita), anfíbol en corte basa (Afb), a la derecha de ambos cuarzo policristalino (Qz P). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

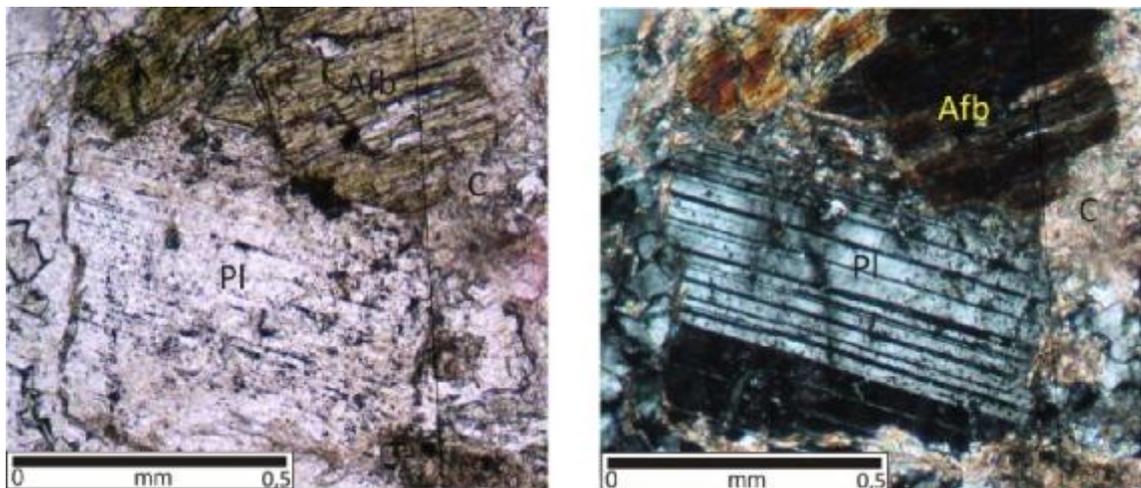


Figura 115. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita, en la parte de arriba anfíbol (Afb) y cemento de carbonato (C) (micrita). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS030-M40		
Textura	Hipocristalina porfirítica	
60% Matriz	60% vidrio	
	40% microlitos (plagioclasa)	
40% Cristales	60% Plagioclasa	Los cristales son subhedrales a euhedrales, según el método de Michel Levy la plagioclasa es andesina.
	30% Piroxeno	Presencia de piroxenos en corte longitudinal y basal con coronas de reacción.
	10% Olivino	
	Presencia de óxidos de hierro y de titanio. El óxido de hierro es de goethita y hematita, más goethita que hematita. Se presenta metasomatismo de algunos minerales.	
Clasificación	Basalto piroxénico (Streckeisen 1974)	

Tabla 20. Clasificación de la Muestra EGS 030-M40.

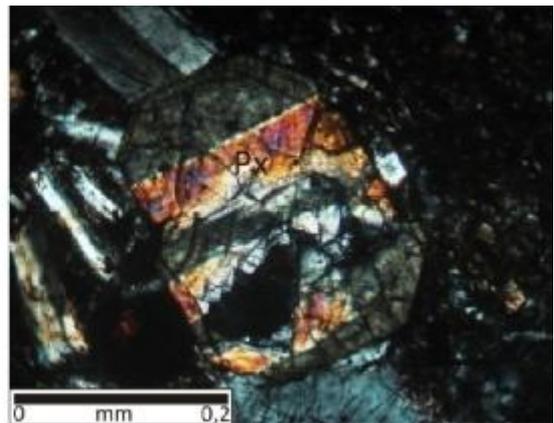
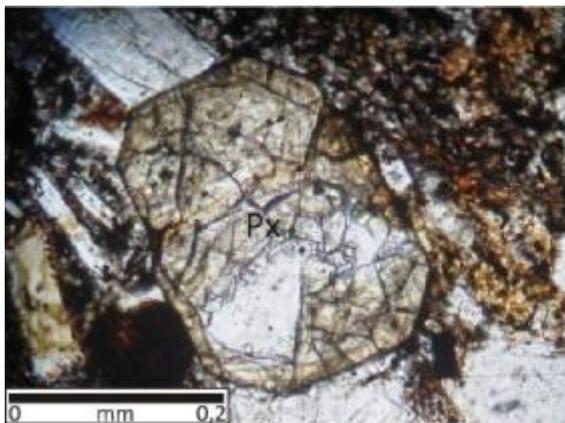


Figura 116. Piroxeno (Px) en corte transversal, presenta corrosión hacia su parte inferior. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

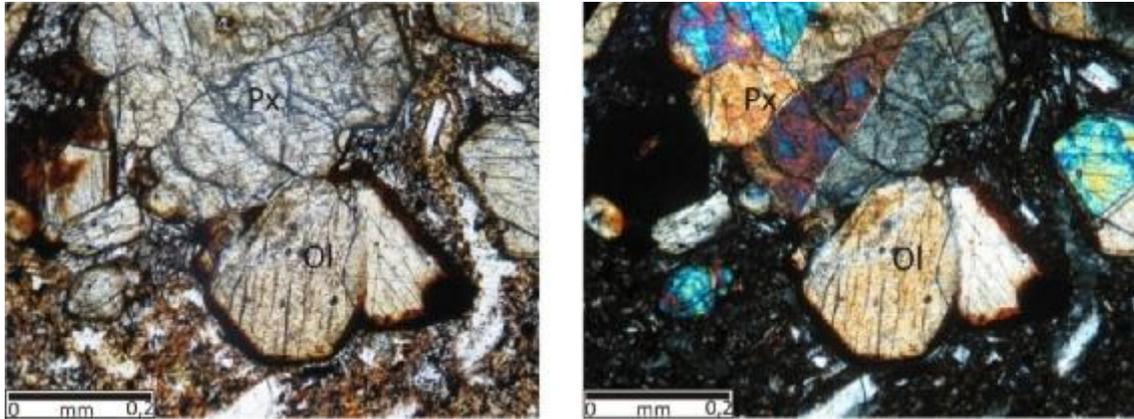


Figura 117. Olivino (Ol) con halos de corrosión, en la parte superior se observa piroxeno (Px). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS030-M41	
Textura	Hipocristalina porfirítica
40% Matriz	60% vidrio
	40% microlitos (plagioclasa)
60% Cristales	75% Plagioclasa Algunas están zonadas, según el método de Michel Levy la plagioclasa es labradorita
	15% Hornblenda En corte basal y longitudinal
	5% Oxihornblenda
	5% Piroxeno Algunos en corte basal
	Se presenta una aglomeración de minerales por segregación de los minerales en el mismo magma
Clasificación	Andesita (Streckeisen 1974)

Tabla 21. Clasificación de la Muestra EGS 030-M41.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

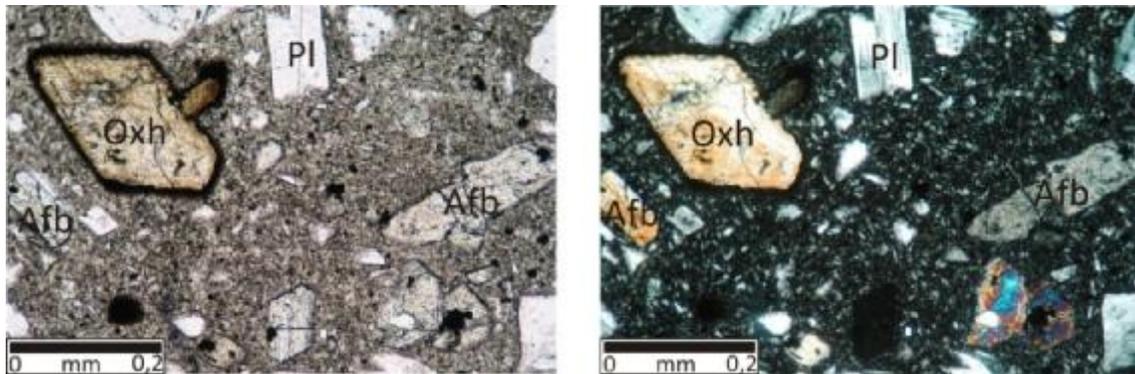


Figura 118. Véase la relación matriz-cristales, se ven muchos de los componentes de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

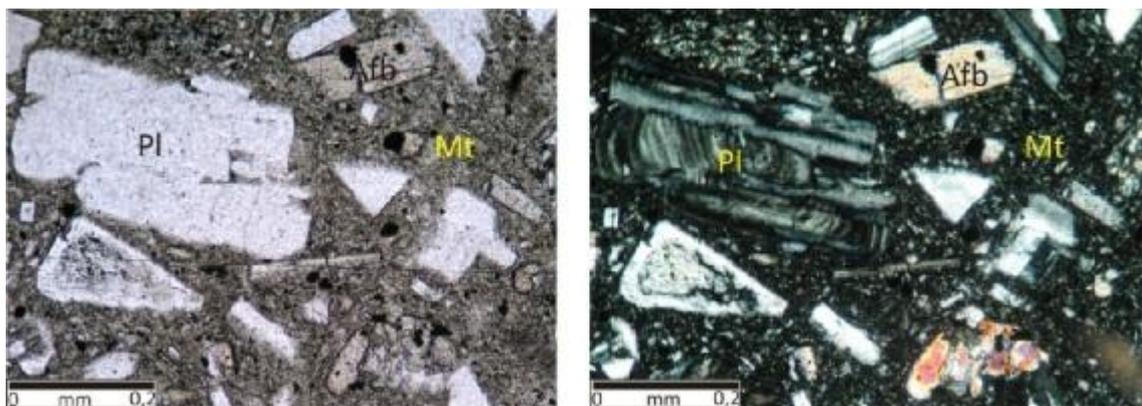


Figura 119. En la parte izquierda se observa plagioclasa (Pl) con zonación, también anfíboles (Afb) y matriz de vidrio con microlitos (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

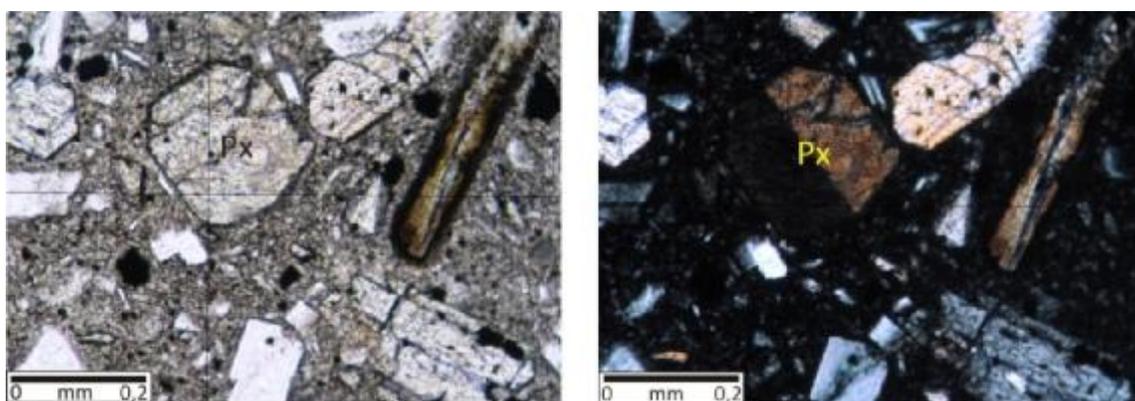


Figura 120. Piroxeno (Px) en corte basal, cerca del centro de los retículos. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra EGS030-M42		
Textura	Hipocristalina porfirítica	
60% Matriz	75% vidrio	
	25% microlitos (plagioclasa)	
40% Cristales	80% Plagioclasa	Con macla de Carlsbad y macla polisintética, según el método de Michel Levy la plagioclasa es andesina.
	20% Piroxeno	Muchos en corte basal, en baja proporción en corte longitudinal, corresponden a hipersteno (ortopiroxeno) fuertemente pleocrómico.
	Presencia de óxidos de hierro y de minerales opacos	
Clasificación	Basalto piroxénico (Streckeisen 1974)	

Tabla 22. Clasificación de la Muestra EGS 030-M42.

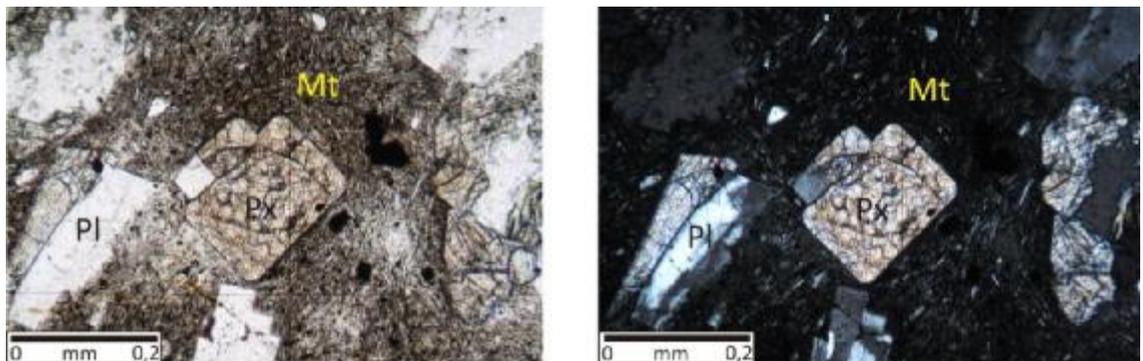


Figura 121. Piroxeno (Px) correspondiente a hipersteno (centro de las imágenes), rodeado por la matriz de la roca (Mt). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

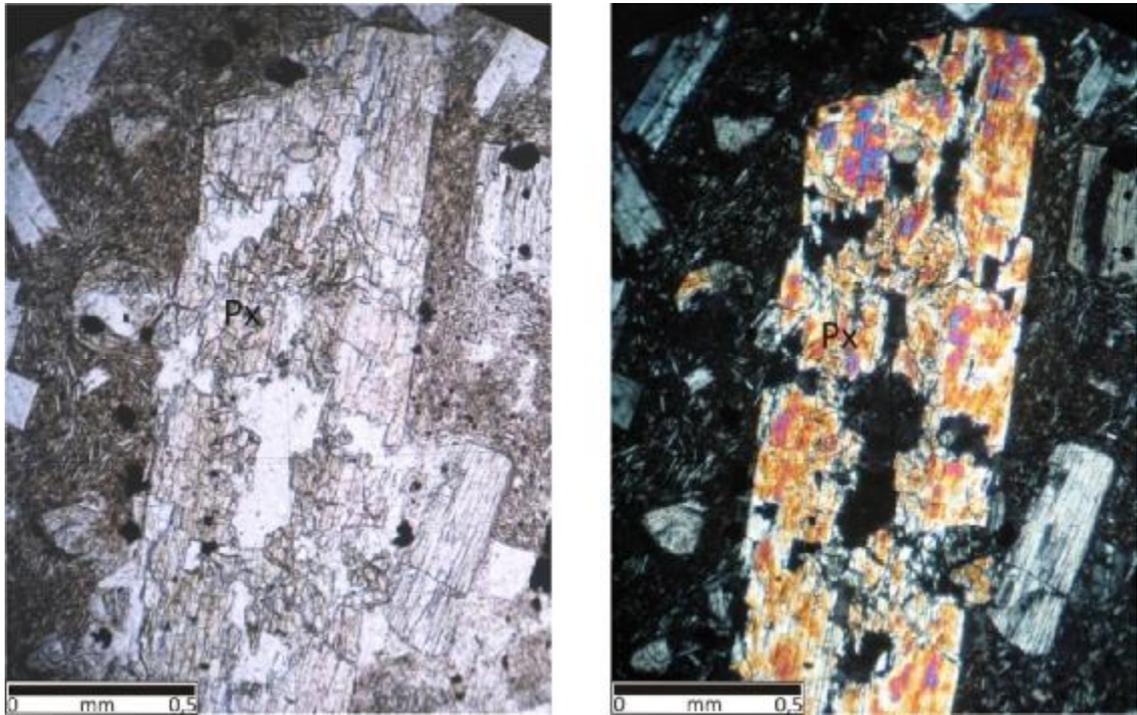


Figura 122. Piroxeno (Px) en corte longitudinal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS030-M43		
Textura	Hipocristalina porfírica	
30% Matriz	80% vidrio	
	20% microlitos (plagioclasa)	
70% Cristales	75% Plagioclasa	Según el método de Michel Levy la plagioclasa es andesina
	15%Anfibol	
	4% Biotita	
	3% Piroxeno	Presencia de piroxenos en corte basal
	2% Epidota	
	1% Cuarzo	
		Presencia de óxidos de hierro
Clasificación	Andesita (Streckeisen 1974)	

Tabla 23. Clasificación de la Muestra EGS 030-M43.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

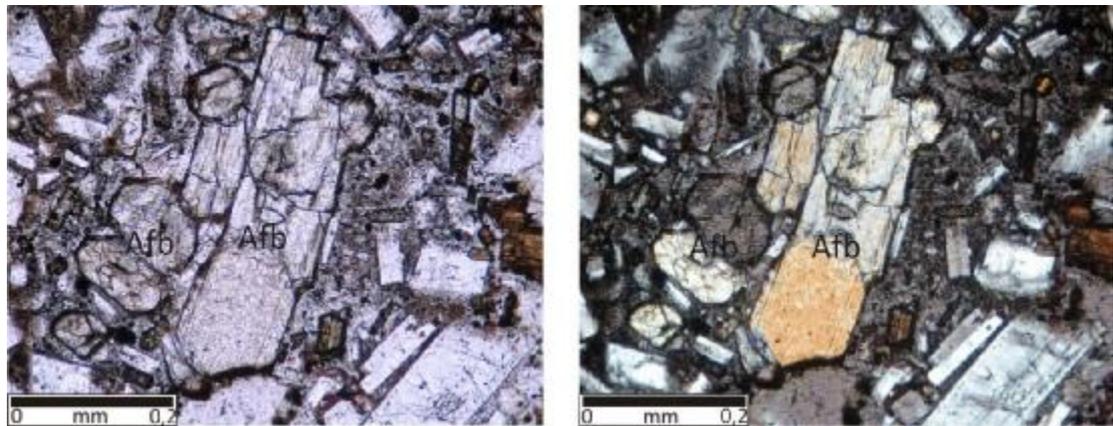


Figura 123. Anfíbol (Afb) en corte longitudinal y basal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

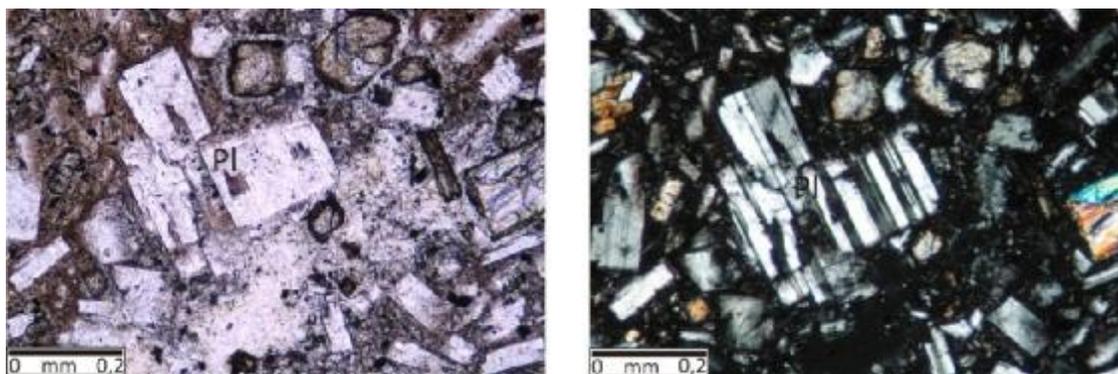


Figura 124. Plagioclasa (Pl) con macla polisintética de albita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

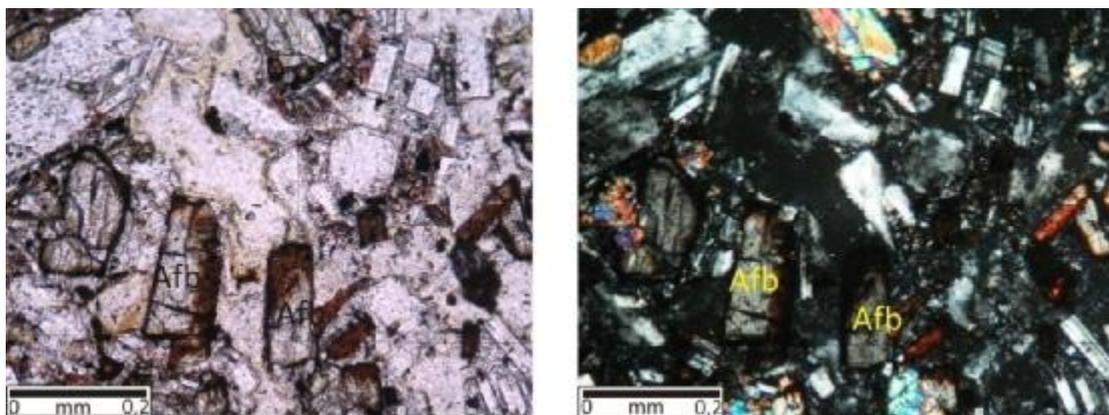


Figura 125. Se puede observar algunos cristales de anfíbol (Afb) pasando a biotita. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS030-M44	
Textura	Hipocristalina porfirítica
60% Matriz	60% vidrio
	40% microlitos (plagioclasa)
40% Cristales	65% Plagioclasa Presentan formas euhedrales a subhedrales, algunas están zonadas, según el método de Michel Levy la plagioclasa es labradorita
	20% Hornblenda Algunas en corte basal. Unas homblendas están pasando a biotitas
	10% Piroxeno Algunos en corte basal
	5% Epidota
	Presenta un alto porcentaje de vesículas
Clasificación	Basalto vesicular (Streckeisen 1974)

Tabla 24. Clasificación de la Muestra EGS 030-M44.

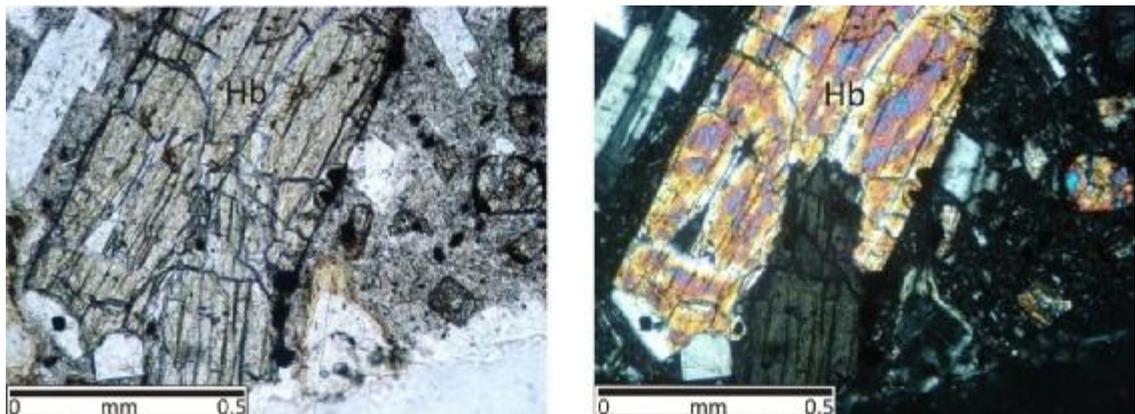


Figura 126. Cristal de hornblenda (Hb) en corte longitudinal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

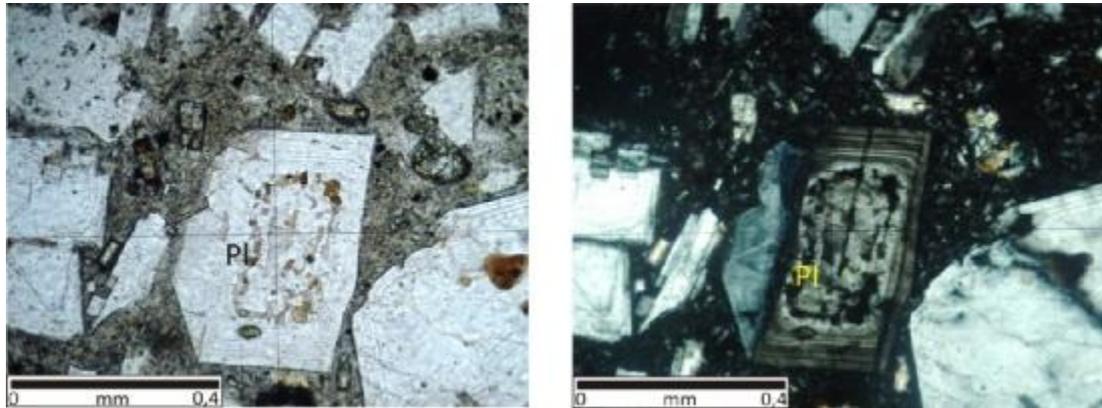


Figura 127. Plagioclasa zonada (PI), presenta corrosión en su parte central. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra EGS030-M45	
Textura	Vitroclástica
Matriz	Vidrio (15%)
Cristales	Fragmentos de cuarzo, plagioclasa y anfíboles (5%)
Líticos	Fragmentos Líticos correspondientes a rocas volcánicas las cuales están constituidas por vidrio en mayor proporción, microlitos de plagioclasas, piroxenos y algo de anfíboles (80%)
Clasificación	Toba Lítica (Folk1968)

Tabla 25. Clasificación de la Muestra EGS 030-M45.

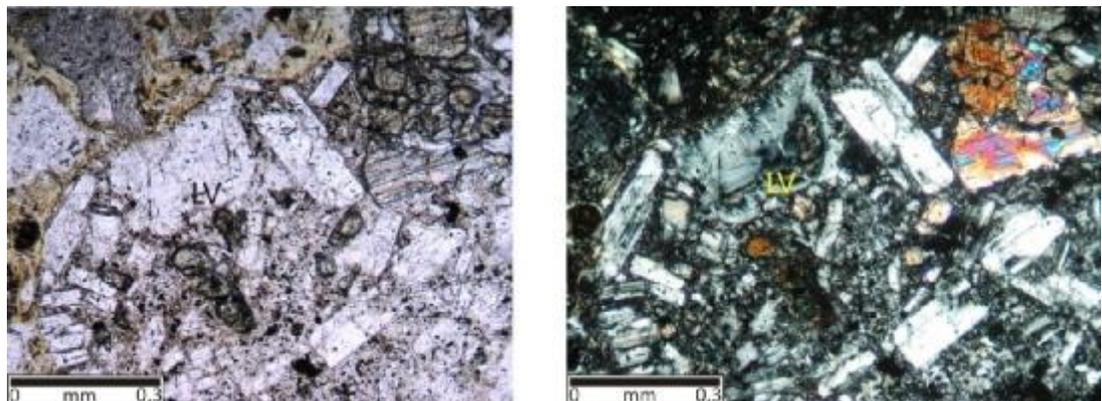


Figura 128. Fragmento lítico volcánico (LV) en el que se pueden reconocer plagioclasas y algunos anfíboles. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra G004-M12	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,05 mm Arena muy fina
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subangular a subredondeado
Clastos	Conteo Características
Cuarzo monocristalino	56
Cuarzo policristalino	1
Plagioclasa	19 Algunas con macla polisintética
Chert	2
Lítico volcánico	1
Anfibol	21
	Total 100
Presencia de plagioclasa con macla polisintética	45
Extinción	
Ondulante	5
No ondulante	51
Polisintética	1
Matriz	Arenosa y arcillosa
Clasificación	Arcosa (Folk 1968) (Arena tobacea)

Tabla 26. Clasificación de la Muestra G004-M12.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

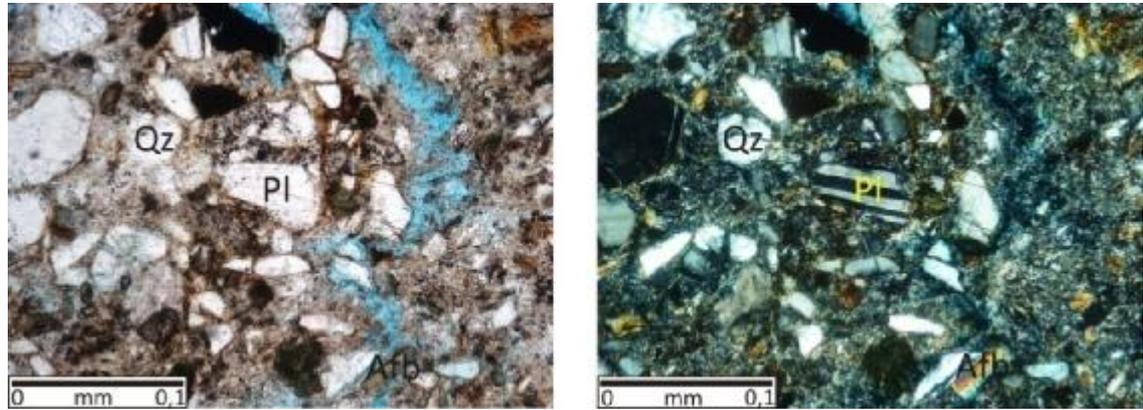


Figura 129. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz), anfíbol (Afb) y plagioclasa (Pl). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra G017-M70,3		
Granulometría		
Tamaño promedio	0,04 mm	Arena muy fina
Selección	Moderadamente seleccionado	
Redondez	Subangular	
Clastos	Conteo	Características
Cuarzo monocristalino	64	
Cuarzo policristalino	1	
Plagioclasa	6	
Chert	2	
Lítico volcánico	1	
Anfíbol	22	
Epidota	1	
Clorita	3	
	Total 100	
	Presencia de anfíboles zonados (indicios de metamorfismo)	
Extinción		
Ondulante	8	
No ondulante	57	
Matriz	Arenosa	
Clasificación	Subarcosa (Folk 1968)	

Tabla 27. Clasificación de la Muestra G017-M70,3.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

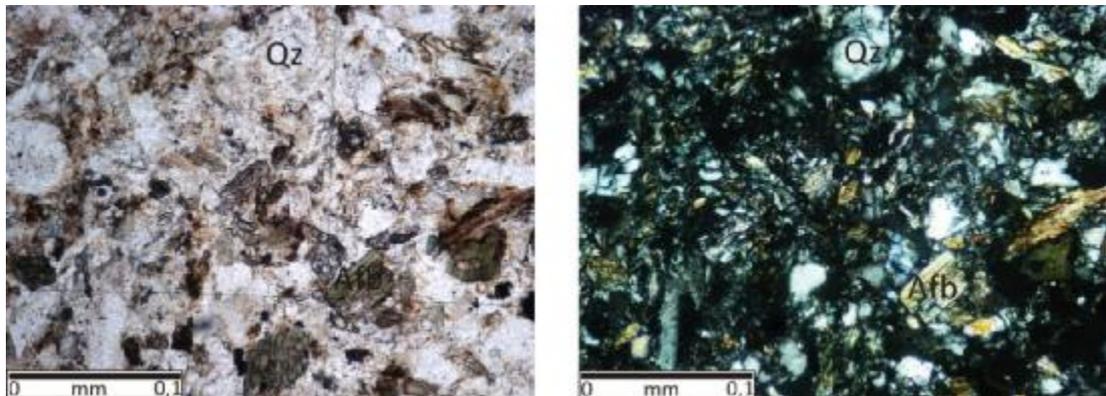


Figura 130. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz) y anfíbol (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra G020-M110	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,2 mm Arena fina
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subangular
Clastos	Conteo
Cuarzo monocristalino	66
Cuarzo policristalino	2
Plagioclasa	3
Chert	1
Anfíbol	25
Epidota	3
	Total 100
Extinción	
Ondulante	5
No ondulante	63
Matriz	Arenosa
Clasificación	Subarcosa (Folk 1968) (Arena tobasea)

Tabla 28. Clasificación de la Muestra G020-M110.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

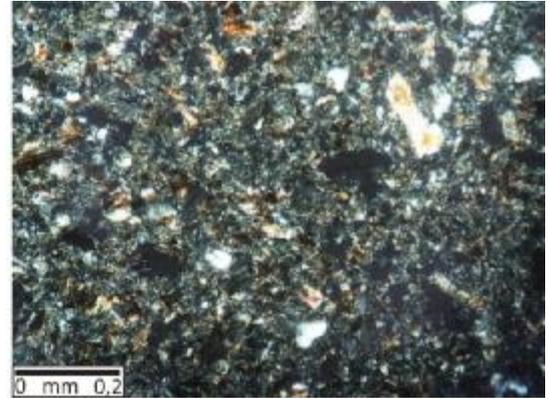
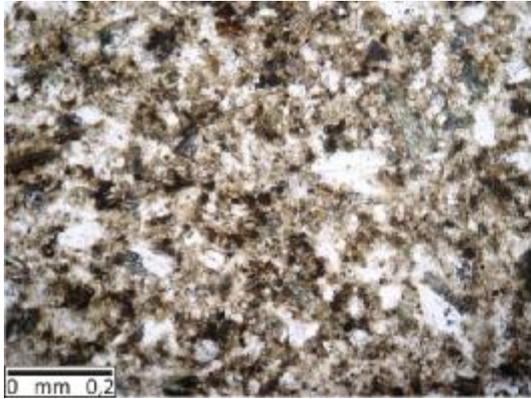


Figura 131. Subarcosa, vista general de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra G025-M88	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,04 mm Arena muy fina
Selección	Moderadamente a Pobremente seleccionado
Redondez	Subangular
Clastos	Conteo
Cuarzo monocristalino	53
Plagioclasa	10
Chert	2
Anfíbol	30
Moscovita	2
Epidota	1
Zoisita	2
	Total 100
Extinción	
Ondulante	3
No ondulante	49
Polisintética	1
Matriz	Arenosa
Clasificación	Subarcosa (Folk 1968)

Tabla 29. Clasificación de la Muestra G025-M88.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

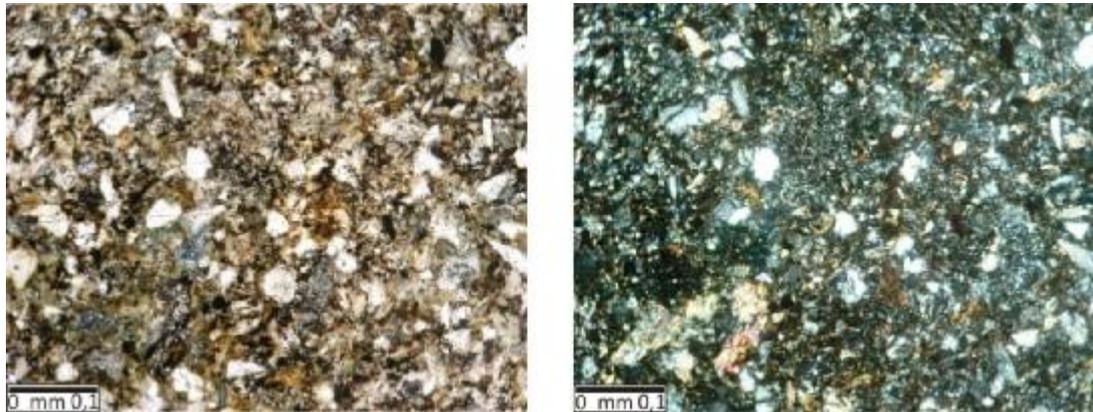


Figura 132. Subarcosa, vista general de la roca. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Muestra US3-M027	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,9 mm Arena gruesa
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subangular
Clastos	Conteo
Cuarzo monocristalino	58
Cuarzo policristalino	4
Plagioclasa	20
Chert	1
Anfíbol	6
Epidota	2
Moscovita	8
Zoisita	1
	Total 100
Extinción	
Ondulante	2
No ondulante	60
Matriz	Arenosa
Clasificación	Arcosa (Folk 1968)

Tabla 30. Clasificación de la Muestra US3-M027.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

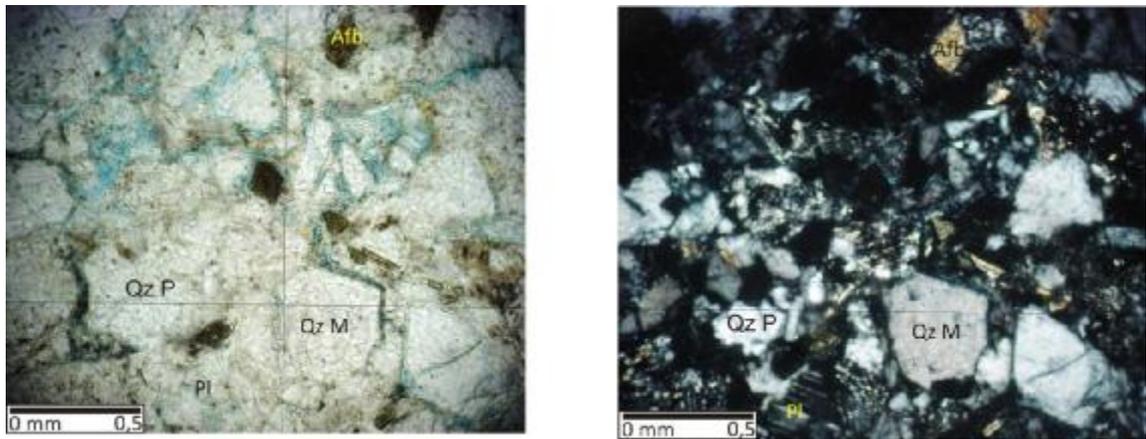


Figura 133. Arcosa, vista general de la roca. Se reconoce cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P), plagioclasa (PI) y anfíbol (Afb). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra US3-M055	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,3 mm Arena media
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subredondeados a subangulares
Clastos	Conteo
Cuarzo monocristalino	40
Cuarzo policristalino	9
Plagioclasa	16
Lítico sedimentario	1
Lítico volcánico	1
Chert	10
Anfíbol	11
Epidota	7
Moscovita	1
Biotita	4
	Total 100
Extinción	
Ondulante	14
No ondulante	35
Matriz	Arenosa
Clasificación	Arcosa lítica (Folk 1968)

Tabla 31. Clasificación de la Muestra US3-M055.

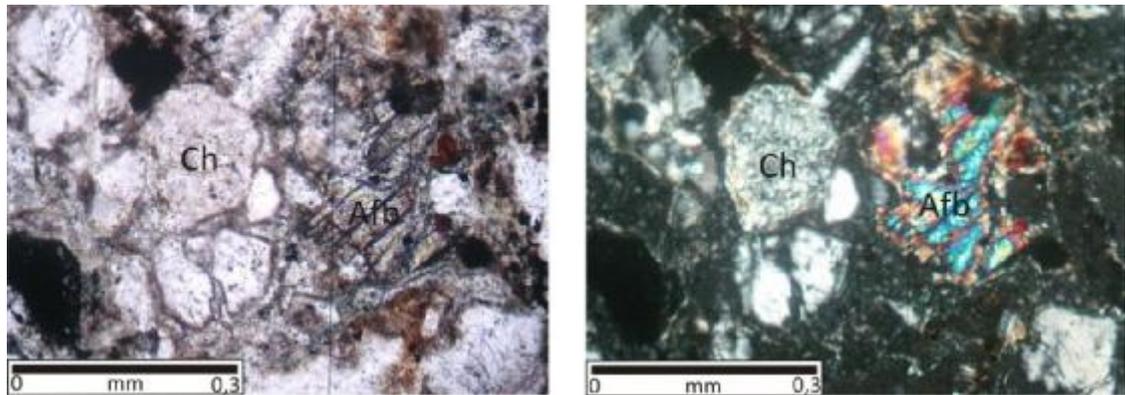


Figura 134. A la izquierda de las imágenes chert (Ch), a la derecha anfíbol (Afb) en corte basal. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

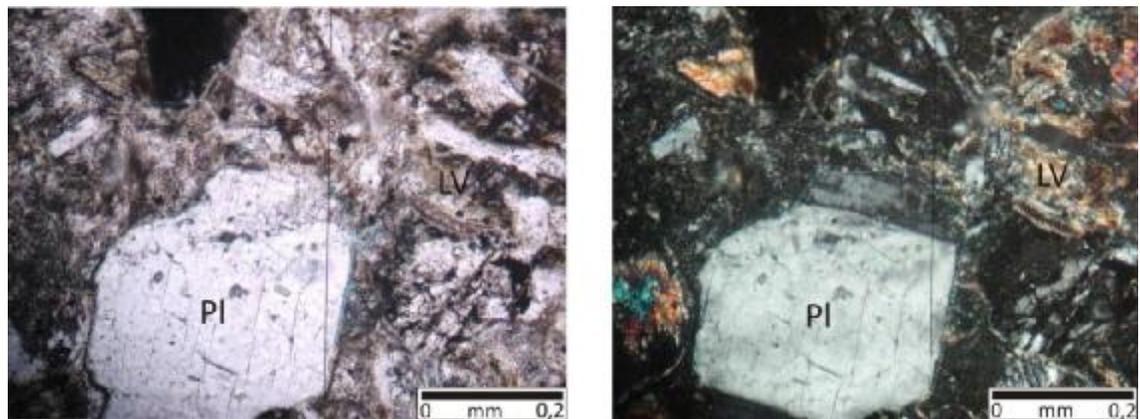


Figura 135. Se observa plagioclasa (Pl) y un fragmento lítico volcánico (LV) en la parte superior derecha. A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra US6-M089	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,45 mm Arena media
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subangulares
Clastos	Conteo
Cuarzo monocristalino	52
Cuarzo policristalino	12
Plagioclasa	3
Lítico volcánico	2
Chert	4
Anfíbol	5
Moscovita	20
Epidota	1
Zoisita	1
	Total 100
Extinción	
Ondulante	6
No ondulante	54
Polisintética	4
Matriz	Arenosa
Clasificación	Sublitoarenita (Folk 1968)

Tabla 32. Clasificación de la Muestra US6-M089.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

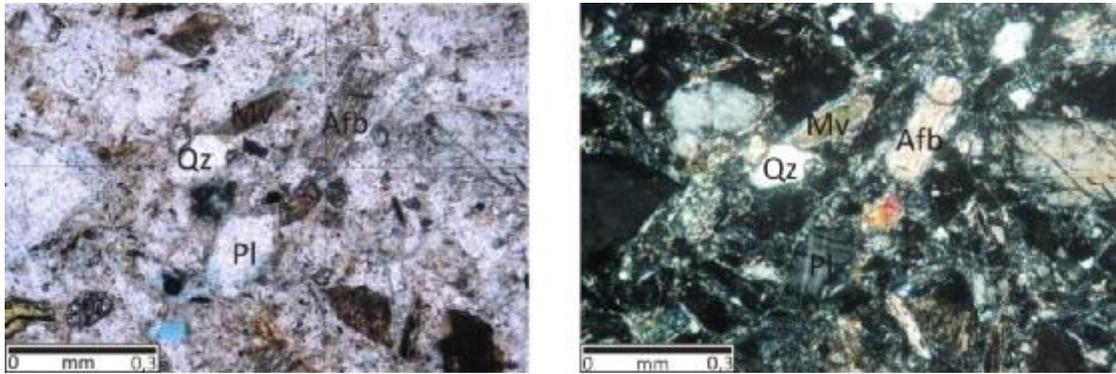


Figura 136. Vista general de la roca, se observa cuarzo (Qz), anfíbol (Afb), mica moscovita (Mv) y plagioclasa (Pl). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestra US7-M081	
Granulometría	
Tamaño promedio	0,7 mm Arena gruesa
Selección	Moderadamente seleccionado
Redondez	Subangulares
Clastos	Conteo Características
Cuarzo monocristalino	40
Cuarzo policristalino	18
Plagioclasa	8
Lítico volcánico	6
Lítico metamórfico	1 Cuarcita
Chert	6
Anfíbol	14
Moscovita	1
Epidota	2
Zoisita	2
Clorita	1
Biotita	1
	Total 100
Extinción	
Ondulante	1
No ondulante	57
Matriz	Arenosa
Clasificación	Litoarenita feldespática (Folk 1968)

Tabla 33. Clasificación de la Muestra US7-M081.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

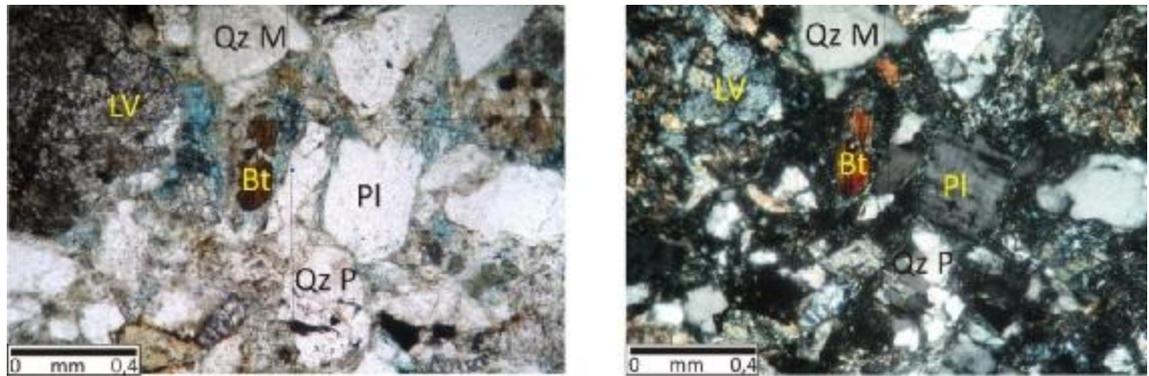


Figura 137. Vista general de la roca, se observa cuarzo monocristalino (Qz M) y policristalino (Qz P), plagioclasa (Pl), mica biotita (Bt) y un fragmento lítico volcánico (LV). A la izquierda fotografía con NII, a la derecha con NX.



12. ANALISIS PETROGRAFICO

Se analizaron un total de 32 secciones delgadas incluyendo clastos de los conglomerados de la Formación La Paila y arenitas, estas últimas se obtuvieron de la matriz del conglomerado y de estratos que estuvieran próximos a ellos, recopilando información de las secciones levantas para hacer diferentes tipos de análisis:

- Análisis petrográfico para la determinación composicional de las Arenitas, para su clasificación se utilizó Folk (1968), basándose en la presencia de cuarzo, feldespatos, Fragmentos de roca y chert (ver Tabla 34). Este análisis se realizó haciendo un conteo estadístico con una malla realizada en un cubreobjetos, teniendo 100 puntos de control petrográfico.

- Análisis de la procedencia de las arenitas para hallar su ambiente tectónico Dickinson, Beard et al (1983), (Ver Figura 139).

Con los conglomerados se hizo un trabajo similar el cual consistió en un análisis petrográfico detallado para posteriormente relacionar posibles áreas fuentes que aportaron sedimentos para la formación de los conglomerados (Ver Figuras (140 y 141).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Muestra	Feldespatos %	Cuarzo %	Líticos + Chert %
AG034-M1	11,39	69,62	18,99
AG160-M1	2,17	52,18	45,65
EGS001-M02	3,7	62,2	34,1
EGS004-M03	2,86	65,71	31,43
EGS011-M20	1,46	95,6	2,94
EGS012-M23	1,15	48,28	50,57
EGS021-M30	2,27	81,82	15,91
EGS025-M35	3,75	37,5	58,75
G004-M12	24,05	72,15	3,8
G017-M70,3	8,11	87,84	4,05
G020-M110	4,2	94,4	1,4
G025-M88	15,4	81,5	3,1
US3-M027	24,1	74,7	1,2
US3-M055	20,78	63,64	15,58
US6-M089	4,11	87,67	8,22
US7-M081	10,13	73,42	16,45

Tabla 34. Porcentaje de minerales esenciales de las Arenitas.

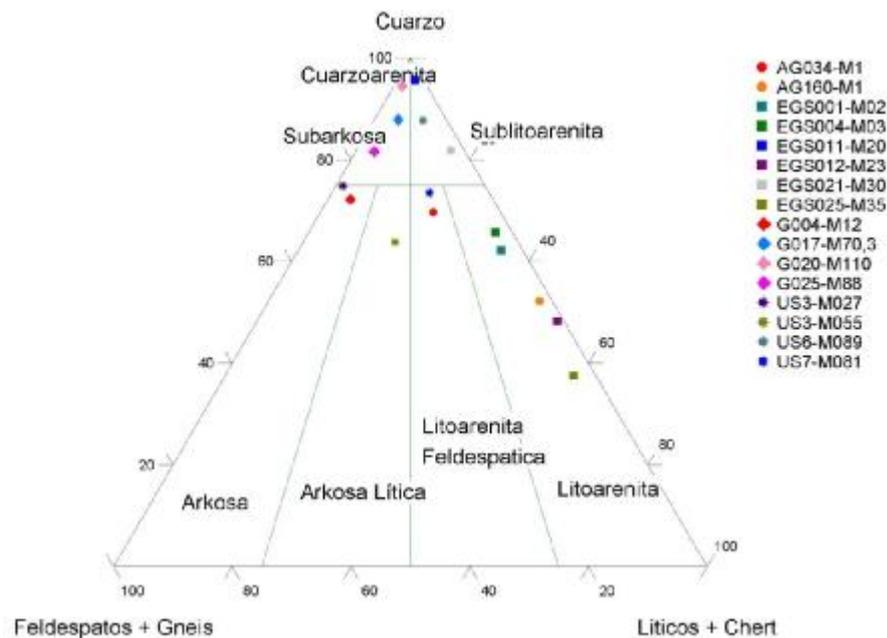


Figura 138. Triángulo de clasificación de arenitas (Folk 1968).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Muestra	Feldespatos %	Cuarzo %	Líticos + Chert %
AG034-M1	11,39	69,62	18,99
AG160-M1	2,17	52,18	45,65
EGS001-M02	3,7	62,2	34,1
EGS004-M03	2,86	65,71	31,43
EGS011-M20	1,46	95,6	2,94
EGS012-M23	1,15	48,28	50,57
EGS021-M30	2,27	81,82	15,91
EGS025-M35	3,75	37,5	58,75
G004-M12	24,05	72,15	3,8
G017-M70,3	8,11	87,84	4,05
G020-M110	4,2	94,4	1,4
G025-M88	15,4	81,5	3,1
US3-M027	24,1	74,7	1,2
US3-M055	20,78	63,64	15,58
US6-M089	4,11	87,67	8,22
US7-M081	10,13	73,42	16,45

Tabla 35. Porcentaje de Constituyentes de las Arenitas para la clasificación del Ambiente Tectónico (ver Figura138).

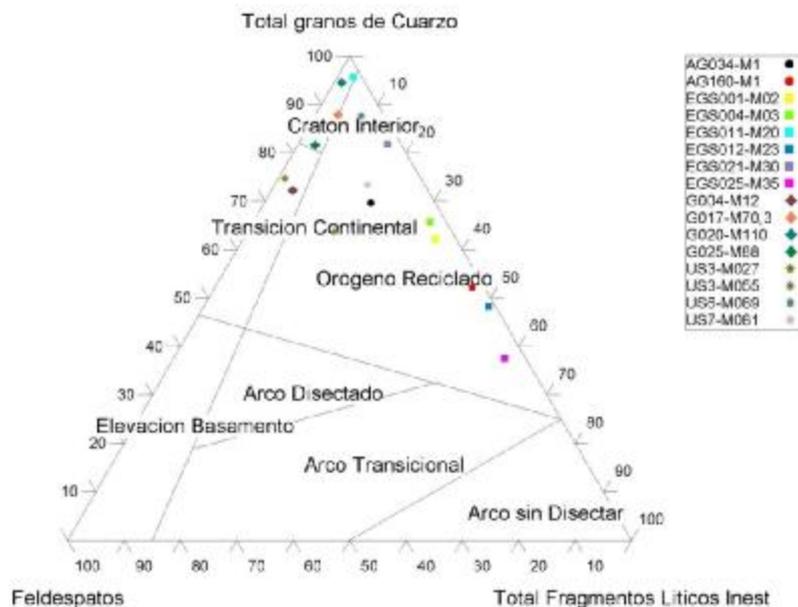


Figura 139. Relación entre el marco composicional de las arenitas y el ambiente tectónico relacionado a la Tabla 35. (Dickinson, Beard et al. 1983).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Derivados de sedimento					
Procedencia tectónica	Rocas fuente	Arena	Grava	Tipo de cuenca deposicional	Influencia del clima y transporte
Bloque continental					
A. Cratón interior	Basamento granítico y gnéisico; rocas sedimentarias y metasedimentarias subordinadas de cinturones marginales.	Cuarzoarenitas y secundarias arkosas; alta relación de feldespato K a plagioclasa; secundarias arenitas líticas.	Secundarias cuarcitas (?); muchos clastos probablemente no soporten el transporte (?).	Ajustes de plataforma, cuencas interiores, cuencas antepaís, márgenes continentales pasivas y de borde oceánico.	Bajo severas condiciones de humedad y largo transporte
B. Elevados bloques de basamento	Basamento granítico y gnéisico más cubierta sedimentaria o metasedimentaria posibles rocas volcánicas.	Arenitas feldespáticas y arkosas; secundarias arenitas líticas sedimentarias/ metasedimentarias o volcánicas.	Clastos de granito y gneis; secundarios los sedimentarios/ metasedimentarios o clásticos.	Límites de fallas en cuencas interiores, formadas por incipiente dislocación o fallamiento.	Probablemente debido a la mínima rápida erosión y corta distancia de transporte.
Arco magmático					
A. No disectado	Principalmente rocas volcánicas andesíticas a basálticas.	Arenitas líticas compuestas de fragmentos de roca volcánica y granos de plagioclasa; secundario cuarzo volcánico.	Clastos de andesita o basalto.	Cuencas antearco, trasarco e intraarco; trincheras; posibles cuencas de llanuras abisales.	Probablemente debido a la mínima rápida erosión y corta distancia de transporte.
B. Disectado	Rocas volcánicas andesíticas a basálticas; ígneas plutónicas, metaígneas (?).	Mezclas de fragmentos de derivados volcánicos y plagioclasa más feldespato K y cuarzo de fuentes plutónicas.	Andesita, basalto, ígneas plutónicas o clastos metaígneos.	Mismo que arcos no disectados	Moderado efecto del clima (?); mínimo efecto del transporte.

Tabla 36. Marco de la composición de las areniscas en relación con la procedencia tectónica (Parte 1). Fuente: Adaptado de Dickinson and Suczek (1979).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Derivados de sedimento					
Procedencia tectónica	Rocas fuente	Arena	Grava	Tipo de cuenca deposicional	Influencia del clima y transporte
Orogeno reciclado					
A. Complejos de subducción	Secuencias ofiolíticas (rocas ultramáficas, rocas volcánicas, chert); rocas verdes; argilitas, grauvacas; calizas; esquistos azules.	Chert un componente clave (puede exceder la combinación de cuarzo y feldespato); puede incluir fragmentos de roca sedimentaria, ultramáfica y volcánica.	Chert, rocas verdes, argilita, arenisca, caliza, serpentinita.	Cuencas antearco, trincheras; posibles cuencas de llanuras abisales.	Probablemente debido a la mínima rápida erosión y corta distancia de transporte.
B. Colisión de orógenos	Principalmente rocas sedimentarias y metasedimentarias; secuencias ofiolíticas subordinadas, rocas de basamento plutónico, rocas volcánicas.	contenido intermedio de cuarzo; alta relación cuarzo/feldespato; abundantes clastos sedimentarios y metasedimentarios, los cuales pueden incluir chert de terrenos de melange o calizas nodulares.	Clastos sedimentarios y metasedimentarios; secundarios ígneos plutónicos, clastos volcánicos, chert.	Cuenca oceánica remanente, Cuenca antearco, cuencas desarrolladas a lo largo de cinturones de sutura.	Probablemente moderada a mínima.
C. Cuencas antepaís elevadas	Principalmente sucesiones sedimentarias entre cinturones de empuje de pliegue; secundarias ígneas plutónicas, y rocas metamórficas(?).	La mayoría de diagnósticos es alto cuarzo con bajo contenido de feldespato; pero variable asociación de cuarzo, feldespato, chert	Clastos sedimentarios, chert, secundarios clastos de ígneas plutónicas o metamórficas.	Principalmente en cuencas antepaís	Probablemente moderada a mínima.

Tabla 37. Marco de la composición de las areniscas en relación con la procedencia tectónica (Parte 2). Fuente: Adaptado de Dickinson and Suczek (1979).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Muestras	Rocas Graníticas + Pórfidos	Cuarzo + Chert	Basaltos + Gabros + Rocas Básicas
Malla 1	13	49	38
Malla 2	11	39	50
Malla 3	8	17	75
Malla 4	9	14	77
Malla 5	4	18	78
Malla 6	7	11	82
Malla 7	3	10	87
Malla 8	12	7	81
Malla 9	23	5	72
Malla 10	8	26	66
Malla 11	15	22	63
Malla 12	16	24	60
Malla 13	11	33	56
Malla 14	7	38	55
Malla 15	8	29	63
Malla 16	5	25	70
Malla 17	4	15	81
Malla 18	6	12	82
Malla 19	5	10	85
Malla 20	1	7	92
Malla 21	3	12	85
Malla 22	4	33	63
Malla 23	3	3	94
Malla 24	3	0	97
Malla 25	5	6	89
Malla 26	12	4	84
Malla 27	2	0	98
Malla 28	13	0	87
Malla 29	5	13	82
Malla 30	11	24	65
Malla 31	5	0	95
Malla 32	0	81	19

Tabla 38. Constituyentes esenciales de clasificación de los conglomerados y el ambiente tectónico. Modificado de Dickinson, Beard et al (1983).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

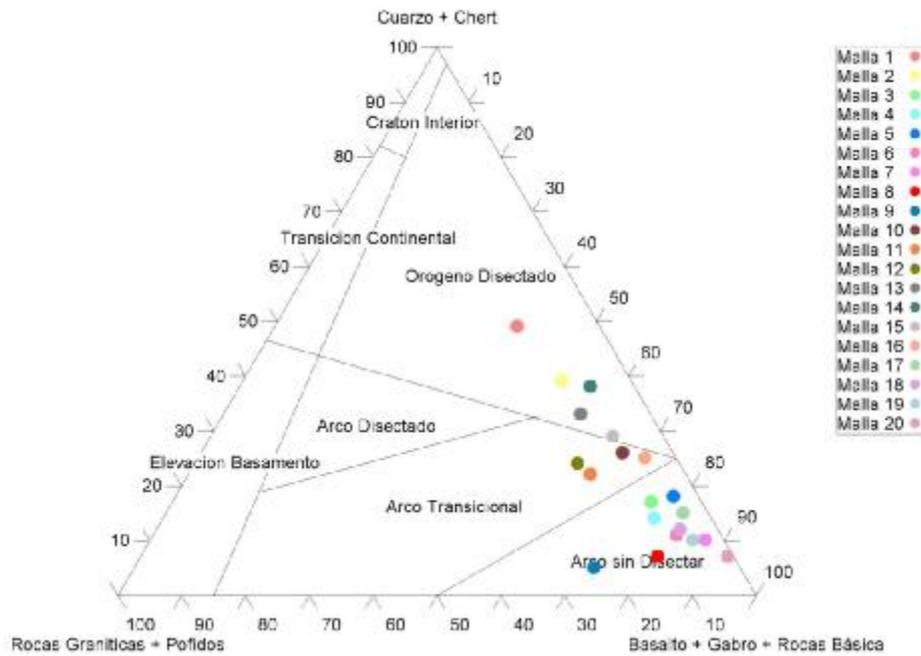


Figura 140. Relación entre el marco composicional de los conglomerados y el ambiente Tectónico relacionado a las Tablas 36,37, Mallas 1 - 20. Modificado de (Dickinson, Beard et al (1983).

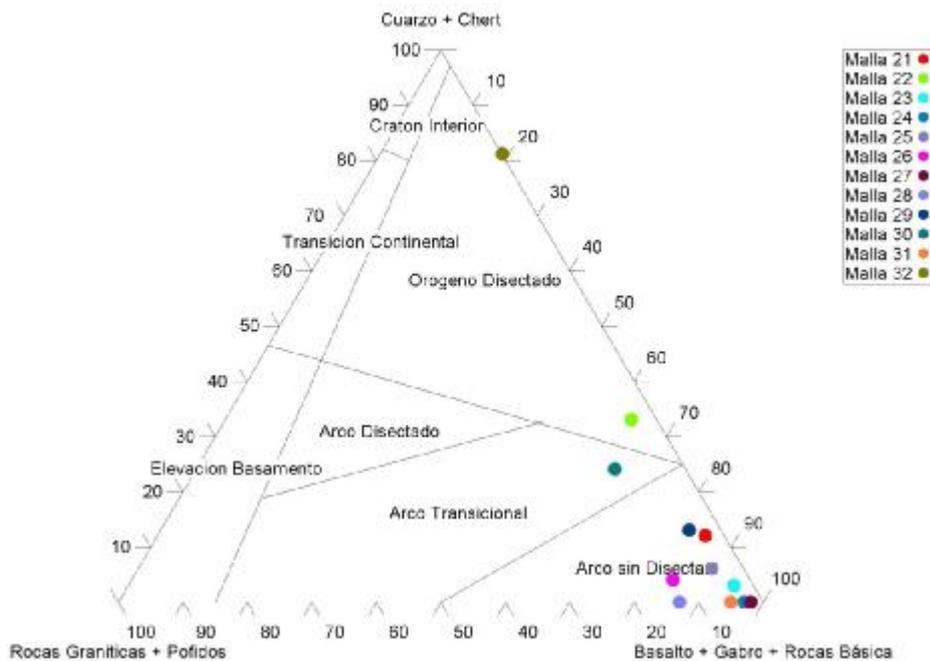


Figura 141. Relación entre el marco composicional de los conglomerados y el ambiente tectónico relacionado a las Tablas 36,37, Mallas 21 - 32. Modificado de Dickinson, Beard et al (1983).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



Como se puede observar en las figuras 139, 140 y 141, en la relación entre el marco composicional de las arenitas y el ambiente tectónico y en la relación entre el marco composicional de los conglomerados y el ambiente tectónico respectivamente, difieren totalmente, a causa de que en el caso de las arenitas siendo estas sedimentos más finos pueden ser transportadas distancias mucho mayores que los conglomerados, ya que las partículas son mucho más pequeñas y la fricción y el área de desgaste son más reducidos, haciendo que estas no sufran mayor deterioro y se puedan conservar durante su transporte y posterior depositación.

Respecto a los conglomerados estos no pueden ser transportados durante largas distancias, a causa de que las partículas por ser más gruesas pueden ser sometidas más fácilmente a un mayor desgaste y a una destrucción mecánica, producida por la fricción con otros sedimentos, haciendo que se pierdan las texturas y estructuras que hacen la identificación de la roca origen más fácil.

De acuerdo a esto podemos decir que el análisis realizado a las arenas arroja un grado mayor de incertidumbre comparado con los conglomerados, ya que la procedencia de los constituyentes de las arenas como el cuarzo y los feldespatos pueden ser derivadas de una gran variedad de rocas fuentes.

Como se refleja en la propuesta para los conglomerados del presente trabajo, el porcentaje de error es menor debido a que la relación composición - tamaño permite un análisis más aproximado conservando propiedades físicas y composicionales que puedan ayudar a determinar el área fuente, mostrando en este caso una relación estrecha con las unidades más cercanas a la Formación analizada.



13. RELACIÓN DE UNIDADES FUENTE

Una de las partes esenciales del presente trabajo es la relación de las unidades aportantes a los conglomerados de la Formación La Paila, ya que están compuestos por muchos fragmentos de roca, estos conservan texturas y estructuras que hacen que se pueda identificar más fácilmente, mostrando áreas fuentes de rocas ígneas plutónicas, volcánicas, metamórficas o sedimentarias, así se tiene en cuenta varios factores como los son:

La proximidad de las áreas que aportaron material, en los conglomerados son típicamente depositados más cerca a sus áreas fuentes, teniendo en cuenta este parámetro se hace más fiable los indicadores de procedencia.

Otro factor importante es la escala de dureza, a causa de la susceptibilidad que tiene los diferentes clases de fragmentos de roca a la destrucción química y mecánica durante el transporte pudiendo causar dificultades en la interpretación (Boggs 2003).

Abbott y Peterson (1978) experimentaron en varias clases de clastos para determinar durabilidad a la abrasión y al transporte (Tabla 39), mostraron que cuando una cantidad de clastos mixtos son transportados por un tiempo corto (Equivale a una distancia corta de transporte), al final la cantidad de clastos difieren poco del montaje original.

INCREMENTO EN LA DURABILIDAD 	CHERT CUARCITA RIOLITA	ULTRADURABLE
	METABRECHA OBSIDIANA METAARENITA	DURABLE
	GNEIS GRANODIORITA GABRO BASALTO	MODERADAMENTE DURABLE
	MARMOL ESQUISTO	DEBILMENTE DURABLE

Tabla 39. Escala de durabilidad de clastos (Abbott y Peterson 1978).

Los fragmentos de roca los cuales se identificaron y cuantificaron mediante un conteo al azar, de tamaños guijos, guijarros y bloques que se encuentran en dicha formación, son:

- Basalto
- Gabro
- Metagabro
- Anfibolita
- Chert
- Andesitas*
- Pórfidos Dacíticos
- Metagabros
- Brechas (Basaltos Brechados)
- Granodioritas

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



*Las andesitas encontradas solo se identificaron mediante sección delgada, por su alta dificultad para identificarse en muestra de mano, en consecuencia no se registran en los diagramas pastel ya que estas estarían en el porcentaje final de los Basaltos.

INCREMENTO EN LA DURABILIDAD 	CHERT CUARZO CUARCITA*	ULTRADURABLE
	BRECHA	DURABLE
	BASALTO GRANODIORITA GABRO DACITAS ANDESITAS	MODERADAMENTE DURABLE
	ESQUISTO**	DEBILMENTE DURABLE

Tabla 40. Equivalencia de los clastos encontrados en la Formación La Paila y la escala de durabilidad según Abbott y Peterson (1978).

*Las cuarcitas a pesar que están en la escala de durabilidad como ultra- durables, no tiene una presencia relevante por su bajo contenido en los conglomerados, esto posiblemente es causado por: el área fuente se encuentra muy alejada, una baja erosión de la roca fuente o poca exposición de esta (Figura 12 y 16).

**Los esquistos se presentan en muy bajo porcentaje (Figura 27), debido a la poca durabilidad que tienen.



Los clastos de la formación La Paila como se puede observar en los diagramas pastel (Figuras 10 – 80), tienen un claro predominio de rocas moderadamente durables como rocas volcánicas y plutónicas como lo son los basaltos y los gabros respectivamente.

Se hizo una petrografía detallada, se analizaron 15 clastos pertenecientes a los conglomerados, que fueran representativos y algunos desconocidos en muestra de mano, fueron clasificados según el autor apropiado, ya si fuesen rocas plutónicas, volcánicas, metamórficas etc.

Se involucro la Geología regional y la durabilidad de los clastos para hacer la siguiente relación:

13. 1 COMPLEJO CAJAMARCA (Pzc)

Predominan dos tipos de esquistos de bajo grado intercalados con cuarcitas y localmente con mármoles: esquistos verdes y esquistos grafiticos o negros.

Esquistos grafiticos: Estas rocas se podrían describir como esquistos cuarzosericíticos aunque denominarlos grafiticos o negros. Los minerales constituyentes, cuarzo y sericita, comprenden entre el 90 - 95% de la roca; grafito es un accesorio común presente como polvo fino distribuido a través de la roca. En cantidades variables menores incluyen también albita, clorita, epidota, apatito, zircón, rutilo, turmalina y pirita.



13. 2 COMPLEJO ARQUÍA

En la cartografía geológica del Valle del Cauca (De Armas 1985; McCourt 1985; McCourt y Verdugo 1985; McCourt, Mosquera et al. 1985a; McCourt, Millward et al. 1985b) se han diferenciado en el Complejo Arquía tres unidades litológicas: Esquistos Básicos de Bugalagrande, Anfibolitas de Rosario y Metagabroides de Bolo Azul.

13.2.1 Esquistos Básicos de Bugalagrande (Pzb)

Forman la mayor parte del flanco occidental de la Cordillera Central. Pzb consiste en esquistos anfibólico-cloríticos y esquistos grafiticos (“negros”) con cantidades subordinadas de esquistos micáceos, cuarcitas y samitas. Los diferentes tipos de esquistos están íntimamente mezclados a través de la unidad aunque alguno predomina localmente; la cartografía detallada muestra que de anfibólico-cloríticos pasan gradualmente a grafiticos que en sí mismos varían entre ricos en grafito y cuarzo-sericíticos casi idénticos a los del Complejo Cajamarca.

Cuarcitas y samitas. En algunas secciones son relativamente comunes las rocas meta-arenáceas; el principal ejemplo es una cuarcita azul grisácea fino-laminada intercalada con los esquistos grafiticos expuesta a lo largo del Río Bugalagrande aguas abajo de Alegrías (Nelson, 1957).

Debido a que en las “inmediaciones” de la Formación La Paila la unidad que ha reportado una litología como cuarcitas y esquistos cuarzo-sericíticos es el Complejo Arquía, posiblemente este complejo es el que aportó las cuarcitas (Figura 12 y 16) y los esquistos cuarzo-sericíticos tabulados en la malla 8 (Figura 27).



No obstante los Esquistos Básicos de Bugalagrande pertenecientes al Complejo Quebradagrande, posee Esquistos Cuarzo sericíticos, estas no se deben eliminar de la composición final de los conglomerados, otro factor relacionado como fuente, es la relativa cercanía entre los complejos y la Formación La Paila.

Los Complejos Cajamarca y Quebradagrande debido a que son los más lejanos, los materiales erodados de estos Complejos como los esquistos probablemente fueron más transportados y según Abbott y Peterson (1978) su durabilidad es muy baja, es decir, el aporte de estas unidades debió ser mínimo, en conclusión, el complejo Arquía es el área fuente más cercana y posiblemente la que aportó la mayoría de este tipo de sedimentos al abanico aluvial.

13.2.2. Anfibolitas de Rosario (Pzr)

Mineralógicamente contienen plagioclasa --generalmente albita y menos frecuente oligoclasa-- y hornblenda-edenita con cantidades variables de almandino, cuarzo y epidota. Accesorios comunes son rutilo, esfena, óxidos de hierro y más raramente apatito, con clorita secundaria desarrollada a partir de anfíbol. Hornblenda y plagioclasa constituyen más del 85% de la roca.

La muestra EGS 025 M32 (Figura 113) corresponde a una Anfibolita que presenta plagioclasa aproximadamente en un 50% y Hornblenda en un 45% entre estos dos minerales constituyen más del 95% de la roca y como minerales accesorios se tiene cuarzo y epidota, por su bajo porcentaje el cual no sobrepasa el 5 %, es decir, las anfibolitas encontradas en la Formación La Paila provengan de las Anfibolitas de Rosario, correspondiente al Complejo Arquía.



13.2.3. Metagabroides de Bolo Azul (Pzba)

En sección delgada consisten en hornblenda y plagioclasa (albita oligoclasa) con cantidades menores de epidota, clorita, esfena, calcita y cuarzo. La mayoría presentan textura ígnea con reliquias de plagioclasas zonadas.

Las Muestras EGS 005 - M05 Y EGS O12 – M21 (figuras 94, 95, 105 y 106) corresponden a Metagabros que presentan en sección delgada Hornblenda, plagioclasa (oligoclasa - labradorita) y actinolita con cantidades mayores al 85% de estos tres componentes y en menor proporción cuarzo y clorita (15%). Hay presencia de Plagioclasas zonadas.

Los Metagabroides de Bolo Azul que hacen parte del Complejo Arquía pueden ser correlacionados con los metagabros encontrados en la Formación La Paila, siendo esta la fuente de este tipo de clastos.

Se debe tener en cuenta un posible aporte de Anfibolitas Gabros, Microgabros y Metagabros encontrados en los Conglomerados de la Formación la Paila por parte del Macizo Ofiolítico de Ginebra, litológicamente compuesto por una secuencia de peridotitas, gabros bandeados cumúlitos, microgabros, metabasaltos, tobas, microbrechas y hialoclastitas. Los gabros y rocas superiores están atravesados por diques de dolerita y venas de plagiogranito. El macizo está constituido en su mayor parte por anfibolitas producidas por metamorfismo de microgabros y basaltos (Nivia 1987); este macizo parece tener sectorizada la litología y muchos sus componentes, no se encuentran en la parte septentrional del área de estudio donde se encuentra la Formación la Paila, siendo que no se encontraron clastos como microbrechas o hialoclastitas, pero hay un porcentaje poco representativo de clastos de rocas básicas (Figura 18), posiblemente esto evidenciaría el aporte de este macizo a los conglomerados de la Formación.



13. 5 FORMACIÓN AMAIME (Ka)

Con este nombre se hace referencia a las vulcanitas básicas que afloran a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central. La unidad consiste en una serie de basaltos toleíticos masivos con abundantes horizontes de lavas almohadilladas. Localmente se han reportado lavas ultramáficas (Spadea, Espinosa et al. 1989).

Los fragmentos encontrados en el conteo geostadístico de la Formación La Paila de composición basaltos y andesitas, podrían haber sido aportados por la Formación Amaime, que tiene una litología representada por basaltos toleíticos, también puede haber un aporte del Complejo Quebradagrande , el complejo varía de basaltos a dacitas con predominio de andesitas basálticas y andesitas (Le Bas, Le Maitre et al. 1986).

Mediante análisis Geoquímicos (Tabla 41), se procesaron los resultados con los Diagramas TAS (Cox, Bell et al. 1979) para Rocas Plutónicas (Figura 142), y TAS (Le Bas, Le Maitre et al. 1986) Para Rocas Volcánicas (Figura 143), clasificándose químicamente:

- (o)EGS 005-M05: Gabro
- (Δ)EGS 009-M13: Andesita
- (+)EGS 011-M36: Dacita
- (x)EGS 012-M21: Gabro

En el análisis petrográfico las muestras que se les hicieron análisis geoquímicos se clasificaron según Streckeisen (1974):

- EGS 005-M05: Metagabro
- EGS 009-M13: Andesita
- EGS 011-M36: Pórfido Dacítico

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



EGS 012-M21: Metagabro

Según los dos tipos de análisis y sus respectivos resultados muestran una correlación exacta, disminuyendo el porcentaje de error.

De acuerdo con las rocas analizadas, estas hacen parte de la serie subcalina/toleítica, genéticamente vinculadas a un arco magmático, correspondiendo al análisis estadístico de los conglomerados, de acuerdo con el diagrama modificado de Dickinson, Beard et al (1983), propuesto en el presente trabajo.

También se asocia a una zona de subducción, entre corteza oceánica y corteza continental evidenciado serie calco alcalina (ver Figura 142), además existe una contaminación del magma evidenciado en la alta concentración de LILE (Ba, Rb, Th, K, Sr) (ver Figura 143).

Muestra	Elementos Mayores										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
M05	50,89	1,17	15,54		8,67	0,13	7,81	8,21	2,99	0,93	0,2
M13	59,29	0,53	16,88		6,53	0,09	1,7	6,09	3,07	1,24	0,22
M36	65,64	0,35	15,8		3,68	0,06	1,8	3,24	4,64	1,99	0,16
M21	48,4	0,57	15,7		8,85	0,15	10,06	12,57	1,36	0,12	0,06

Tabla 41. Análisis químicos de clastos pertenecientes a los conglomerados de la Formación La Paila.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

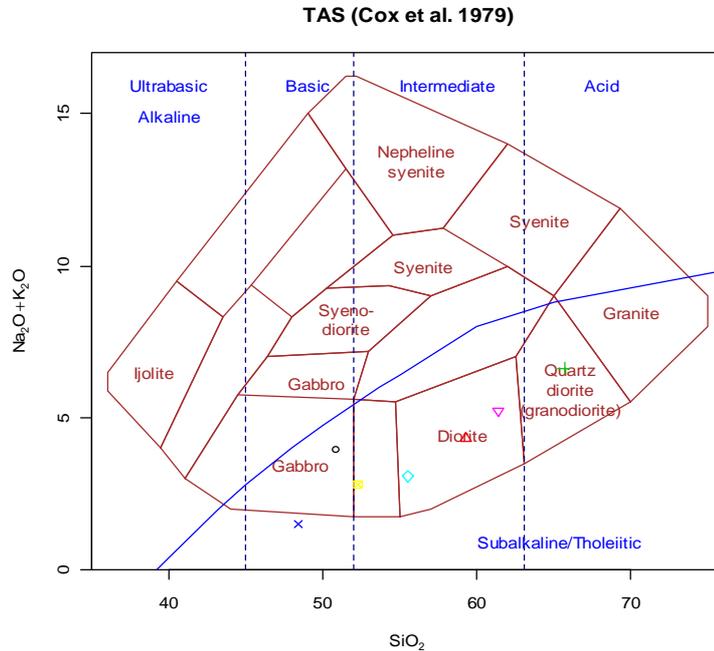


Figura 142. Diagrama de clasificación química de Rocas Plutónicas. (○)EGS 005-M05: Gabro, (△) EGS 009-M13: Andesita, (+) EGS 011-M36: Dacita, (x) EGS 012-M21: Gabro.

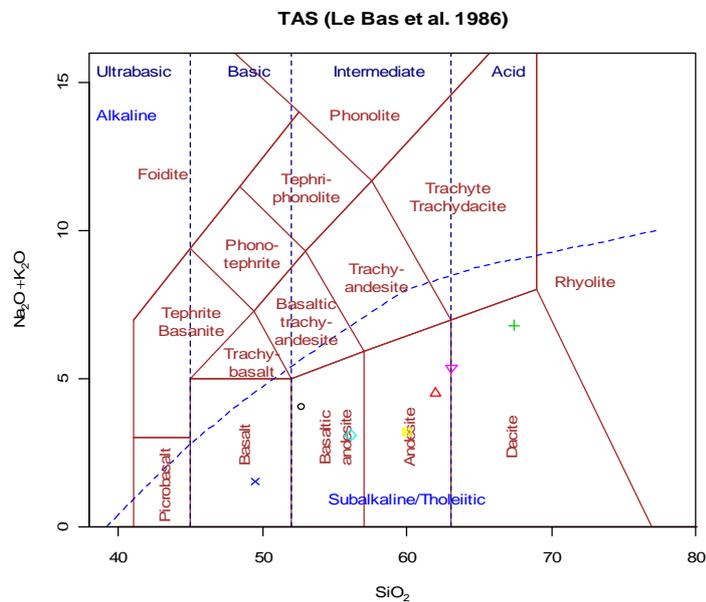


Figura 143. Diagrama de clasificación química de Rocas Volcánicas. (○)EGS 005-M05: Gabro, (△) EGS 009-M13: Andesita, (+) EGS 011-M36: Dacita, (x) EGS 012-M21: Gabro.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

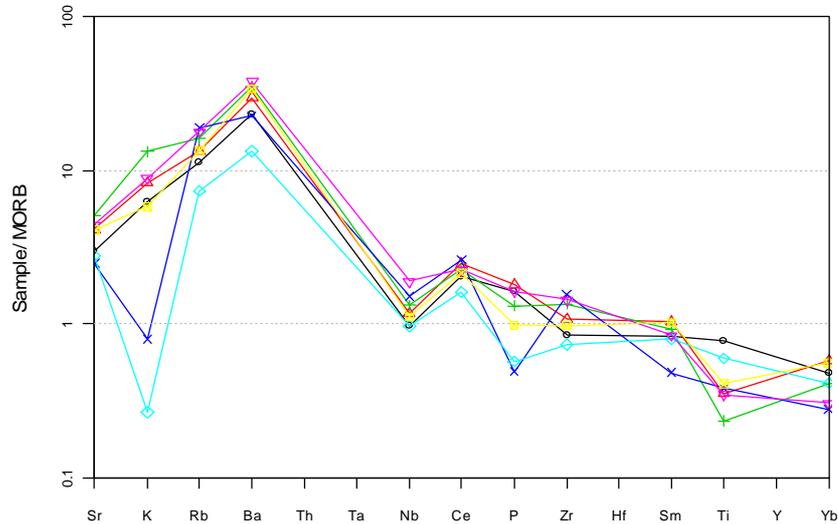


Figura 144. Diagrama de normalización a MORB según (Pearce 1982), donde pertenecen a las Muestras (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ)EGS 009-M13: Andesita, (+)EGS 011-M36:Dacita, (x)EGS 012-M21: Gabro.

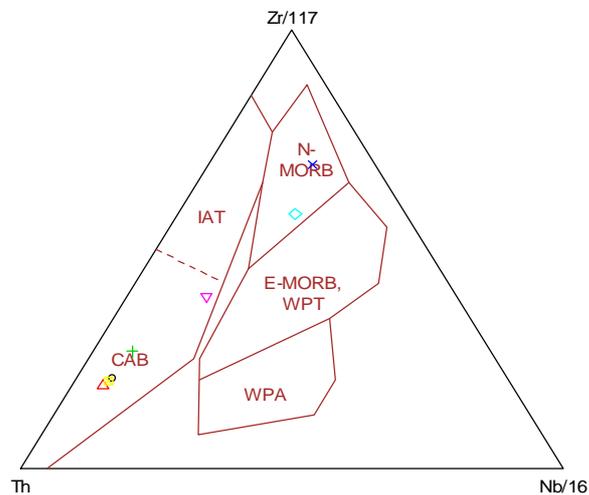


Figura 145. Diagrama de clasificación tectomagmática (Wood 1980), IAT Arco de Isla Toleíticos; CAB Basaltos Calco Alcalinos; N-MORB Basaltos de Ridge Centro Oceánicos Tipo N; E-MORB Basaltos de Ridge Centro Oceánicos Tipo E; WPT Toleítas Intraplaca; WPA Basaltos Toleíticos Intraplaca. (o)EGS 005-M05: Gabro, (Δ)EGS 009-M13: Andesita, (+)EGS 011-M36:Dacita, (x)EGS 012-M21: Gabro.



13. 7 BATOLITO DE BUGA (Kcd-t)

Composición: varía de cuarzodiorita hornbléndica a tonalita con variaciones a diorita hornbléndica en sus contactos, particularmente en el occidental con los meta-basaltos del Macizo de Ginebra. Presenta textura hipidiomórfica de tamaño medio de cristales, caracterizada por, tabletas subhedrales de plagioclasa, prismas cortos de hornblenda, cuarzos anhedrales gruesos y cantidades variables de biotita subhedral. Las plagioclasas se presentan zonadas y su composición varía de labradorita-andesina a oligoclasa; la hornblenda, generalmente fresca, está asociada con glomero-pórfidos de cuarzo.

Esta unidad se podría relacionar a los clastos de rocas graníticas encontradas en los conglomerados, la muestra representativa de este tipo fue clasificada como Cuarzo Hornblendica (Tabla 16). Esta presenta una textura Holocristalina Porfirítica, plagioclasas zonadas y de forma subhedral de composición andesina, cuarzo y feldespatos, minerales accesorios como clinzoisita, moscovita y Epidota.

13.8 SERIE PORFIRÍTICA (Ta, Tda)

Son pórfidos de composición andésítica - dacítica, consisten en fenocristales euhedrales de plagioclasa, cuarzo en menor proporción y ocasionalmente hornblenda, embebidos en una matriz fino-cristalina de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda en proporciones variadas. Los fenocristales de plagioclasa muestran zonación oscilatoria y los de cuarzo se presentan en cristales sub-redondeados con bordes muy suaves. Los fenocristales presentan fracturamiento menor atribuido a movimientos recientes a lo largo de las fallas regionales que controlan la distribución de los diques (McCourt, 1984a).

Esta unidad se podría relacionar con los clastos de rocas Dacíticas encontradas en los conglomerados, las muestras representativas de este tipo son EGS 011 M17, EGS 011 M18 Y EGS 011 M36, fueron clasificadas como dacitas (Tablas 10,11 y 13). Presentan una textura Holocristalina Porfírica, donde matriz esta compuesta principalmente por cuarzo, los fenocristales compuestos por Cuarzo, plagioclasa, Biotita, Mica Moscovita y hornblenda. También aparecen algunas plagioclasas zonadas y los cuarzos tiene formas que van de hexagonales a Octagonales (ver figuras 103 y 104).

Los pórfidos dacíticos encontrados en los conglomerados de la Formación La Paila presentan su mayor proporción en la sección La Paila–Sevilla, ya que en las otras secciones se presentan en porcentajes muy bajos. De acuerdo con Nivia (2001) estos pórfidos serían relacionados a diques y silos porfíricos de composición andesíticos – Dacíticos que intruyeron dichas unidades aprovechando el sistema de fallas Norte – Sur; posteriormente fueron erodados lo que ocasiono la deposición de los clastos que se presentan en estos lugares. Dichas intrusiones no han sido definidas claramente por ningún autor, inicialmente se encuentran ubicados en la localidad de La Albania al SE de Buga, pero según su presencia en las distintas secciones trabajadas donde se analizó los conglomerados se deben encontrar cuerpos localizados más hacia el norte, de esta manera se podría explicar dicha litología en los conglomerados.

13. 9 FORMACIÓN NOGALES (Kn)

Está constituida por una serie de cherts, areniscas y conglomerados. Escamas corticales de composición Similar, pero de dimensiones no representables a la

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila

Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez



escala del mapa, se presentan al norte y sur del afloramiento de la Formación Nogales, asociadas a los basaltos de la Formación Amaime.

Los cherts encontrados en las diferentes secciones pueden estar vinculados a un retrabajamiento de los fragmentos de roca de la parte conglomerática, pertenecientes a la Formación Nogales, ya que esta unidad se encuentra ubicada hacia la parte centro-occidente de la Formación Amaime, muy próxima a los conglomerados.

Otro de los factores que se tiene que tener en cuenta es que los cherts aparecen predominantemente en las secciones La Paila – Sevilla y en La Vía Cartago Alcalá (Figura 10 y 80) y en una baja proporción en las demás secciones respecto a las anteriores, aun no se sabe cuál es la base o el techo de la Formación siendo esta una causa por la cual no es claro si en un tiempo determinado de la depositación del abanico aluvial la Formación Nogales fue fuertemente erodada.

La Formación La Paila probablemente no presenta otra litología aportada por Nogales puesto que está compuesta en su gran mayoría por sedimentos finos, Segmento 1: arenítico-calcáreo y conglomerático, Segmento 2: lutítico-volcanoclástico-silíceo, Segmento 3: lutítico-arenítico (Pardo-Trujillo, Moreno-Sánchez et al. 2002), de acuerdo a lo anterior la durabilidad de que tienen estos sedimentos en el transporte es muy baja lo que descartaría un aporte de ellos en el abanico.

Los cuarzos pueden tener múltiples áreas fuentes, porque pueden ser derivados de rocas sedimentarias, ígneas plutónicas y metamórficas, ya que todas las formaciones aledañas composicionalmente presentan cuarzo.

Colombia se encuentra tectónicamente afectada por múltiples sistemas de fallas lo que hace que existan grandes debilidades favoreciendo el emplazamiento de los cuerpos Magmáticos para cristalizar en forma de silos, diques etc.



14. DEFINICION DE LA PROCEDENCIA

Los estudios más comunes sobre procedencia son los de las arenitas, ya que estas son más abundantes, pero en secciones estratigráficas en las que aparecen los conglomerados proporcionan información más precisa en la interpretación de procedencia, no obstante la interpretación del ambiente deposicional es algo más complicado porque en ocasiones no están lo suficientemente representadas las áreas fuente.

Como se puede observar en las figuras 140 y 141 en las cuales se procesaron los componentes propuestos de cada malla, para determinar la procedencia de los conglomerados polimícticos se tiene una aglomeración de puntos mayor al 50% de las mallas estudiadas en arcos sin disectar.

Los arcos magmáticos consisten en montañas volcánicas localizadas a lo largo de arcos de isla activos o en algunas márgenes continentales (Cordillera Central), los arcos sin disectar "jóvenes" tienden a tener una cercana continua cubierta de rocas volcánicas, por eso, ampliamente restos volcánicos son emitidos de estos arcos, estos restos para la procedencia tectónica en arenitas consisten en gran parte de Feldespatos como plagioclasas y fragmentos líticos volcánicos, muchos de los cuales tiene fenocristales de plagioclasa, para el caso de los conglomerados la mayor proporción de los clastos serian netamente volcánicos máficos y graníticos.

Un porcentaje bajo de puntos se encuentra en Arco Transicional y Orógeno Reciclado, por consecuencia de un alto contenido de chert en las mallas respectivas. En síntesis el aporte de las rocas fuente para la formación de estos conglomerados están genéticamente relacionados a un arco magmático.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Con la petrografía detallada que se realizó a muestras representativas de los conglomerados se hizo una propuesta de una fuente específica vista en la sección anterior.

Composicionalmente los conglomerados polimícticos tienen un alto predominio de clastos como basaltos, gabros, metagabros, anfíbolitas, cherts, cuarcos lechosos, pórfidos dacíticos y granodioritas. Apoyados en las tablas 36 y 37 adaptadas de Dickinson y Suczek (1979) se muestra un arco magmático sin disectar.

Otro factor por el cual se puede verificar la autenticidad de la nueva modificación y adaptación de los diagramas ternarios de Dickinson y Beard et al (1983) son los análisis geoquímicos realizados a cuatro muestras recolectadas (ver Figura 142) las cuales muestran una serie toleítica, siendo estas producto de arcos Magmáticos.



15. EVOLUCION GEOLOGICA DE LA REGION

La amalgamación del terreno Calima al terreno Tahamí es uno de los fenómenos más fundamentales en la formación de los Andes septentrionales, ya que por primera vez en la historia Mesozoica de la región se produjo acreción de un dominio de origen oceánico con uno continental. Este tectonismo, que marco profundamente la región, está caracterizado por una serie de fenómenos interrelacionados entre sí y de los cuales los principales son el emplazamiento de conjuntos ultrabásicos y básicos en la cordillera Central (Toussaint 1999).

Esta serie de eventos dieron origen a un arco magmático, siendo este el ambiente tectónico de las áreas fuente que aportaron los sedimentos para la posterior formación de un abanico aluvial que dio lugar a la Formación La Paila.

El terreno Tahamí comprende esencialmente la parte septentrional de la cordillera Central, ha sufrido varios eventos tectometamórficos de edades Precámbricas (?). Es muy probable que este terreno este compuesto de varios terrenos más pequeños, al menos en su parte occidental está compuesta de varios bloques todavía difíciles de delimitar. El terreno Calima esta constituido esencialmente por rocas ígneas básicas y ultrabásicas, asociadas a sedimentos marinos tales como turbiditas y cherts. Fue afectado por varios eventos tectometamórficos que permitieron, en particular, la formación de un cinturón metamórfico de media a alta presión, de edad Cretácica temprana y que aflora actualmente en el borde occidental de la cordillera Central. La edad de los conjuntos geológicos no se ha precisado totalmente pues es probable que este sea un megaterreno constituido por varios terrenos que no se han diferenciado totalmente (Toussaint 1999).

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

En el Mioceno después de estar acrecionado al PLOCO la Formación Amaime, Formación Nogales, Macizo Ofiolítico de Ginebra y el emplazamiento del batolito de Buga y producirse los diferentes procesos de levantamiento por un ambiente compresivo que está altamente afectado por fallas a causa de esfuerzos compresivos ejercidos por la Placa Nazca sobre la Sudamericana haciendo que estas unidades quedaran expuestas para su erosión y meteorización siendo estas las áreas que aportaron material para la formación del abanico aluvial, los cuales se caracterizan por hallarse localizados en zonas donde existe una ruptura de pendiente importante durante su periodo sedimentario.

Este abanico aluvial corresponde a un cuerpo sedimentario de acumulación de materiales, debido a un reajuste producto de la variación de las condiciones de equilibrio, relacionándose entonces en muchos casos a controles tectónicos.

Este reajuste se debió a la elevación de las aéreas fuentes donde estas se erodaron y comenzaron a aportar material para la formación del abanico en sus facies más gruesas (Conglomerados).

El análisis de procedencia y el análisis facial teniendo como eje principal los conglomerados, son una de las claves para hallar el abanico proximal.

La forma general del abanico aluvial es parecida a la de un cono con el vértice en el ápice, para este caso su geoforma original ha sido borrada por los procesos tectónicos y erosivos, mostrando estructuras como pliegues Anticlinales y Sinclinales.

Las áreas fuentes tuvieron una mayor superficie expuesta haciendo que estas sean más propensas a la erosión, para este caso según el análisis petrográfico y su previa relación fueron el Complejo Arquía, la Formación Amaime, el Complejo Ofiolítico de Ginebra y el Batolito de Buga; de acuerdo al trabajo geoestadístico predominaron fragmentos de roca pertenecientes a estas unidades, lo que pudo formar una gran superficie del abanico aluvial relacionado.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Como se puede observar en la relación establecida de las columnas 3D (Anexo F), no se tiene una gran cantidad representativa de sedimentos finos, esto conlleva a que el predominio de los sedimentos gruesos establecieron una limitación areal del abanico siendo esta una dependencia litológica, donde posiblemente la influencia del clima y el transporte fue mínimo debido a una rápida erosión y un corto transporte de los fragmentos de roca.

Los abanicos aluviales también están limitados por el tamaño de los sedimentos, para este caso el abanico tiene una alta proporción de materiales gruesos (Conglomerados), esto produce que el abanico formado fue probablemente inclinado pero de menor prolongación.

Según una alta concentración de algunos tipos de clastos como pórfidos y chert en las secciones La Paila – Sevilla y Cartago – Alcalá, probablemente se podría pensar que no existía solo un gran abanico sino hubieran podido ser un par de abanicos coalescentes, uno de ellos ubicado al norte y el segundo al sur de la Formación La Paila, su tamaño y extensión no se pueden determinar por falta de estudios estratigráficos detallados que aporten mayor cantidad de datos que los ahora existentes.

En los conglomerados de esta Formación se puede observar procesos químicos evidenciados por su color rojo o naranja (pardo amarillento) donde se ha oxidado el Hierro a causa de estar en un ambiente subaéreo.



16. CONCLUSIONES

- La procedencia de los materiales de los conglomerados de la Formación La Paila se determinaron a través de la metodología modificada y adaptada de Dickinson, Beard et al (1983), la cual mostro que estos materiales fueron aportados por un Arco Magmático sin Disectar (cordillera central).
- Realizando una petrografía detallada, se pudo Identificar los tipos de roca que hacen parte de los conglomerados, los cuales varían entre basaltos, andesitas, gabros, metagabros, anfibolitas, granodioritas y en muestra de mano chert, esquistos cuarzo sericíticos, rocas máficas, etc.
- Con esta petrografía detallada se pudo correlacionar las áreas fuentes específicas que aportaron los materiales para la formación de las facies gruesas del abanico aluvial.
- La geometría exacta de la malla con la que se obtuvieron los porcentajes de clastos permitió una confiabilidad en la toma de los datos con una distribución igual entre clasto y clasto en todos los afloramientos.
- Mediante los análisis geoestadístico realizados en los conglomerados se determino el porcentaje de clastos que predominan en la Formación La Paila, específicamente fueron Basaltos y Gabros los cuales se encuentran con mayor abundancia.
- A través de las características y composición de la matriz de los conglomerados aplicando la metodología de (Dickinson, Beard et al. 1983), se pudo mostrar una diferencia en los resultados esperados entre un

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

análisis realizado en arenitas y otro en conglomerados con la metodología propuesta.

- Las características generales del depósito son un alto porcentaje de Facies conglomeráticas, las cuales se presentan levemente imbricadas, Clasto soportas Masivas, Matriz soportas, etc. También se tiene un alto grado de oxidación por la exposición subaérea que ha tenido el depósito.

- Se realizó el modelo evolutivo donde el levantamiento y erosión de las áreas fuentes determinadas mediante relaciones petrográficas, intervinieron en el origen de los conglomerados del abanico aluvial que dio lugar a la Formación La Paila.



17. RECOMENDACIONES

- Realizar mallas a mayor detalle, preferiblemente cada 20 metros con el objetivo de recolectar mayor cantidad de datos.
- Se debe realizar una petrografía detallada a una cantidad más representativa de clastos que se encuentran en la Formación La Paila.
- Hacer una descripción petrográfica detallada a todas las unidades que en este trabajo se mencionan como posibles áreas fuentes de los conglomerados de la Formación la Paila, para así disminuir el porcentaje de error en la relación que se establece en el presente trabajo.
- Realizar dataciones radiométricas a los clastos para establecer relaciones geocronológicas con las unidades aportantes.
- Establecer la ubicación y composición de los pórfidos que posiblemente se encuentran cerca a la Formación La Paila
- Realizar un estudio de paleocorrientes en el que se puedan establecer direcciones de flujo y así determinar el sentido de la depositación.
- Realizar un modelo de la evolución tectónica de la zona para determinar la posición actual de los bloques.



BIBLIOGRAFIA

Abbott, P. L. and G. L. Peterson (1978). "Effect of abrasion durability on conglomerate clast populations: examples from Cretaceous and Eocene conglomerates of the San Diego area, California." *Jour. Sed. Petrology* **48**: 31-42.

Alvarez, J. (1983). "Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso-Cenozoicos." *Boletín Geológico, Ingeominas* **26**: 1-175.

Álvarez, J. (1983). "Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso-Cenozoicos." *Boletín Geológico, Ingeominas* **26**: 1-175.

Aspden, J. A., W. J. McCourt, et al. (1987). "Geometrical control of subduction-related magmatism: the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of Western Colombia." *Journal of the Geological Society, London* **144**: 893-905.

Barbosa, G. (2003). "Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Departamento del Cauca a escala 1:250.000." (INGEOMINAS Cali en revisión): 221 p.

Barrero, D. (1979). "Geology of the central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia." *Publicación Geológica Especial. Universidad Nacional. Medellín*: 1-75.

Bermúdez, A., M. Garzón, et al. (1985). *Estudio gravimétrico del Valle del Río Cauca, Departamento del Valle. Bogotá, Ingeominas.*

Boggs, J. S. (2003). *Petrology of Sedimentary Rocks. Caldwell, New Jersey, The Blackburn Press.*

Brook, M. (1984). *New radiometric ages data from S.W. Colombia. Cali, Ingeominas*: 1-25.

Coleman, R. G. (1977). "Ophiolites. Springer-Verlag. Berlín." 229 p.

Cox, K. G., J. D. Bell, et al. (1979). "The interpretations of igneous rocks." *George Allen and Unwin, London.*

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

De Porta, J. (1974). Lexique stratigraphique, Amérique Latine. Colombie (deuxième partie), Tertiaire et Quaternaire. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.

Dickinson, W. R., L. S. Beard, et al. (1983). "Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting." *Geol. Soc. America Bull* **94**: 222 - 235.

Dickinson, W. R. and C. Suczek (1979). "Plate tectonics and sandstone composition." *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* **63**(12): 2164-2182.

Dueñas, H. and H. Duque Caro (1988). Determinaciones Palinológicas y Micropaleontológicas del Proyecto Cauca-Patía BIOS, LTDA. *Ecopetrol*. **114**.

Espinosa, A. (1985). El Macizo de Ginebra (V), una nueva secuencia ofiolítica sobre el Flanco Occidental de La Cordillera Central. VI Congreso Latinoamericano de Geología, Bogotá.

Folk, R. L. (1968). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas, Hemphill.

Gómez-Cruz, A. d. J., M. Moreno-Sánchez, et al. (1995). "Edad y origen del "complejo metasedimentario Aranzazu-Manizales" en los alrededores de Manizales (departamento de Caldas, Colombia)." *Geología colombiana* **19**: 83-93.

González, H. (1980). "Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina)." *Boletín Geológico, Ingeominas* **23**(1): 1-174.

González, H. (1980a). "Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina)." *Boletín Geológico, Ingeominas* **23/1**: 174p.

Hubach, E. and B. Alvarado (1934). *Geología de los departamentos del Valle y Cauca en especial el carbón*. Bogotá, Servicio Geológico Nacional.

Keith, J. F., J. M. Rine, et al. (1988). *Frontier Basins of Colombia. Valle del Cauca Field Report*, *Ecopetrol. Earth Sciences and Resources Institute. University of South Carolina*. **I**: 319 p.

Le Bas, M. J., R. W. Le Maitre, et al. (1986). "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram." *Journal of Petrology* **27/3**: 745-750.

Lozano, H. Q. (1986). Oro y plata en Colombia - Areas promisorias. I Taller Latinoamericano sobre exploración y explotación de Oro Aluvial.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Maya, M. and H. González (1995). "Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia." *Boletn Geológico, Ingeominas* **35**(2-3): 43-57.

McCourt, W. J. (1984). "The Geology of the Central Cordillera in the Department of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima." *British Geological Survey Report Series* **84**: 8-49.

McCourt, W. J. (1984a). "The geology of the Central Cordillera in the Departments of Valle del Cauca, Quindío and (N.W.) Tolima " *Misión Británica (British Geological Survey) INGEOMINAS Cali, Colombia. Report No. 8 (Inédito)*: 243, 261, 262, 280 & 300.

McCourt, W. J., J. A. Aspden, et al. (1984). "New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion." *Journal of the Geological Society, London* **141**: 831-845.

McCourt, W. J., D. Mosquera, et al. (1985a). *Mapa Geológico de Colombia Escala 1:100.000 Plancha 243 - Armenia. Bogotá, INGEOMINAS*

Nelson, H. W. (1957). "Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the section between Ibagué and Cali." *Leidse Geologische Mededelingen* **22**: 1-76.

Nivia, A. (1987). "Geochemistry and origin of the Amaime and Volcanic Sequences, Southwestern Colombia. (Unpubl. MPhil. thesis) " *University of Leicester, Leicester, U.K*: 163p.

Nivia, A. (2001). *Geología del Departamento del Valle del Cauca. Cali, Ingeominas.*

Nivia, A., N. Galvis, et al. (1997). *Geología de la Plancha 242 - Zarzal Bogotá, Ingeominas*: 73p.

Pardo-Trujillo, A., M. Moreno-Sánchez, et al. (2002). "Estratigrafía y facies del Cretácico Superior-Terciario Inferior (?) en el sector de Nogales-Monteloro (borde Occidental de la Cordillera Central, Colombia)." *Geo-Eco-Trop* **26**(2): 9-40.

Parra, E., H. Caballero, et al. (1984). *Mapa geológico preliminar de la plancha 223, El Cairo (Valle del Cauca). Cali, Ingeominas.*

Pearce, J. (1982). *Trace elements characteristics of lavas from destructive plate boundaries. Andesites. R. S. Thorpe. London, John Wiley and Sons*: 525-548.

Determinación de Procedencia de los Conglomerados de la Formación La Paila



Alexander Gómez Duque

Alejandro Suarez Gómez

Schwinn, W. L. (1969). Guidebook to the Geology of the Cali Area, Valle del Cauca, Colombia. Bogotá, Colombian Society of Petroleum Geological and Geophysicists: 29.

Spadea, P., A. Espinosa, et al. (1989). "High-Mg extrusive rocks from the Romeral Zone ophiolites in southwestern Colombian Andes." *Chemical Geology* **77**: 303-321.

Streckeisen, A. (1974). "Classification and nomenclature of plutonic rocks: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks: *Geologische Rundschau Internationale Zeitschrift for Geologie: Stuttgart.*" **63**: 773-785.

Toussaint, J. F. (1999). *Evolución Geológica de Colombia. Introducción Precámbrico, Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico*, Universidad Nacional de Colombia: 242 p.

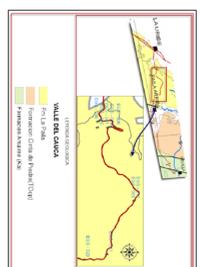
Toussaint, J. F., G. Botero, et al. (1978). "Datación K/Ar del Batolito de Buga." *Publicación Geológica Especial, Universidad Nacional. Medellín* **13**: 1-3.

Van der Hammen, T. (1958). "Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiense continentales y tectonogénesis de los Andes Colombianos." *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional* **6**(1-3): 67-128.

Vergara, H. (1983). *Consideraciones geológicas acerca del emplazamiento del Batolito de Buga y del Cuerpo Ultramáfico de Venus, Departamento del Valle del Cauca. Cali, Ingeominas*: 16 p.

Wood, D. A. (1980). "The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province." *Earth and Planetary Science Letters* **42**: 77-97.

UBICACIÓN



AUTORES
Alexander Gómez Duque
Alejandro Suárez Gómez

INSTITUCIÓN
Universidad de Cádiz



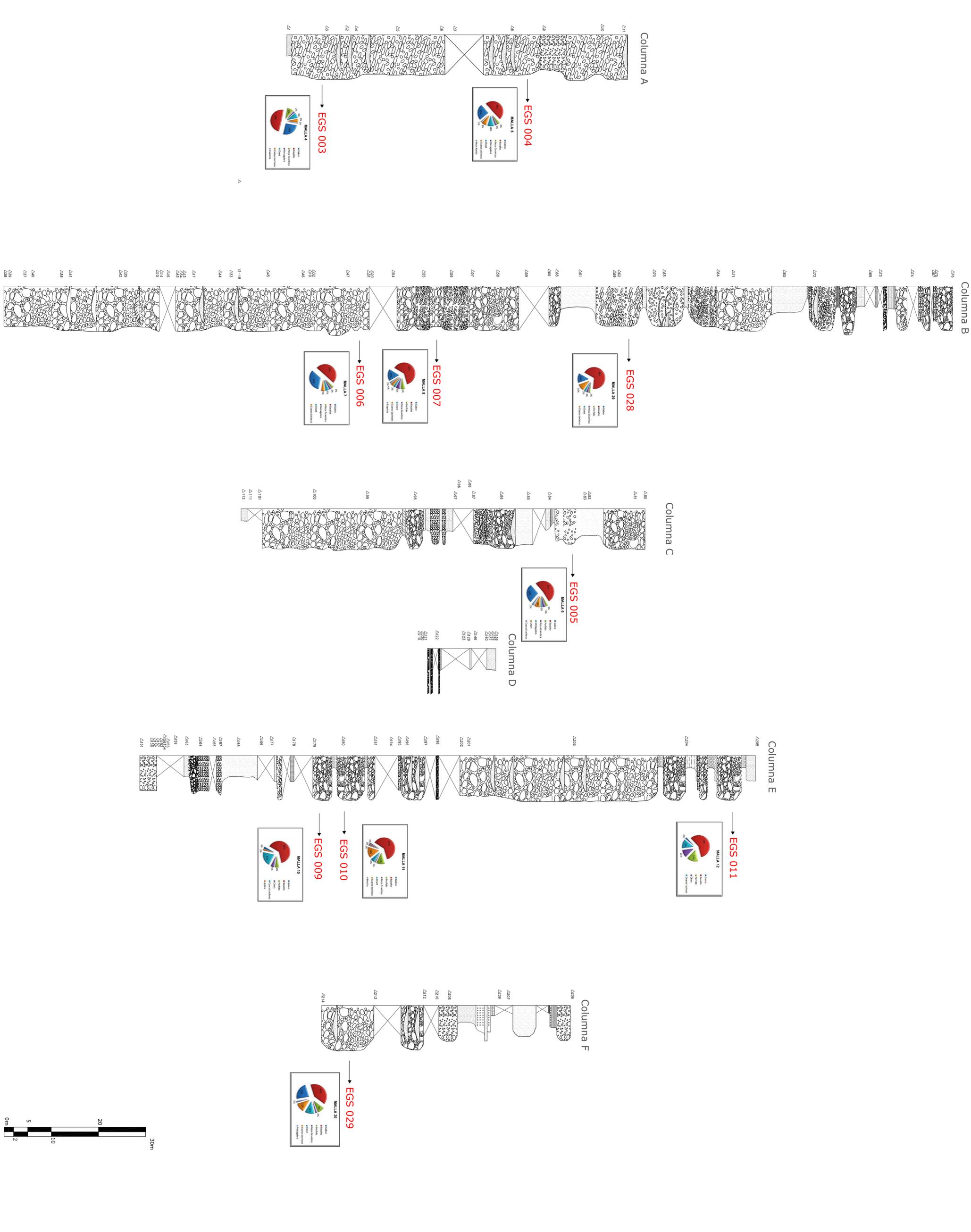
FECHA
Junio de 2009

OBSERVACIONES

Columnas tomadas y modificadas de Castel (2009)
Estudio estratigráfico detallado de la Formación La Urbe - Sevilla, Potencial rehidrocarburos en la cuenca Cauca .

LEYENDA

- (Gmm) Gravos matriz
- (Gmg) Gravos matriz
- (Gci) Gravos clasto
- (Gcm) Gravos clasto
- (Gh) Gravos clasto
- (Gg) Gravos estratificados
- (Sgm) Arena Conglomerática
- (Sm) Arena fina a gruesa
- (Fsm) Limo, arcilla masivo
- Toba ...
- Rocas Volcánicas



ANEXO C

NOMBRE DEL PROYECTO
Columnas Estratigráficas
Sección Andahuay - Gálvez
Norte del Departamento del Valle del Cauca

UBICACIÓN



AUTORES
Alexander Gómez Duque
Alejandro Suárez Gómez

INSTITUCIÓN
Universidad de Caldas



FECHA
Junio de 2009

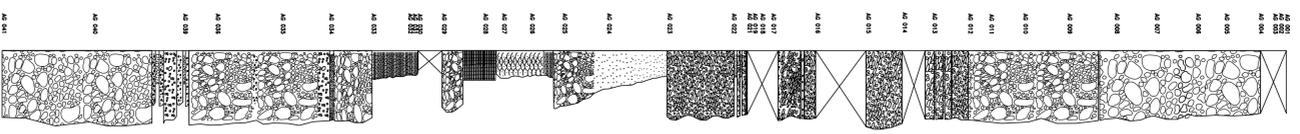
OBSERVACIONES

Columnas tomadas y modificadas de Gómez y Osorio (2009) "Estratigrafía de la Formación La Paila en la sección Andahuay - Gálvez en el departamento del Valle del Cauca"

LEYENDA

- (Gm) Gravas matriz soportadas masivas
- (Gmg) Gravas matriz soportadas, gradación normal o inversa, masa selección
- (Gci) Gravas ciasto soportadas, gradación inversa
- (Gca) Gravas ciasto soportadas, masivas, pobre selección
- (Gh) Gravas ciasto soportadas, estratificación cruda, interacción
- (G) Gravas estrofioladas, estrofiol., inclinado en orillas entres de arenitas
- (Gp) Gravas estrofioladas, estrofiolación, inclinada planor
- (Sgm) Arena Conglomerática
- (Sm) Arena fina a gruesa laminación masiva o desonocida
- (Fsm) Limo, arcilla masiva
- Toba ... Arena epidistólica
- Volcánicas
- Cubierta

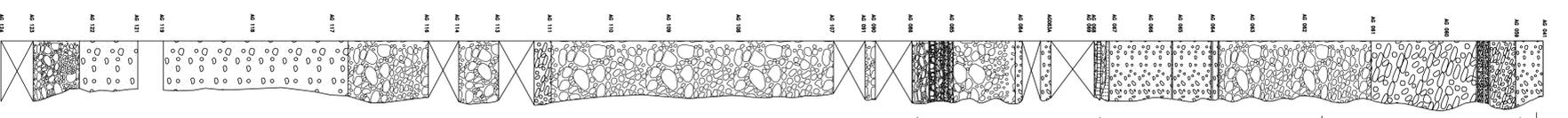
Segmento A



EGS 021



Segmento B



EGS 020



EGS 019



EGS 018



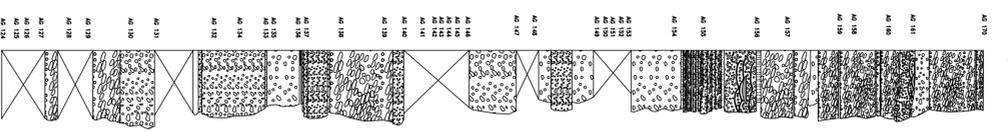
EGS 017



EGS 016



Segmento C



EGS 013



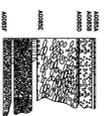
EGS 014



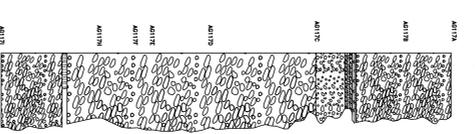
EGS 015



Segmento D



Segmento E



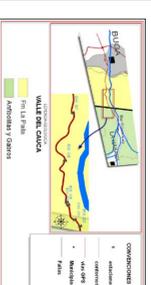
EGS 012



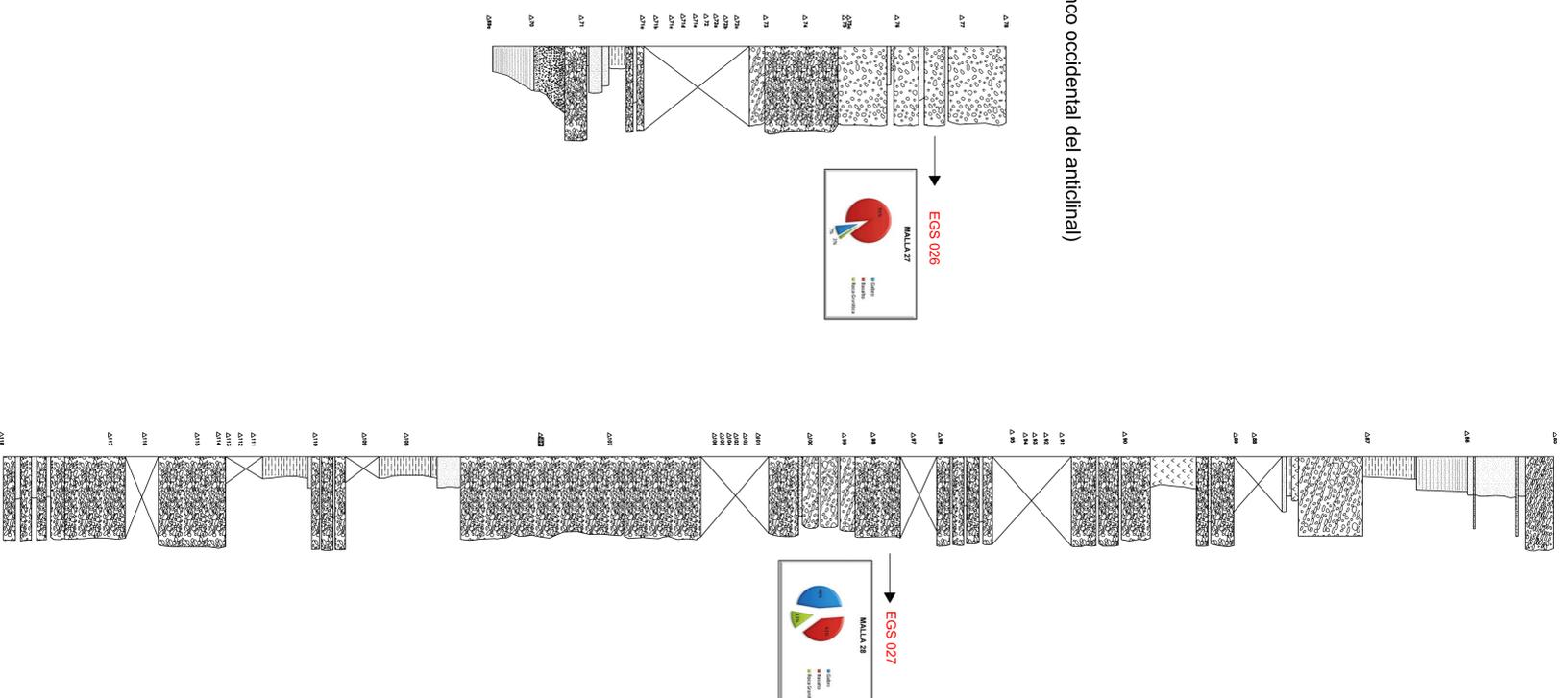
ANEXO D

NOMBRE DEL PROYECTO
Columnas Estratigráficas
Sección Buja - La Habana
Norte del Departamento del Valle del Cauca

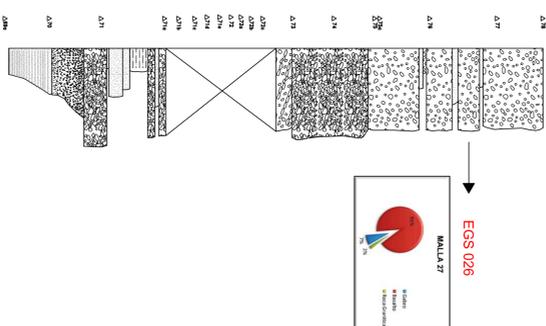
UBICACIÓN



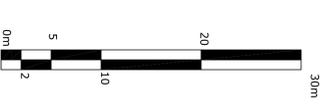
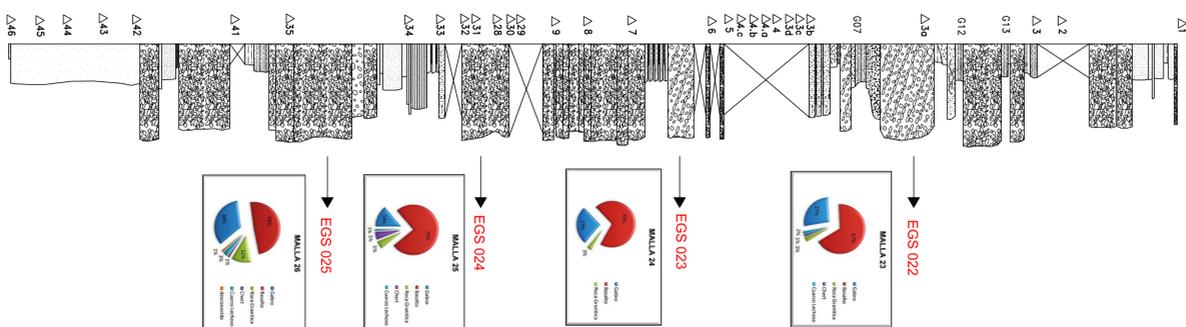
(flanco occidental del sinclinal)



(Flanco occidental del anticlinal)



(Flanco oriental del anticlinal)



AUTORES
Alexander Gómez Duque
Alejandro Suárez Gámez

INSTITUCIÓN
Universidad de Caldas

FECHA
Junio de 2009

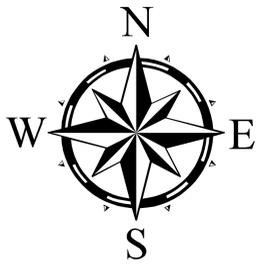
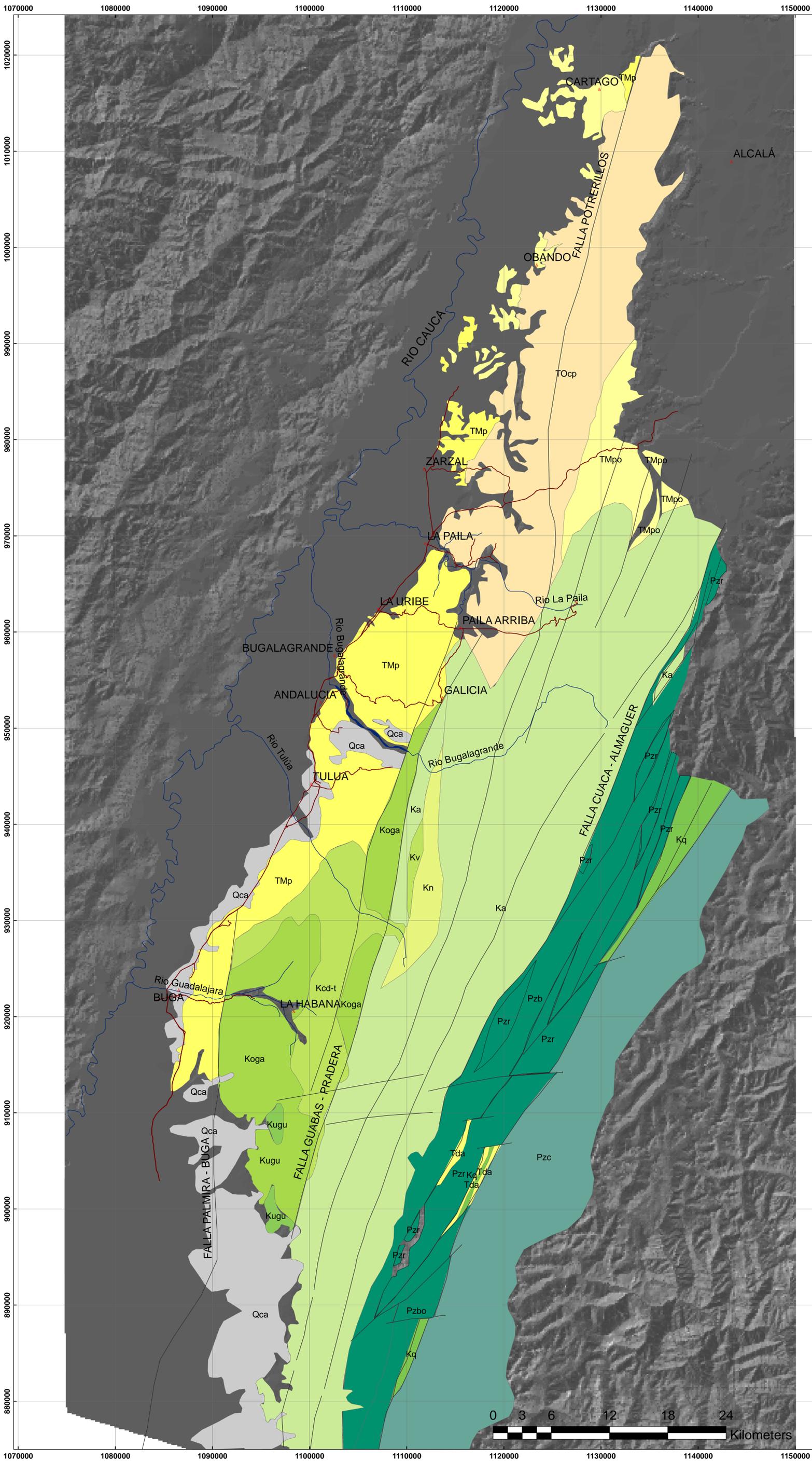
OBSERVACIONES

Columnas tomadas y modificadas de Bedoya y Giraldo (2009)
Estratigrafía detallada de la Formación La Paila en la Sección Buja - Habana
(Municipio de Suiza - Valle del Cauca)

LEYENDA

- (Gm) Gomas moliz soporridas masivas
- (Gm) Gomas moliz soporridas, gradación normal o inversa, nuda selección
- (Gc) Gomas ciclo soporridas, gradación inversa
- (Gm) Gomas ciclo soporridas, masivas, pobre selección
- (Gc) Gomas ciclo soporridas, estratificación cruda, imbricación
- (G) Gomas esféricas, estratificación en bandas lentas de arenitas
- (G) Gomas esféricas, estratificación inclinada planar
- (Sgn) Arena Conglomerática
- (Sm) Arena fino a gruesa laminación masiva o desmenuada
- (fsm) lims, arcilla masiva
- Tubo ... Arena epistático
- Rocas Volcánicas
- Cubierta

Mapa Geologico - Estructural



LEYENDA

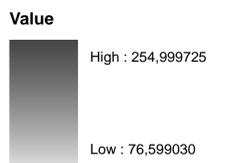
- Conos Aluviales (Qca)
- Formacion Zarzal (Tpz)
- Formacion la Pobreza (TMpo)
- Formacion La Paila (TMp)
- Formacion Cinta de Piedra (TOcp)
- Stock de Pance (Tda)
- Batolito de Buga (Kcd-t)
- Formacion Nogales (Kn)
- Formacion Amaime (Ka)
- Anfibolitas y Gabros (Koga)
- Rocas Ultramaficas y Gabros Comuliticos (Kogu)
- Complejo Ultramafico de Venus (Kv)
- Complejo Quebradagrande (Kq)
- Anfibolitas de Rosario (Pzr)
- Esquistos Básicos de Bugalagrande (Pzb)
- Metagabroides de Bolo Azul (Pzbo)
- Complejo Cajamarca (Pzc)

CONVENCIONES

- Municipios
- Vías
- Rio Cauca
- Fallas

Alturas

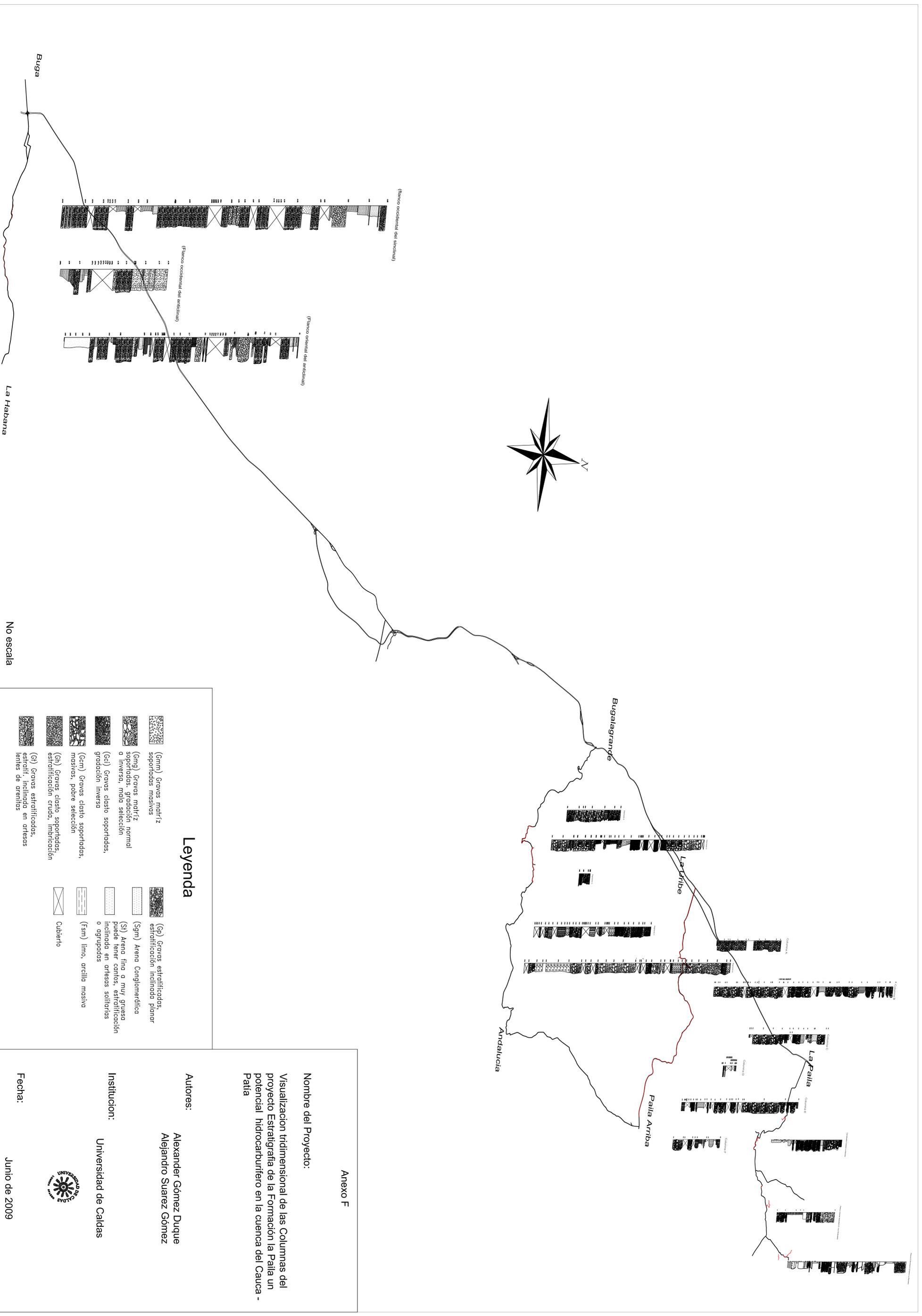
Mapa de Sombras



Mapa Origen Choco

Editado por:
Alexander Gómez Duque
Alejandro Suarez Gómez

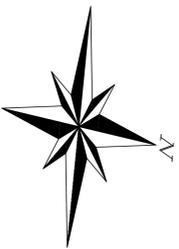




(Flanco occidental del sinclinal)

(Flanco occidental del anticlinal)

(Flanco oriental del anticlinal)



Buga

La Habana

No escala

Bugalagrande

La Uribe

La Paila

Paila Arriba

Andalucía

Legenda

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | (Gm) Gravos matrizz soportados masivos | | (Gp) Gravos estratificadas, estratificación inclinada planar |
| | (Gmg) Gravos matrizz soportados, gradación normal a inversa, mala selección | | (Sgm) Arena Conglomerática |
| | (Gci) Gravos clasio soportados, gradación Inversa | | (Sf) Arena fina a muy gruesa puede tener cantos, estratificación inclinada en artesas solitarias o agrupadas |
| | (Gcm) Gravos clasio soportados, masivos, pobre selección | | (Fsm) limo, arcilla masiva |
| | (Gh) Gravos clasio soportados, estratificación cruda, Imbricación | | Cubierto |
| | (G) Gravos estratificadas, estratí, inclinada en artesas lentes de arenitas | | |

Anexo F

Nombre del Proyecto:
Visualización tridimensional de las Columnas del proyecto Estratigrafía de la Formación la Paila un potencial hidrocarbúrrifero en la cuenca del Cauca - Paila

Autores:
Alexander Gómez Duque
Alejandro Suarez Gómez

Institución:
Universidad de Caldas



Fecha:
Junio de 2009