

**COMPARACION LITOLÓGICA Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LAS  
ROCAS SEDIMENTARIAS CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS  
ESTRATIGRAFICAS GENERADAS EN LAS ÁREAS DEL SUR DE LA  
SERRANÍA DE LA MACARENA, SAN VICENTE DEL CAGUAN Y FLORENCIA,  
SUB CUENCA YARÍ CAGUAN.**

**SERGIO ALBERTO JEREZ MOGOLLON  
CESAR AUGUSTO JURADO MORA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**COMPARACION LITOLÓGICA Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LAS  
ROCAS SEDIMENTARIAS CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS  
ESTRATIGRAFICAS GENERADAS EN LAS ÁREAS DEL SUR DE LA  
SERRANÍA DE LA MACARENA, SAN VICENTE DEL CAGUAN Y FLORENCIA,  
SUB CUENCA YARÍ CAGUAN.**

**SERGIO ALBERTO JEREZ MOGOLLON  
CESAR AUGUSTO JURADO MORA**

**Trabajo de Grado para optar por el título de:  
GEÓLOGO**

**Director:  
JOSE RICARDO SANDOVAL RUIZ  
Geólogo**

**Co-directora:  
CLAUDIA INES SANTOS HIGUERA  
Geóloga**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2014**

## DEDICATORIA

Primariamente a Dios, mi fortaleza y quien me conduce a tomar decisiones importantes en mi vida.

A mis padres, Nelly y Orlando, quienes me han apoyado durante toda mi vida, me han inculcado valores y me motivan a salir siempre adelante.

A mis hermanos, Silvia y Nelson, que con su disciplina y constancia, son un ejemplo a seguir.

A mis abuelos, familiares y amigos, quienes me demuestran su afecto y apoyo constante.

A mi querido Dios y la virgen, por iluminar mis caminos y guiar mis pasos para ser una persona exitosa y de bien.

A mis hermosos padres Saúl y Teresa por su dedicación, paciencia y amor en este proyecto de vida.

A mi hermana Adriana por su apoyo y alegría incondicional

A mi familia. Mi pequeña hija Elizabeth JM y su madre Silvana Morantes por su amor, lealtad y motivación, personas que le han dado un significado más bello a mi vida.

Familiares, profesores, y amigos por ser parte de este proceso de aprendizaje y madurez intelectual.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien me da sabiduría y fortaleza en todo momento.

A nuestras familias.

A nuestro Director, José Ricardo Sandoval, por todo el conocimiento transmitido y el tiempo dedicado al desarrollo de este proyecto.

A Claudia Inés Santos, por el apoyo y la asesoría brindada en este trabajo de grado.

A la Universidad Industrial de Santander, La escuela de Geología y todos sus profesores, por el conocimiento y la formación adquirida en estos años de carrera.

A Ecopetrol y el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), por la información suministrada y la colaboración recibida en el desarrollo de esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	27
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
2. JUSTIFICACIÓN	29
3. OBJETIVOS	30
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4. MARCO GEOLOGICO	31
4.1 LOCALIZACION	31
4.2 GEOLOGIA REGIONAL	34
4.2.1 Esquema tectónico regional y desarrollo de la cuenca.	35
4.2.2 Estratigrafía de la cuenca	37
4.2.2.1. Unidades estratigraficas presentes en el area de estudio	37
4.2.3. Geología estructural	53
5. METODOLOGIA	61
5.1. FLUJO DE TRABAJO	61
5.2 ASPECTOS METODOLOGICOS	62
5.2.1. Descripción macroscópica	63
5.2.2. Descripción petrográfica	65
5.2.3. Analisis de procedencia. Metodo Dickinson – Suckez (1985)	67
5.2.4. Litoestratigrafía y comparación litológica	73
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	77
6.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.	77
6.2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA.	78

6.3. ANALISIS DE PROCEDENCIA	79
6.4. ESTRATIGRAFIA	86
6.4.1 Estratigrafia regional Serrania de la Macarena sur.	86
6.4.1.1. Gp. Macarena. Miembro Superior – Cretácico	86
6.4.1.2 Litoestratigrafía	88
6.4.1.2.1 Columna Estratigráfica La Macarena.	88
6.4.2 Estratigrafia regional San Vicente del Caguán.	93
6.4.2.1. Basamento Metamórfico del Complejo Garzón	93
6.4.2.2. Formación Pepino	95
6.4.2.3. Litoestratigrafía.	99
6.4.2.3.1 Columna Estratigráfica Las Lajas.	99
6.4.3 Estratigrafia regional Florencia	110
6.4.3.1. Basamento Metamórfico del Complejo Garzón	110
6.4.3.2. Formación Caballos	113
6.4.3.3 Formación Villeta	116
6.4.3.4. Formación Rumiyaco.	118
6.4.3.5. Formación Pepino	121
6.4.3.6. Formación Orteguzaza.	126
6.4.3.7. Litoestratigrafía	128
6.4.3.7.1 Columna estratigráfica Escuela el Cóndor.	128
6.4.3.7.2 Columna estratigráfica Río Orteguzaza	133
6.4.3.7.3 Columna estratigráfica Quebrada Las Doradas	138
6.4.3.7.4 Columna estratigráfica Quebrada Las Pavas	147
6.5. COMPARACIÓN LITOLÓGICA	150
6.6 MAPA INTEGRADO	156
7. CONCLUSIONES	157
8. RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA	160

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización de las tres áreas de estudio con sus respectivas planchas topográficas.	31
Figura 2. Mapa de localización del Área No. 1 correspondiente al Sur de la Serranía de la Macarena.	33
Figura 3. Mapa de localización del Área No. 2 correspondiente a San Vicente del Caguán.	33
Figura 4. Mapa de localización del Área No. 3 correspondiente a Florencia.	34
Figura 5. Modelo secuencial de la evolución tectónica regional para la Cordillera Oriental, Valle medio del Magdalena y Cuenca Llanos.	36
Figura 6. Carta cronoestratigráfica comparativa para las Cuencas de Putumayo, Caguán y Llanos.	37
Figura 7. Columnas crono-estratigráficas generalizadas de las Cuencas Caguán y Putumayo	39
Figura 8. Área controlada por dos grupos de fallas regionales; una ubicada al oriente de Florencia con orientación NNE-SSW (Trazo rojo). La segunda (Trazo azul), integrada por las fallas de Florencia y Brasil, con rumbo NE-SW.	54
Figura 9. Flujo de trabajo usado para el desarrollo del trabajo de Investigación. Con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos hasta el nivel de detalle requerido, se desarrolló la siguiente serie de actividades:	61
Figura 10. Relieve Izq.) Cuarzo: bajo. Der) Olivino: alto.	65
Figura 11. Clivaje. Izq.) Biotita. Der) Hornblenda.	66
Figura 12. Pleocroísmo Izq.) Biotita. Der) Hornblenda.	66
Figura 13. Birrefringencia, colores de interferencia Izq.) Augita. Der.) Olivino.	66

- Figura 14. Ambientes tectónicos generados a partir de los diagramas QFL de Dickinson (1985). Q=cuarzo total; F=feldespatos totales; L=fragmentos líticos totales (L=Lv+Ls). 70
- Figura 15. Diagramas de Dickinson (1986), procedencia de sedimentos y ambiente tectónico al que se asocian. Qt =cuarzo total; Qm=cuarzo monocristalino; Qp=cuarzo policristalino; F=feldespatos monocristalinos totales; P=plagioclasa; K=feldespato potásico; L=Fragmentos líticos totales+cuarzo policristalino; Lt=fragmentos líticos policristalinos totales; Lv=fragmentos líticos volcánicos; Ls=fragmentos líticos sedimentarios. 72
- Figura 16. Grafico en el que se muestra la relación del concepto de facies (en su acepción concreta) con los términos de rango mayor y rango menor 74
- Figura 17. Ejemplo de una correlación Estratigráfica de materiales de Jurásico y Cretácico de una misma unidad geológica en Penibético, Sur de España. Secciones estratigráficas: A: Teba. B: Hecho de Montejaque y C: Sierra blanquilla. 76
- Figura 18. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Caballos. 81
- Figura 19. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Villeta. 82
- Figura 20. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 del Grupo Macarena 83
- Figura 21. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Rumiaco. 84
- Figura 22. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Pepino. 85
- Figura 23. Localización de la sección Estratigráfica Macarena (MCB) en el área del Sur de la Macarena. 88
- Figura 24. Intervalos Estratigráficos 1 – 3 del Segmento Inferior del Miembro Superior Grupo Macarena. Columna Estratigráfica La Macarena. 90

Figura 25. Intervalos Estratigráficos 4 – 7 del Segmento Superior del Miembro Superior Grupo Macarena. Columna Estratigráfica La Macarena.	92
Figura 26. Localización de la sección Estratigráfica Las Lajas de área San Vicente del Caguán. (Modificado ICP, 2013)	99
Figura 27. Intervalos Estratigráficos 1 – 5 del Segmento Inferior de la Formación Pepino. Columna Estratigráfica Las Lajas.	102
Figura 28. Intervalos Estratigráficos 6 y 7 del Segmento Inferior de la Formación Pepino. Columna Estratigráfica Las Lajas.	105
Figura 29. Intervalos Estratigráficos 8 - 14 del Segmento Superior de la Formación Pepino. Columna Estratigráfica Las Lajas.	109
Figura 30. Localización de las secciones estratigráficas de área Florencia, de E a W: Cantera Las Pavas, Río Orteguzaza, Escuela el Cóndor y Quebrada Las Doradas.	128
Figura 31. Columna estratigráfica de la Formaciones Caballos Escuela El Cóndor al norte de Florencia. Segmento inferior, medio y superior.	130
Figura 32. Columna estratigráfica Escuela el Cóndor, segmento inferior de la Formación Villeta	132
Figura 33. Columna estratigráfica de la Formación Rumiyaco en el Río Orteguzaza. Se observa el segmento inferior, correspondiente al Miembro Neme.	134
Figura 34. Columna estratigráfica de la Formación Rumiyaco en el Río Orteguzaza. Se observa el segmento medio del Miembro Neme.	135
Figura 35. Columna estratigráfica de la Formación Rumiyaco en el Río Orteguzaza. Se observa el segmento superior ó Miembro Arcilloso.	136
Figura 36. Columna estratigráfica de la Formación Pepino en el Río Orteguzaza. Se observa el Miembro inferior compuesto por arenitas sublíticas, conglomerados de chert, cuarzo y líticos y un paquete espeso de lodolitas grises.	137
Figura 37. Columna estratigráfica Las Doradas, se observa el segmento superior de la Formación Caballos, el cual es la unidad basal de esta columna.	138

Figura 38. Segmento Inferior. Constituido por una sucesión de capas de arenita sublítica intercalada con lodolitas. Nivel de caliza wackestone, Cuarzoarenita de grano medio a grueso, seguido de cuarzoarenitas de grano fino.	139
Figura 39. Segmento medio de la Formación Villeta. Wackestone y Packestone con presencia de bivalvos y delgadas intercalaciones de lodolitas calcáreas	141
Figura 40. Segmento superior de la Formación Villeta. Capas gruesas de arcillolitas, lodolitas y shales de color gris con moteado vinotinto.	142
Figura 41. Cuarzoareniscas de grano medio a grueso con estratificación cruzada del Miembro El Neme de la Formación Rumiyaco.	143
Figura 42. Lodolitas grises con cemento calcáreo y arenita sublíticas correspondientes al Miembro Arcilloso de la Formación Rumiyaco.	144
Figura 43. Segmento inferior y Superior del Miembro inferior de la Formación Pepino en la Quebrada Las Doradas, al W de San José de Fragua.	145
Figura 44. Distribución composicional de los clastos del Miembro Inferior de la Formación Pepino.	146
Figura 45. Columna estratigráfica Las Pavas. Se observan el segmento inferior del Miembro Superior de la Formación Pepino.	148
Figura 46. Segmento Superior, Correspondiente a las arcillolitas de la Formación Orteguaza. Columna Estratigráfica Las Pavas.	149
Figura 47. Comparación Litológica de las Columnas estratigráficas generadas en las tres áreas de estudio. ANEXO 4. Comparación litológica final.	153
Figura 48. Mapa Paleogeográfico de las Áreas de Estudio. Periodo Cretácico superior. (Santoniano-Campaniano- Maastrichtiano). (Modificado de INGEOMINAS, 1997)	155
Figura 49. Mapa integrado procedencia y litocorrelación para las áreas Macarena Sur, San Vicente del Caguán y Florencia. ANEXO 5. Mapa Integrado.	156

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Falla de Florencia (Quebrada La Yuca). Esta falla de alto ángulo y vergencia al suroriente, pone en contacto las migmatitas del Complejo Garzón (bloque izquierdo), con arcillolitas grises de la Formación Orteguaza (derecha).	55
Fotografía 2. La Falla de Brasil es una estructura rumbo deslizante observada hacia el norte del área urbana de Florencia en las veredas Brasil y Nueva Jerusalem. En este sector la falla desplaza dextralmente el Complejo Garzón, enfrentándolo con la Formación "Neme".	55
Fotografía 3. Falla de las Hermosas. Esta estructura es de bajo ángulo y constituye la superficie a lo largo de la cual cabalga el Complejo Garzón (Pg) sobre la Formación Pepino (E2p), que en este sector (San Antonio de Atenas) conforma el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio.	56
Fotografía 4. La Falla de San Pedro es una estructura de bajo ángulo que pone a cabalgar el Complejo Garzón sobre la Formación Pepino y Orteguaza. En este sector, muy cerca al corregimiento de Maracaibo, pone en contacto el basamento con la Formación Pepino, que conforma el flanco occidental del Anticlinal de Maracaibo.	57
Fotografía 5. Falla de Doncello (Quebrada Las Margaritas). Al Norte del municipio de Montañita, la Falla de Doncello, de bajo ángulo, cambia su rumbo a E-W y pone a cabalgar el Complejo Garzón sobre una cuña tectónica de la "Formación Neme".	57
Fotografía 6. Izq.) Exposición de areniscas cuarzosas, tabulares, espesas. Vereda Bajo Raudal del segmento inferior. Der) Contacto entre areniscas de la unidad cretácica y arcillolitas del segmento superior.	87
Fotografía 7. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de cuarzoarenitas masivas con arenicolites Int. 1. Med.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas y lodolitas	

grises Int. 2. Der) Afloramiento y muestra de mano de arenitas lodosas de grano fino compuesta de Qz y líticos. Presencia de arenicolites Int .3. 90

Fotografía 8. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de arenisca lodosa fina a media submadura Int. 4 Med.) Afloramiento y muestra de mano de Lodolitas arenosas masivas rojizas Int. 5 Med.) Afloramiento y muestra de mano de arenisca lodosa con laminas delgadas de materia orgánica Int. 6. Der) Afloramiento y muestra de mano de cuarzoareniscas de grano fino a medio, maduras bien cementadas Int 7. 92

Fotografía 9. Izq) Gneises bandeados, nótese el plegamiento por flujo dúctil (pliegue isoclinal apretado) ubicado en Quebrada La Granada. Der) Ortogneis compuesto por Qz, plagioclasa, biotita y granate. Vereda Las Lajas (Escuela León). 94

Fotografía 10. Gneis cuarzofeldespáticos del Macizo Cristalino de Garzón, Nótese la textura augen. Izquierda: Vereda La Ilusión, Derecha: Vereda Nueva Etapa. 94

Fotografía 11. Izq.) Afloramiento donde se expone un paquete de más de 30 m. de espesor de cuarzoarenitas granodecrecientes con estratificación cruzada, con emanaciones de asfalto. Localidad Camino entre las veredas Granada y Las Lajas. Der) Capas gruesas de cuarzoarenitas de grano grueso, friables, con impregnaciones de H.C., internamente se observan estructuras sedimentarias como laminación y estratificación cruzada. Vereda La Barrialosa. 96

Fotografía 12. Izq.) Capas delgadas a medianas, masivas, plano paralelas, continuas, de lodolitas grises silíceas, con intercalaciones de capas delgadas, planoparalelas de lodolitas arenosas, de color gris a violeta claro. Vereda El Tigre. Der) Capas gruesas, discontinuas de arcillolitas grises a abigarradas, con restos de materia orgánica. Vereda Granada. 97

Fotografía 13. Izq.) Conglomerados clastosoportados, con armazón de guijos de cuarzo y chert, camino entre los Hatos Berlín y La Granada. Der) Conglomerado arenoso clasto- soportado con relación matriz-armazón 40%-60%, la matriz contiene granos de cuarzo tamaño arena media a gruesa, subangulares a subredondeadas. Impregnación de hidrocarburos, vereda El Reflejo-Alto. 98

Fotografía 14. Izq.) Afloramiento y muestra de mano del gneises cuarzo feldespáticos Der) Contacto entre gneises inferiores y arcillolitas(muestra de mano) claras en el tope.	100
Fotografía 15. Izq.) afloramiento y muestra de mano de sublitoarenitas finas. Med.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas grises con laminación plano paralela. Der) Afloramiento y muestra mano de areniscas estratificación cruzada.	101
Fotografía 16. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas grises en la base y areniscas finas en el tope int. 4. Med.) Afloramiento y muestra de mano areniscas gruesas y conglomeráticas en capas laminadas int. 4. Der) Afloramiento y muestra de mano de areniscas finas laminadas con estratificación cruzada planar int. 5.	103
Fotografía 17. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados gruesos de chert y gneises del intervalo 6. Med.) conglomerados masivos con leve orientación de granos fuertemente impregnados de hidrocarburos intervalo 6. Med.) Cuarzoareniscas masivas intervalo 7. Der.) Areniscas de grano medio con matriz de chert intervalo 7.	105
Fotografía 18. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados en la base en contacto con areniscas con estratificación cruzada int. 8. Med.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas gris violeta masivas int. 9. Der.) Afloramiento y muestra de mano de areniscas gruesas a conglomeráticas con estratificación cruzada de alto ángulo, parte media del intervalo int. 10.	107
Fotografía 19. Izq.) Afloramiento y muestra de mano arcillolitas características del int. 11. Med.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados masivos guijosos y gravosos int. 12. Med.) Afloramiento y muestra de mano chert con gránulos de Cuarzo int. 13. Der.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados guijosos intercalados con areniscas de grano grueso int. 14.	109
Fotografía 20. Izq.) Detalle de neises cuarzo feldespáticos Der) Detalle de cuerpo granodiorítico que se observa al norte de Florencia.	111

- Fotografía 21. Izq.) Ortoneis cuarzo-feldespático, Der) conglomerado basal de guijos redondeados grandes cuarzoso en matriz arcillosa blanca correspondientes a la Formación Caballos de la sección Escuela El Cóndor. 112
- Fotografía 22. Izq.) Neises bandeados con bandas delgadas de biotita y anfibolita y bandas gruesas cuarzo feldespáticas. Der) Contacto discordante del Complejo Garzón con el conglomerado basal del Miembro Neme. Rio Orteguzaza. 113
- Fotografía 23. Izq.) Capas medias de areniscas cuarzosas con glauconita intercaladas con areniscas cuarzosas blancas friables observadas en la Vereda Costa Rica. Der) Areniscas gruesas a ligeramente conglomeráticas, masivas con laminación ondulosa y estratificación cruzada, fuertemente friables, débilmente impregnadas con bitumen observadas al norte de Belén de los Andaquíes. 115
- Fotografía 24. Izq.) Detalle de shales negros en capas delgadas con fracturas rellenas de óxidos de hierro observado en el Río Zabaletas. Der) Capas medias de areniscas cuarzosas de grano grueso con laminación ondulosa intercaladas con shales altamente fracturados en la vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Aletones. 117
- Fotografía 25. Izq.) Detalle de arenisca conglomerática con moderada selección cruzada. Der) Paquete muy grueso de areniscas cuarzosas con rezumaderos de bitumen 120
- Fotografía 26. Izq.) Detalle del contacto transicional entre los paquetes gruesos de las areniscas del Miembro El Neme y las capas más delgadas de areniscas de grano fino a medio del segmento medio de la Formación Rumiyaco. Der) Arcillolitas violetas con moteado rojizo de la parte superior de la Formación Rumiyaco. 120
- Fotografía 27. Izq.) Areniscas conglomeráticas bituminosas con clastos de gránulos a guijos. Cantera Las Pavas, vía Paujil - El Doncello, Der) Conglomerados clastosoportados con moderada selección con clastos de cuarzo lechoso (90%) y chert (10%) observados en la Quebrada La Barrialosa en la vía entre Montañita y Paujil. 122

- Fotografía 28. Izq.) Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada en artesa, mostrando canales de 1 m de espesor, vía Florencia-Paujil, Der) Conglomerados clastosoportados con clastos de guijos de cuarzo lechoso y eventualmente chert, vía Paujil-Vereda La Sierra. 124
- Fotografía 29. Izq.) Conglomerados de guijos finos matriz soportados con clastos de chert negro principalmente con intercalaciones de arenas medias a finas, vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Aletones y Quebrada Las Doradas Der) Arcillolitas rojas a moradas de la parte media de la unidad, Quebrada Las Doradas. 124
- Fotografía 30. Izq.) Afloramiento de Intercalaciones de lodolitas rojas en capas medias abigarradas y capas medias de limolitas de color gris verdoso. Vía Belén de los Andaquíes-Florencia. Der) Morfología de colinas onduladas característica de la Formación Orteguzza. Vía Yurayaco-San José de Fragua. 127
- Fotografía 31. Cuarzoarenitas intercaladas con lodolitas carbonosas. Laminación planoparalela. Segmento inferior de la Formación Caballos. Escuela El Cóndor 129
- Fotografía 32. Izq.) Laminación planoparalela, altamente bioturbada. Der) Arenitas cuarzosas con Py, Ms y Gl color gris verdosa. Segmento superior Fm caballos. 131
- Fotografía 33. Niveles fosilíferos de lodolitas arenosas, color verde. Limolita gris oscura con madriguera vertical, sección Escuela el Cóndor, segmento inferior de la Formación Villeta. 131
- Fotografía 34. Arenitas glauconíticas con laminación lenticular de materia orgánica, típicas de la Formación Villeta. Este segmento se observa en dos de las secciones levantadas en la Quebrada Las Doradas (derecha) y en la Escuela el Cóndor (izquierda). Segmento inferior de la Formación Villeta. 133
- Fotografía 35. Izq.) Contacto discordante entre Conglomerado basal Mb. El Neme compuesto de cuarzo lechoso y chert gris claro y negro y el basamento del Macizo de Garzón. Der) Arenitas bituminosas con estratificación cruzada planar se observa el control textural que tiene la impregnación de bitumen tipo Wurtzilite. 134

Fotografía 36. Sets granocrecientes con estratificación cruzada planar de arenitas bituminosas de bajo ángulo. Segmento inferior de la Formación Rumiyaco.	135
Fotografía 37. Arenita sublítica de grano medio, gris oscura con laminación plano paralela. Segmento medio de la Formación Rumiyaco.	136
Fotografía 38. Arcillolitas grises claro moteado rojizo vinotinto en capas muy gruesas. Segmento superior de la Formación Rumiyaco.	137
Fotografía 39. Izq.) Capas gruesas de cuarzoarenitas con estratificación cruzada del segmento inferior de la Formación Villeta. Der.) sección Quebrada Las Doradas y a la izquierda sección Escuela El Cóndor.	140
Fotografía 40. Izq.) se observan cuarzoarenitas con laminación de lodolitas negras. Der.) limolitas en capas delgadas tabulares del segmento inferior de la Formación Villeta.	140
Fotografía 41. Detalle de wackstone bioesparíticos con intercalaciones de lodolitas calcáreas negras. Segmento medio de la Formación Villeta	141
Fotografía 42. Izq.) Arenitas glauconíticas, fosilíferas. Der.) intercalación de lodolitas negras con capas tabulares, delgadas a medias de cuarzoarenita.	141
Fotografía 43. Izq.) shales negros. Der.) arenitas fosilíferas del segmento superior de la Formación Villeta.	142
Fotografía 44. Izq.) Arenita conglomerática de chert gris y cuarzo lechoso con matriz arcillosa caolinítica. Der.) Muestra de mano arenitas sublíticas. Segmento inferior del Miembro inferior de la Formación Pepino.	145
Fotografía 45. Detalle de las capas lenticulares de arenita sublítica en los sets conglomeráticos tope del Miembro Inferior de la Formación Pepino.	146
Fotografía 46. Izq.) Arenita sublítica bituminosa con estratificación cruzada. Der.) Contacto entre conglomerado con matriz de arenita bituminosa con cuarzoarenita de grano fino. Miembro Superior de la Formación Pepino	147
Fotografía 47. Izq.) Arcillolitas color gris claro, de color moteado rojizo y vinotinto Der.) Miembro Superior de la Formación Pepino	149

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Determinación de la procedencia y ambiente tectónico a partir de la composición QFL de las areniscas.	69
Tabla 2. Tabla de Resultados Análisis Petrográfico (ANEXO 2.2). Cálculos de composición modal. Etapa petrográfica.	79
Tabla 3. Tabla de tipos de granos del armazón (granos >0,0625mm) y cálculos utilizados para la composición modal	80

## **LISTA DE ANEXOS**

### **ANEXO A. ETAPA MACROSCOPICA**

- ANEXO A.1. Descripción macroscópica Final
- ANEXO A.2. Descripción El Condor.
- ANEXO A.3. Descripción Rio Orteguaza.
- ANEXO A.4. Descripción Las Pavas
- ANEXO A.5. Descripción Las Doradas
- ANEXO A.6. Descripción Las Lajas
- ANEXO A.7. Descripción La Macarena
- ANEXO A.8. Catalogo de Fotos\_Muestras

### **ANEXO B. ETAPA PETROGRAFICA**

- ANEXO B.1. Descripción Petrografica
- ANEXO B.2. Informe Petrografico
- ANEXO B.3. Catalogo de fotos Petrografia
- ANEXO B.4. Resultados Dickinson
- ANEXO B.3. Esquemas triangulares Dickinson

### **ANEXO C. COLUMNAS DIGITALIZADAS FINALES**

- ANEXO C.1. Columna La Macarena\_ Macarena Sur
- ANEXO C.2. Columna Las Lajas\_ S.V.Caguán
- ANEXO C.3. Columna El Condor\_ Florencia
- ANEXO C.4. Columna Rio Orteguaza\_ Florencia
- ANEXO C.5. Columna Las Doradas\_ Florencia
- ANEXO C.6. Columna Las Pavas\_ Florencia

### **ANEXO D. ESQUEMA COMPARACIÓN LITOLÓGICA FINAL**

### **ANEXO E. MAPA INTEGRADO**

## RESUMEN

**TITULO:** COMPARACION LITOLÓGICA Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CORRESPONDIENTES A LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS GENERADAS EN LAS ÁREAS DEL SUR DE LA SERRANÍA DE LA MACARENA, SAN VICENTE DEL CAGUAN Y FLORENCIA, SUB CUENCA YARÍ CAGUAN\*

**AUTORES:** SERGIO ALBERTO JEREZ MOGOLLON  
CESAR AUGUSTO JURADO MORA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Comparación Litológica, Análisis de Procedencia. Sub-cuenca Yarí-Caguán, Serranía de la Macarena, San Vicente del Caguán, Florencia.

### DESCRIPCION:

Actualmente, la estratigrafía y el sistema petrolífero desarrollado en la Cuenca Caguan-Putumayo y Sub-cuenca Yarí-Caguan siguen siendo una incógnita. Es por eso que Ecopetrol S.A y el Instituto Colombiano del Petróleo han iniciado una campaña de adquisición de información geológica denominada "Exploración de arenas bituminosas en Colombia", enfocada hacia las áreas del sur de Serranía de la Macarena, San Vicente del Caguán y Florencia.

A fin de determinar la secuencia litoestratigráfica predominante y la proveniencia de sedimentos de la cuenca, se llevó a cabo un análisis macroscópico de 289 muestras de roca, petrografía de 50 secciones delgadas, un análisis de proveniencia basado en la aplicación del método Dickinson-Suczek y la generación de un modelo de correlación litológica entre las tres áreas de estudio. Los datos utilizados en estos análisis provienen de información de superficie, correspondiente a seis(6) columnas estratigráficas generadas en las áreas de Macarena Sur (1 Columna), San Vicente del Caguan (1 Columna) y Florencia (4 Columnas).

Se identificó una secuencia estratigráfica generalizada, que se extiende desde el cretácico inferior hasta el Oligoceno, la cual inicia con la Formación Caballos (Aptiano-Albiano), seguida de las unidades suprayacentes Villeta / Macarena, Rumiyaco, Pepino y Orteguzza. De la misma manera, el estudio de proveniencia indica que hubo al menos dos fuentes de aporte de sedimentos, una para las unidades Caballos, Villeta y Macarena y otra para las unidades Rumiyaco, Pepino y Orteguzza; la primera relacionada a un aporte de cratón estable y la segunda de orógeno reciclado o cordillerano. La anterior información derivada directamente de afloramientos permitió catalogar a la Formación Rumiyaco, como el punto de inflexión de la secuencia, marcando así el cambio de la fuente de aporte de sedimentos, aspecto que esta profundamente relacionado con el levantamiento de la cordillera central.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: José Ricardo Sandoval Ruiz. Co-director: Claudia Ines Santos.

## ABSTRACT

**TITLE:** LITHOLOGICAL COMPARISON AND PROVENANCE ANALYSIS OF SEDIMENTARY ROCKS FOR A STRATIGRAPHIC COLUMNS GENERATED IN THE AREAS OF SOUTH OF MACARENA SERRANÍA, SAN VICENTE DEL CAGUAN AND FLORENCIA, YARI-CAGUAN SUB BASIN\*

**AUTHORS:** SERGIO ALBERTO JEREZ MOGOLLON  
CESAR AUGUSTO JURADO MORA\*\*

**KEYWORDS:** Lithological comparison, Provenance Analysis, Sub basin Yarí-Caguán, Macarena Serranía, San Vicente del Caguán, Florencia.

### DESCRIPTION:

Currently, the stratigraphy and petroleum system developed on Caguan-Putumayo Basin and Yarí-Caguan Sub-basin still being incognito. That's why Ecopetrol S.A. and the Colombian Petroleum Institute have launched a campaign to acquire geological information called "Exploring tar sands in Colombia", focused on south of Macarena Serrania , San Vicente del Caguán and Florencia areas.

To determine the predominant lithostratigraphic sequence and source of sediments in the basin, It has been developed a macroscopic analysis of 289 rock samples, petrographic analysis of 50 thin sections, provenance analysis based on the application of the method *Dickinson-Suczek* and the generation of a lithologic correlation model between the three study areas. The data used in these analyzes come from surface information corresponding to six (6) stratigraphic columns generated in South Macarena (1 Column), San Vicente del Caguan (1 Column) and Florence (4 columns) areas.

A generalized stratigraphic sequence was defined, which extends from the lower Cretaceous to the Oligocene, which begins with the Caballos Formation (Aptian-Albian), followed by the overlying units Villeta / Macarena, Rumiyaco, Pepino and Orteguzza. Moreover, the provenance analysis indicates that there were at least two sources of sediment, one for Caballos, Villeta and Macarena units and other for Rumiyaco, Pepino and Orteguzza units; the first one related to a contribution of stable craton and the second one related to recycled orogenic or mountain range. The above information derived directly from outcrops allowed to categorize the Rumiyaco Formation, as the turning point in the sequence, thus marking the change of sediment source, an aspect that is deeply related to the uplift of the Central Cordillera.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Department of Physic-Chemistry Engineerings. School of Geology. Director: Jose Ricardo Sandoval Ruiz PhD. Sub-director: Claudia Inés Santos.

## INTRODUCCIÓN

La subcuenca Yarí - Caguán, localizada al sur de Colombia y catalogada como una subcuenca de la Cuenca del Putumayo o como el apéndice mas sur de la cuenca de los Llanos Orientales, es una área históricamente importante en términos de hidrocarburos, principalmente por la presencia de manifestaciones o manaderos de aceite en superficie, que han llevado a realizar campañas exploratorias a lo largo de los años.

Generar mayor cantidad de información y datos que aporten al entendimiento del área es el propósito de este proyecto. Conocer y entender las relaciones correlativas y el lugar de proveniencia de las unidades estratigráficas presentes en el área, permite aclarar en gran medida la historia geológica y la configuración de el/los sistema(s) petrolífero(s) actuantes en dicha cuenca, para poder así, junto con otros estudios, especificar y determinar el potencial de generación y acumulación de hidrocarburos en este sector.

En este estudio se busca desarrollar una comparación litológica o litocorrelación entre las unidades estratigráficas determinadas en las áreas de Macarena Sur, San Vicente del Caguan y Florencia, subcuenca Yarí-Caguán, que permita entender la distribución espacial de dichas unidades, principalmente de aquellas con litologías predominantemente de arenas bituminosas económicamente importantes. Además de esto, se realiza un análisis de procedencia, que provea información acerca de la historia de proveniencia de dichas unidades, generando así mayor conocimiento del área y de los sedimentos como fuente de aporte.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sub cuenca Yará-Caguán se vislumbra como un área fronteriza potencial para la exploración de Hidrocarburos; principalmente pesados, extrapesados y arenas bituminosas. Dado que el conocimiento geológico petrolero que se tiene hoy en el área se limita a la información antigua que se tiene en la cuenca, Ecopetrol (1997) es necesario la adquisición de nuevos datos que permitan entender los diferentes procesos que dieron origen a los hidrocarburos y conocer a mejor detalle los diferentes sistemas geológicos que respaldan estas potenciales acumulaciones. Dado lo anterior, ECOPETROL S.A a través del Instituto Colombiano del Petróleo ICP ha iniciado diferentes campañas de adquisición de información geológica de superficie buscando adquirir conocimiento y ventajas competitivas en la priorización de las diferentes áreas. Gran parte de la información adquirida se ha respaldado mediante la construcción de mapas geológicos y el levantamiento de diferentes columnas estratigráficas en las áreas de Sur de la Serranía de la Macarena y San Vicente del Caguán y Florencia, que incluyen aspectos litológicos, composicionales y texturales de las unidades de roca.

Debido al poco conocimiento del área y a la caracterización litológica estática y poco detallada de la zona, se hace necesario ahondar en una descripción más compleja, a partir del uso herramientas petrológicas y petrográficas, con el fin de identificar las diferentes formaciones con potencial para reservorios y definir su continuidad, génesis y procedencia. La explicación conceptual del proyecto depende en gran medida de la descripción petrográfica de las rocas sedimentarias que conforman las columnas estratigráficas, de la comparación litológica entre dichas columnas ubicadas en las áreas de estudio y de la determinación de proveniencia de dichas secciones sedimentarias, basado en la implementación del método Dickinson 1985.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La exploración de hidrocarburos en La subcuenca Yarí – Caguán no ha sido tan intensa como en otras cuencas colombianas, a pesar de ser considerada como una zona con gran potencial para la acumulación de hidrocarburos. La información relacionada al área de estudio es bastante limitada debido a problemas de orden público principalmente, que han dificultado en cierta forma la realización de estudios formales en la región.

Actualmente Ecopetrol ha decidido concentrar su actividad exploratoria en la adquisición de nueva información de superficie a través de campañas de campo, con el fin de incrementar el conocimiento geológico del área y determinar la distribución espacial de las unidades sedimentarias en la sub Cuenca Yarí - Caguán.

El resultado de este análisis (proyecto) comprenderá aspectos petrológicos identificados a partir del análisis de proveniencia de las rocas sedimentarias que conforman cada una de las columnas estratigráficas, al igual que aspectos petrográficos que conllevaran a realizar una comparación litológica entre las columnas levantadas en las respectivas áreas de estudio. Finalmente, será un aporte al entendimiento de los diferentes procesos que dieron origen a los hidrocarburos y proporcionará información valiosa para soportar la idea de estas potenciales acumulaciones.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una comparación litológica y determinar la procedencia de las rocas sedimentarias correspondientes a las columnas estratigráficas generadas en las áreas del Sur de la Serranía de la Macarena, San Vicente del Caguán y Florencia; Sub cuenca Yarí-Caguán.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

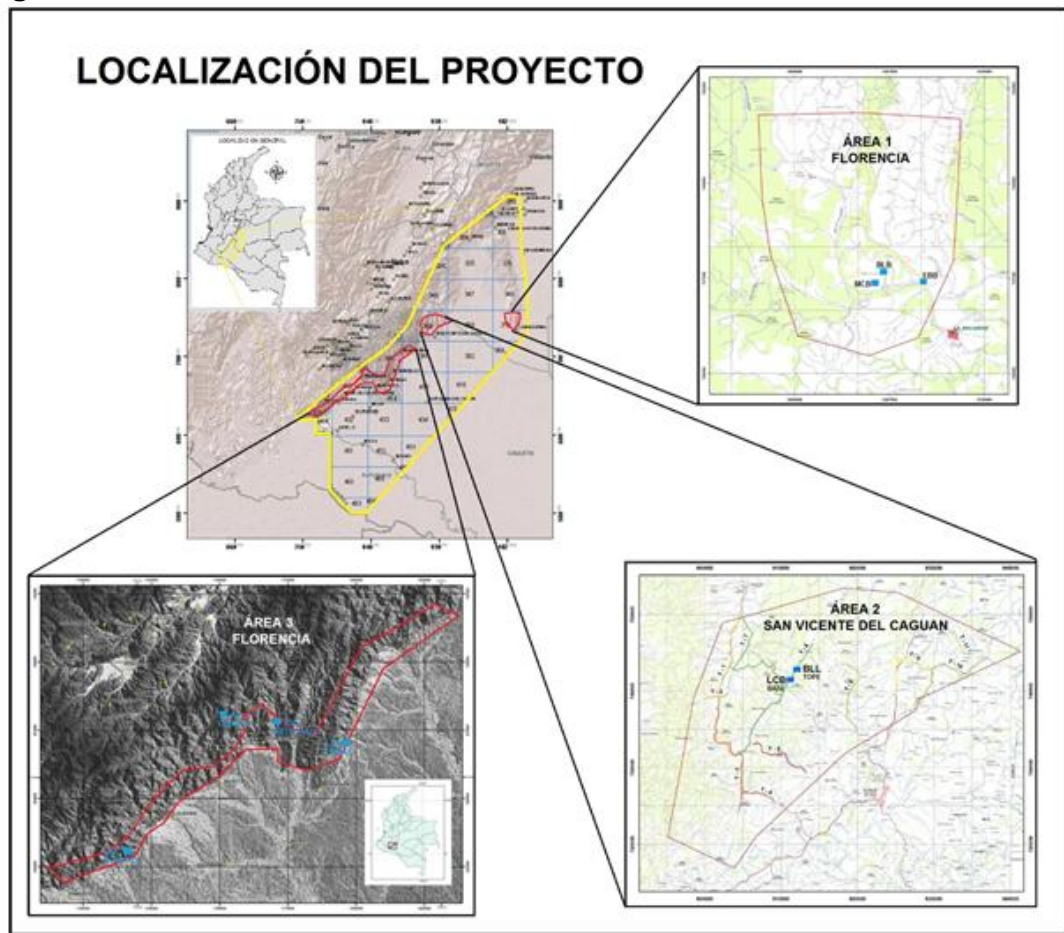
- Organizar y analizar la información tomada en campo por Ecopetrol S.A; suministrada como insumo para el desarrollo de este trabajo de grado.
- Analizar macroscópicamente las características litológicas de las rocas correspondientes a las columnas estratigráficas: “La Macarena”, “Las Lajas”, “Las Pavas”, “Rio Orteguzaza”, “El Cóndor” y “Las Doradas” generadas en las tres áreas de estudio.
- Analizar las características texturales y composicionales de las rocas que conforman las columnas estratigráficas: “La Macarena”, “Las Lajas”, “Las Pavas”, “Rio Orteguzaza”, “El Cóndor” y “Las Doradas” generadas en las tres áreas de estudio, mediante el análisis de secciones delgadas con conteo de puntos.
- Realizar un análisis de procedencia a las rocas sedimentarias correspondientes a las columnas estratigráficas levantadas en las áreas de estudio, aplicando el método Dickinson-Suczek (1985).
- Comparar las columnas estratigráficas de las áreas de estudio mediante la integración y análisis de los datos obtenidos durante este proyecto.

## 4. MARCO GEOLOGICO

### 4.1 LOCALIZACION

El área de estudio se centra en la sub cuenca Yará-Caguán (Figura 1), abarcando los sectores comprendidos entre la Serranía de la Macarena al noreste y la Cordillera Oriental al Oeste.

Figura 1. Localización de las tres áreas de estudio con sus respectivas planchas topográficas.



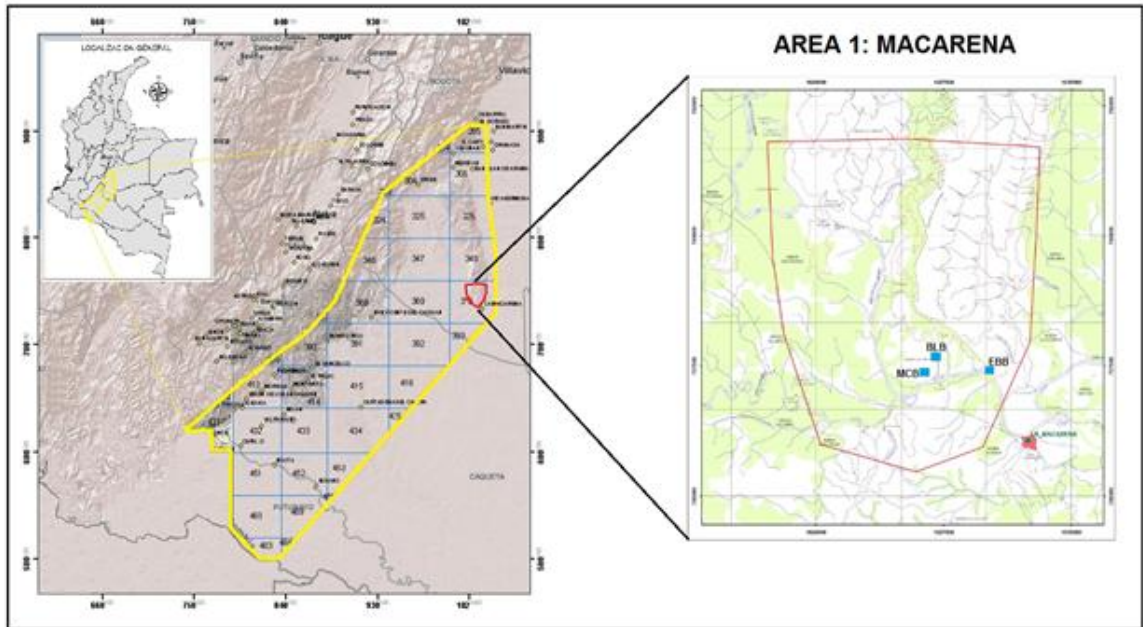
Fuente: Modificado ICP, 2013

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha subdividido dicha zona en tres sectores: 1) La zona sur de la serranía de la Macarena en el departamento del Meta, 2) El sector Noroccidental, en San Vicente del Caguán y 3) El Sector Suroccidental, que comprende el área de Florencia, estos dos últimos en el departamento de Caquetá.

El Área 1 corresponde a Macarena Sur (Figura 2), localizado en el departamento del Meta en cercanías al noroccidente del municipio de La Macarena. Para el área de estudio se empleó la plancha topográfica 370 del IGAC a escala 1:100.00 y planchas topográficas a escala 1:25.000 tales como: 370-I-B, 370-I-D, 370-II-A, 370-II-C, 370-III-B, 370-IV-A, cubriendo un polígono irregular de 256,03 km<sup>2</sup>. Dentro de esta zona se encuentran ubicadas las Columnas estratigráficas La Macarena, El billar y Bajo Lozada, las cuales nos permitieron realizar la comparación litológica con relación a las dos (2) zonas restantes.

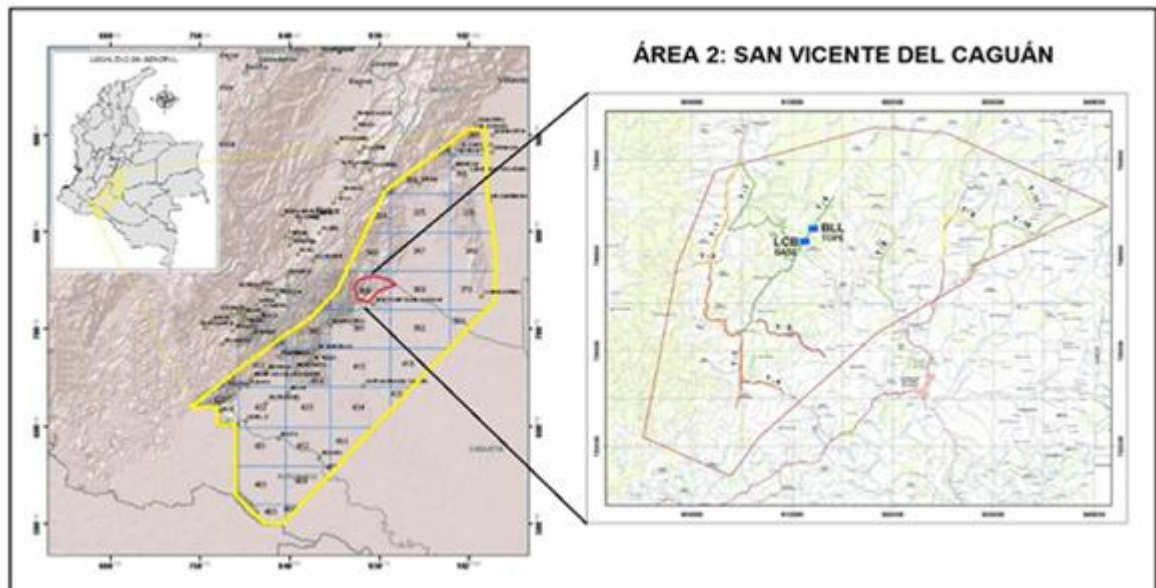
El Área 2 corresponde a San Vicente del Caguán, localizado al noroccidente del Departamento del Caquetá en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, más específicamente al noroccidente del municipio de San Vicente del Caguán. El área de estudio ocupa parte de las planchas topográficas del IGAC a escala 1:25.000 tales como: 368-I-C, 368-I-D, 368-III-A, 368-III-B, 368-III-D, 368-I-B y 369-I-C cubriendo un polígono irregular de 821,55 km<sup>2</sup>. (Figura 3). Dentro de esta zona se encuentra ubicada la Columna estratigráfica Las Lajas, la cual nos permitió realizar la comparación litológica con las otras dos (2) zonas del proyecto.

**Figura 2. Mapa de localización del Área No. 1 correspondiente al Sur de la Serranía de la Macarena.**



Fuente: Modificado ICP, 2013

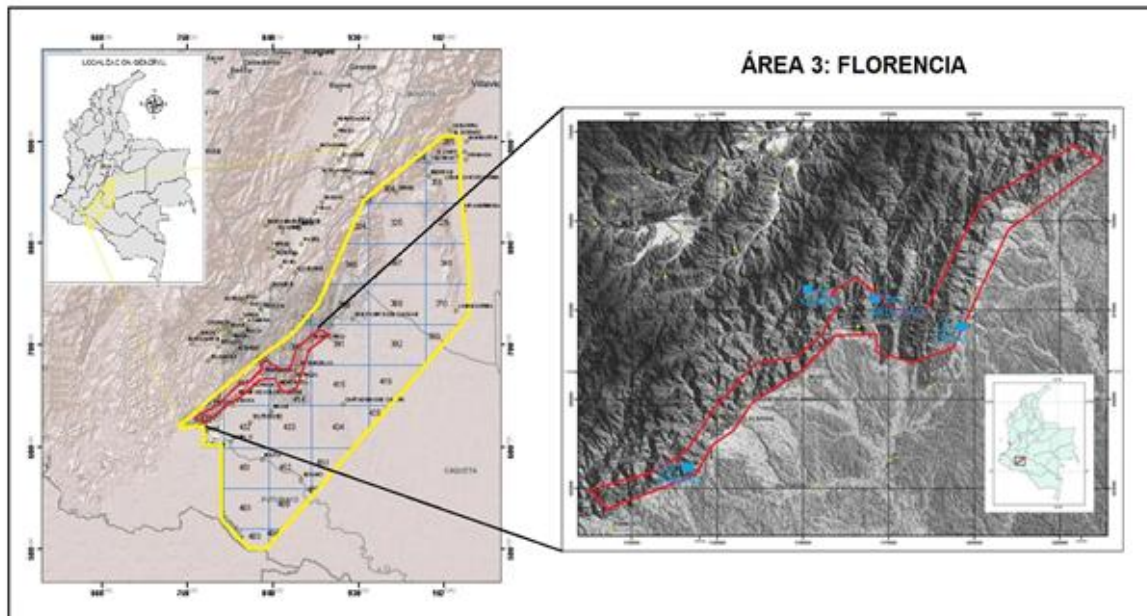
**Figura 3. Mapa de localización del Área No. 2 correspondiente a San Vicente del Caguán.**



Fuente: Modificado ICP, 2013

El Área 3 corresponde a Florencia, localizado al suroccidente del departamento del Caquetá, en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental. El área cubre un polígono irregular de aproximadamente 1648.8 km<sup>2</sup> y que se extiende desde cercanías al Municipio de Piamonte en el suroeste hasta el Municipio de Puerto Rico en el extremo nororiental, ocupando parte de las planchas topográficas del IGAC a escala 1:25.000 tales como: 389-IV-C, 390-IV-D, 413-I-D, 413-II-A/B/C/D, 413-III-A/B/C, 414-II-A, B, C, 431-B/C/D (Figura 4). Dentro de esta zona se encuentran ubicadas las Columnas estratigráficas Cantera Las Pavas, Rio Orteguzaza, Escuela el Cóndor y Quebrada las doradas, las cuales nos permitieron realizar la comparación litológica con relación a las dos (2) zonas restantes.

**Figura 4. Mapa de localización del Área No. 3 correspondiente a Florencia.**



Fuente: Modificado ICP, 2013

## 4.2 GEOLOGIA REGIONAL

La cuenca Yarí Caguán se encuentra localizada en la parte sur de Colombia, y se encuentra separada de la Cuenca del Putumayo por el paleoalto de Florencia, de la Cuenca de los llanos orientales por la Serranía de la Macarena al noreste y de

la Cuenca Valle Medio del Magdalena por la cordillera oriental al noroeste (*Olaya, I.D. et al, 1999*)

Es clasificada como *Foreland* con respecto a la cadena montañosa andina. Limita al Oeste con el sistema de fallas de vergencia sur oriental que produce el levantamiento de la Cordillera Oriental durante el Cenozoico Tardío. La secuencia sedimentaria que rellena la cuenca abarca desde el Paleozoico hasta el Reciente.

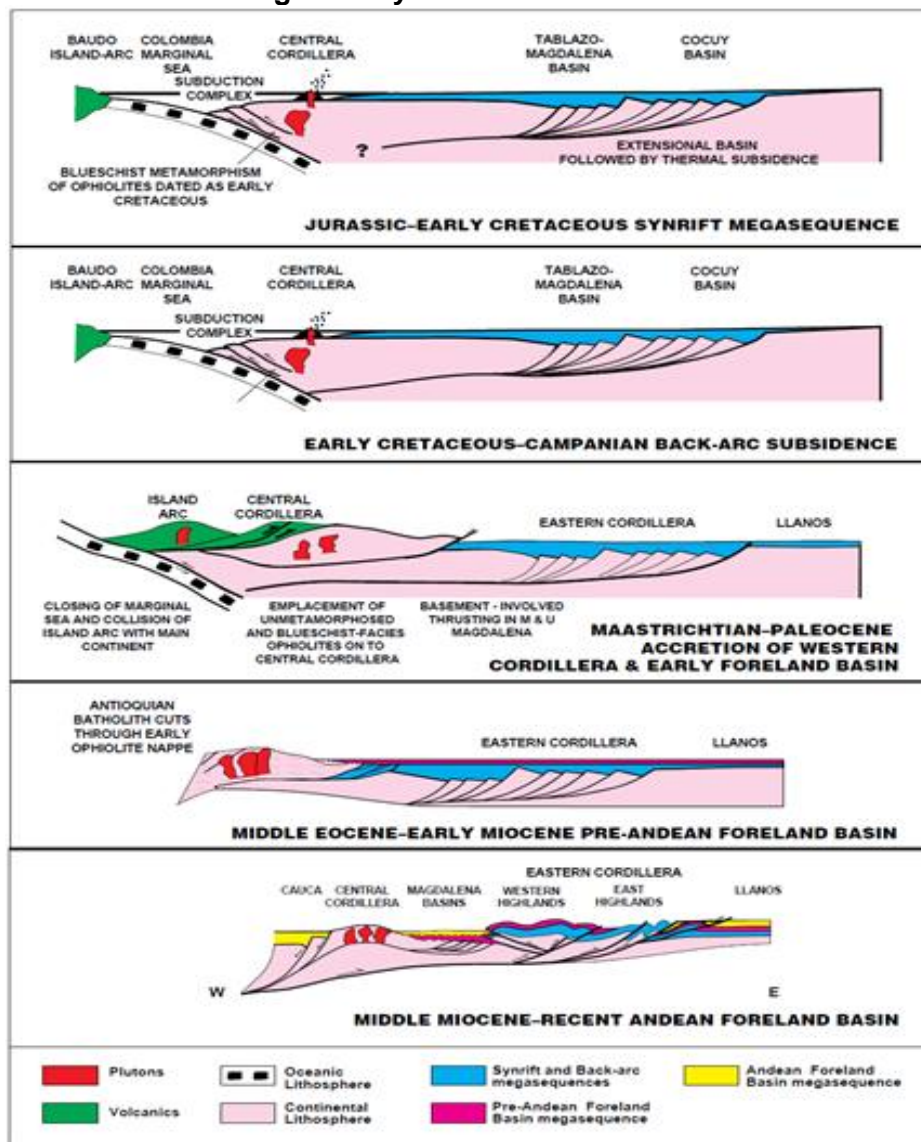
#### **4.2.1 Esquema tectónico regional y desarrollo de la cuenca.**

La historia tectónica de la cuenca está representada por cuatro periodos de deformación principal:

- I. Durante el Paleozoico inferior se han reportado sedimentos de margen pasivo, mientras que en el Triásico y Jurásico se han reportado condiciones de *Rifting*.
- II. En el Jurásico-Cretácico, evento distensivo de fallas extensionales subverticales con formación de grabens y amplios espacios de acomodación para las secuencias sedimentarios del cretácico. Estos sistemas de fallas sólo afectan en algunos casos a la Formación Caballos y la parte inferior de la Formación Villeta. (*Mora. C. et al, 2011*).
- III. Entre el Cretáceo Superior y el Cenozoico Inferior, la acreción de lo que hoy es la Cordillera Occidental, al oeste de Colombia, da inicio a la deformación compresiva, lo cual reactiva la depositación de la secuencia sedimentaria y el aporte de sedimentos detríticos hacia la cuenca , en ese tiempo constituida por las actuales cuencas del Valle Medio del Magdalena, Cordillera Oriental, Llanos Orientales y Yarí- Caguán, constituyendo una gran cuenca *Foreland* hasta el Eoceno – Oligoceno, que permitió la depositación de la Formación Rumiyaco y la Formación Pepino en el área de estudio. (*Schammel, 1991; Western Atlas, 1995*)

IV. En el Mioceno-Plioceno debido al levantamiento de la Cordillera de los Andes toda la secuencia sedimentaria fue basculada presentando actualmente un ligero buzamiento hacia el NW. Las estructuras creadas permanecieron intactas y se constituyeron en trampas. Este evento produjo la separación definitiva de esta cuenca de las vecinas, conservándose actualmente como una cuenca Foreland. . (Olaya, I.D. et al, 1999)

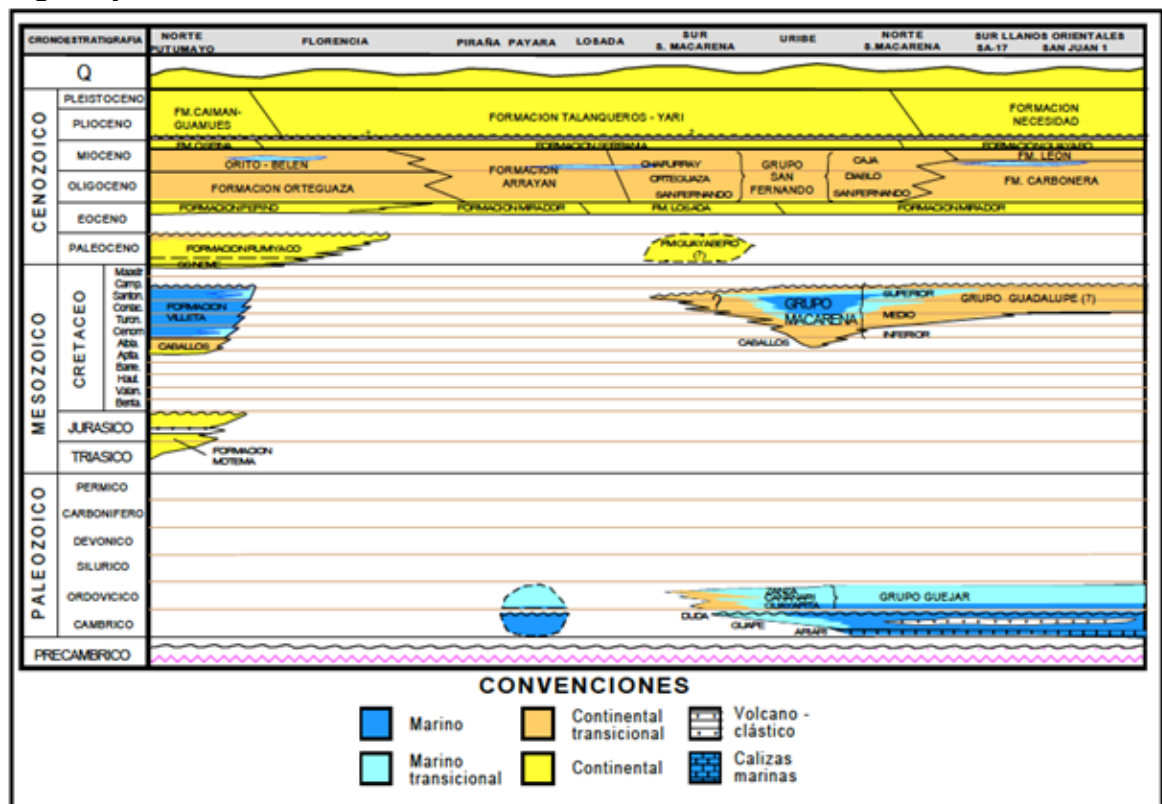
**Figura 5. Modelo secuencial de la evolución tectónica regional para la Cordillera Oriental, Valle medio del Magdalena y Cuenca Llanos.**



Fuente: Tomado de Cooper, 1995.

**4.2.2 Estratigrafía de la cuenca.** El registro geológico de la Cuenca Yari-Caguán abarca rocas desde el Precámbrico hasta el reciente (Figura 6). La cobertura sedimentaria es muy variable en espesor, alcanzando hasta 16.000 pies en el sector de La Uribe. A continuación se presenta la carta cronoestratigráfica propuesta por Ecopetrol (1997), la cual es la nomenclatura adoptada para este trabajo de grado.

**Figura 6. Carta cronoestratigráfica comparativa para las Cuencas de Putumayo, Caguan y Llanos.**



Fuente: Tomada de ICP, 1997

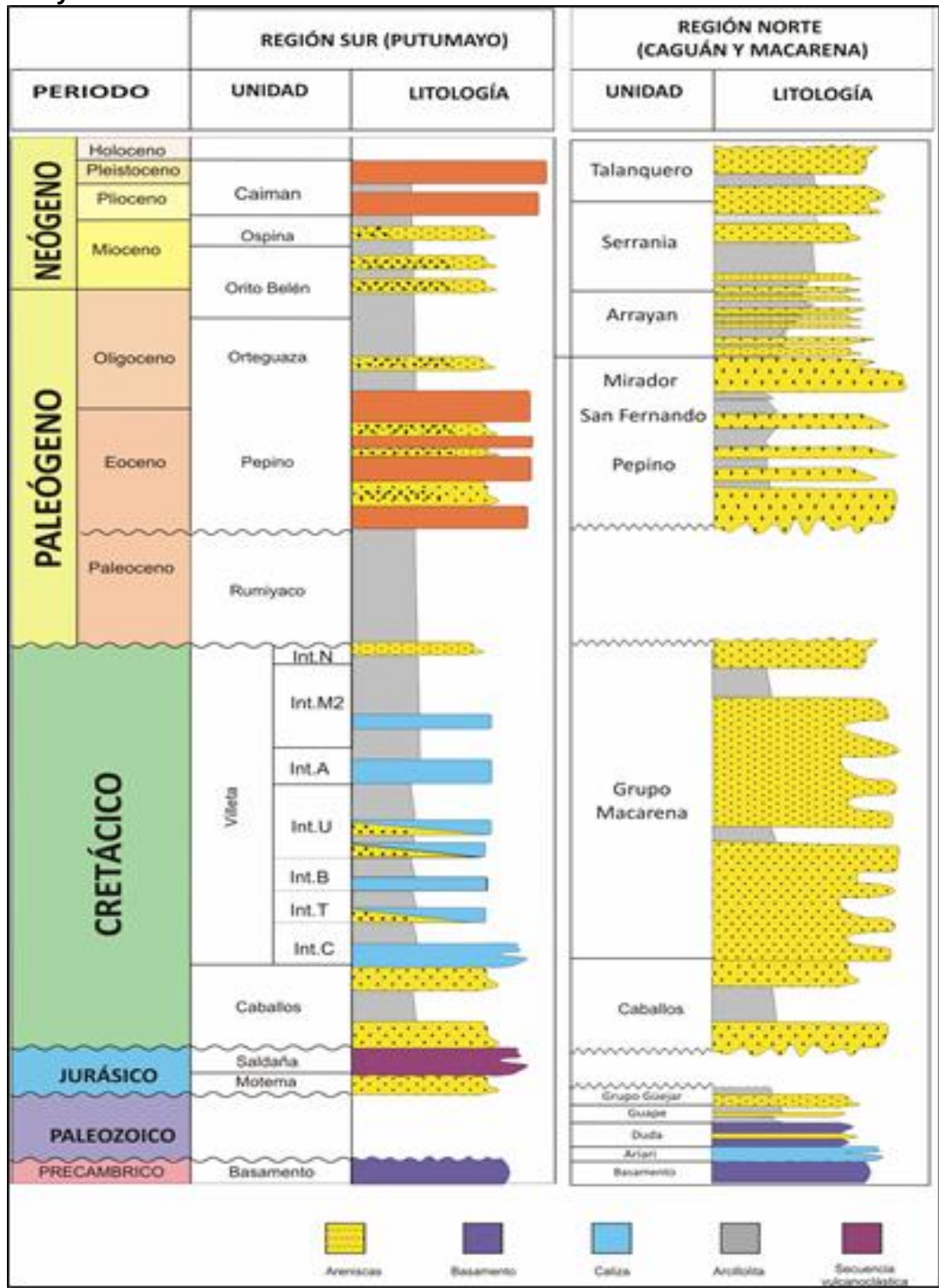
**4.2.2.1. Unidades estratigráficas presentes en el área de estudio.** La estratigrafía del área presenta unidades comprendidas entre la Serranía de la Macarena al noreste y la Cordillera Oriental al Oeste, centrándose en la subcuenca Yari-Caguán. Dichas zonas son: 1) Sur de la serranía de la Macarena 2) San Vicente del Caguán y 3) Florencia.

En el área Sur de la Serranía de la Macarena afloran unidades del Precámbrico (Basamento metamórfico de la Serranía de la Macarena) , Paleozoico Inferior – Cambro-ordovícico (Calizas del Ariari, Unidad Guape, Unidad Duda, Grupo Guejar), Paleozoico Superior (No hay registro), Cretácico Inferior ( Formación Caballos), Cretácico superior (Grupo Macarena), Paleoceno (Formación Guayabero?), Paleógeno – Eoceno (Formación Losada), Paleógeno - Oligoceno (Grupo San Fernando: Fm San Fernando, Fm Orteguaza y Fm Chafurray - Mioceno), Neógeno - Mioceno (Formación Serranía) y Neógeno Plioceno-Pleistoceno (Formación Talanqueros-Yari).

La zona de San Vicente del Caguán comprende unidades del Precámbrico (Basamento Cristalino del Complejo de Garzón) , Paleozoico Inferior – Cambro-Ordovícico (Calizas del Ariari, , Unidad Guape, Unidad Duda, Grupo Guejar), Paleozoico Superior, En el área de Yari – Caguán no han sido reportada unidades para el Paleozoico Superior, Sin embargo, Ecopetrol (1998) indica que la información del subsuelo es insuficiente para corroborar esta posibilidad, ya que al oeste de la cordillera oriental hay registro sedimentario del Devonico-Carbonifero-Permico (Grupo Farallones, Formación Floresta), Cretácico Inferior (Formación Caballos), Cretácico Superior (Grupo Macarena) Paleógeno - Eoceno (Fm Pepino/Mirador) Paleógeno - Oligoceno- (Fm Arrayan) , Neógeno - Mioceno (Formación Serranía) y Neógeno Plioceno-Pleistoceno (Formación Talanqueros-Yari).

El sector de Florencia comprende unidades del Precámbrico (Basamento Cristalino Complejo Garzón), Triásico - Jurásico (Formaciones Motema y Saldaña), Cretácico (Formaciones Caballos y Villeta), Paleógeno – Paleoceno (Formación Rumiaco), Paleógeno – Eoceno (Formación Pepino), Paleógeno-Oligoceno (Formación Orteguaza), Neógeno – Mioceno (Grupo Orito: Formaciones Belén y Ospina) y Neógeno Plioceno-Pleistoceno (Fm Caiman-Guamues).

Figura 7. Columnas crono-estratigráficas generalizadas de las Cuencas Caguán y Putumayo



Fuente: Modificado de Gems, 2008

## PRECAMBRICO

### **Región Norte (Caguán y Macarena Sur) y Región Sur (Florencia)**

El Precámbrico está representado por rocas metamórficas de alto grado, granulitas y anfibolitas de composición cuarzo feldespáticas e intercalaciones máficas, ultramáficas y palíticas (*Kroonenberg, 1982*) pertenecientes al Macizo de Garzón y otros litodemas genéticamente relacionados con el Escudo de Guyana (*REPSOL, 2006*). También lo conforma el basamento metamórfico de la Serranía de La Macarena, que en conjunto se denomina terreno Andaquí, diferenciándose del escudo por haber sufrido metamorfismo de alto grado durante el evento Nickeriense (1.100-1.300 m.a), cuando éste terreno fue acrecionado al escudo de Guyana; se considera que la acreción del basamento Precámbrico de la Cordillera Oriental, denominado como terreno Chibcha, ocurrió a finales del Paleozoico (*Toussaint, 1993*).

## PALEOZOICO INFERIOR

Cabe resaltar que el basamento paleozoico de la cuenca es de tipo continental y no se ha estudiado completamente (*REPSOL, 2006*). Por otro lado, para Bridger C. (1982), ICP y otros autores el Paleozoico Inferior está formado por:

### **Región Norte (Caguán Y Macarena Sur).**

La secuencia sedimentaria en este sector es espesa, litológicamente variable y con ambientes de depositación de frente arrecifal y turbiditas predominantemente. Las unidades se han discriminado de la siguiente manera:

**Formación Ariari:** (Cámbrico); Acumuladas en el costado occidental del cratón estable, probablemente correspondiente a un margen continental pasivo con bajo aporte de sedimentos clásticos. Descrita para la zona de Caguán, como calizas, localmente estromatolitos y dolomitas en la parte superior; formada en un

ambiente de transición de frente de arrecife a laguna arrecifal. Se reportan 500 m de espesor en los Cerros de Calime, aunque su base no aflora (*ICP, 1997*). También considerada como una secuencia de calizas gruesas sin fósiles, cortadas por diques de gabros de la misma edad (*Trumpy, 1945*).

**Formación Güape:** (Ordovícico inferior?-medio?) Descrita para la zona del Caguán como una formación compuesta por esquistos, diabasas y cuarcitas (se incluyen intrusiones y vulcanismos) siendo concordantes con la Unidad Ariari, debido al desarrollo de un arco insular que fue acrecionando al cratón. Su espesor aproximado es de 1.250 m en el cañón del Río Guape. (*Bridger, 1982*).

**Formación Duda:** (Ordovícico inferior?-medio?) Descrita como una unidad compuesta por areniscas calcáreas y lodolitas de origen turbidítico depositados posterior a la acreción del arco insular, hallado en los cerros de Calime en la zona de Caguán. (*Bridger, 1982*).

**Grupo Güejar:** (Ordovícico inferior, SHELL, 1937) Secuencia litoestratigráfica compuesta para el sector de la Serranía de la Macarena de base a tope así: Aproximadamente 15 m de lutitas negras con delgadas capas de caliza, de edad Tremadociano Temprano, 150 m de sedimentos de edad Tremadociano Tardío y una unidad más lutítica que las anteriores, aproximadamente de 160 m de espesor. El Grupo Güejar se divide en: Unidad Guayapita, Unidad Cananari y Unidad Zanza. (*Bridger, 1982*).

- **Unidad Guayapita.** (Ordovícico inferior tremadociano); Compuesto por Shales grises oscuros a negros con capas basales delgadas de caliza asociados a una transgresión marina desde los Llanos hasta la parte meridional de la Serranía de la Macarena. Esta unidad se encuentra en paraconformidad sobre la unidad Duda. (*Bridger, 1982*)

- **Unidad Cananari:** (Ordovícico); Areniscas cuarcíticas bien sorteadas y limpias, de edad Arenigiana en base a *Acritarcos* en Araracuara (*Thery, 1981*) y *Cruziana Furcifera* (*Hughes, 1981*). Tiene una relación concordante con la unidad inferior. (*Thery y Hugues, 1981 en Bridger, 1982*)
- **Unidad Zanza:** (Ordovícico inferior llanvirniana) Grauvacas intercaladas con capas de limolitas, areniscas y conglomerados, con hallazgos fosilíferos en la Serranía de La Macarena. Cabe resaltar que a partir de dataciones y determinación de ambientes realizados en el pozo Payara-1, se deduce un ambiente nerítico para un paquete Cambro - Ordovícico de 750', básicamente arenoso con posibles intervalos calcáreos y escasas intercalaciones de material lodoso. (*Bridger, 1982*)

### **Región Sur (Florencia)**

En este sector no se han encontrado registros de rocas de edad Paleozoica, la secuencia sedimentaria conocida comienza en el Triásico-Jurásico.

## **PALEOZOICO SUPERIOR**

### **Región Norte (Caguán y Macarena Sur) y Región Sur (Florencia)**

No han sido reportadas unidades del Paleozoico Superior para el área de Yarí-Caguán debido a que esta permaneció emergida hasta el Cretáceo Inferior. Sin embargo, el *ICP (1998)* indica que la información del subsuelo es insuficiente para corroborar esta posibilidad. Es importante anotar que al oeste de la cuenca en la Cordillera Oriental hay registro sedimentario del Devónico, Carbonífero y Pérmico; Grupo Farallones, Formación Floresta, (*Julivert, 1968*). Así mismo, en el Macizo de Garzón y en el Valle Superior del Magdalena hallaron registro sedimentario del Paleozoico Superior.

## TRIASICO – JURASICO

El registró Triásico-Jurásico, se ha descrito solo para el sector sur de la Cuenca Caguán-Putumayo con unidades de ambientes continentales y en menor proporción ambientes marinos restringidos al sector de Orito. La secuencia se encuentra discontinua en el sector norte por la presencia de altos de basamento. (ANH, 2009)

### **Región Norte (Caguán y Macarena Sur)**

En el Sector Norte durante el Triásico - Jurásico se produjo el levantamiento del basamento por lo que no hubo depositación de unidades. (ANH, 2009)

### **Región Sur (Florencia)**

Durante el Triásico–Jurásico se depositaron materiales vulcano-sedimentarios de las Formaciones Motema y Saldaña. (ANH, 2009)

**Formación Motema:** (Triásico- Jurásico) Compuesta por capas rojas de limolitas, arenas y conglomerados, con ocurrencia ocasional de brechas volcánicas, tobas e intrusiones de rocas hipoabisales. El ambiente asociado a esta unidad es fluvial de bajas condiciones oxidantes y con gran aporte volcánico (REPSOL, 2006).

**Formación Saldaña:** (Triásico- Jurásico) Secuencia vulcanosedimentaria con intercalaciones de flujos de lava, tobas, aglomerados, areniscas tobáceas y limolitas en la zona sur de la cuenca (INGEOMINAS, 2003).

## CRETACICO

Durante el Cretácico Inferior en la Cordillera Oriental (al norte de la Macarena) los eventos de rifting continuaron, sin embargo, es posible que no afectaran directamente, sino marginalmente al área de Yarí-Caguán, debido a la ausencia

de registro sedimentario de esta edad por permanecer emergida. Sin embargo, al oriente de la cuenca el Cretácico corresponde a un sector con un alto estructural por lo que la depositación se restringe al sur, en el sector Florencia, donde aflora la secuencia marino somero, clástico- calcárea de las Formaciones Caballos y Villeta. Hacia la zona noroccidental del sector Caguán, las unidades reflejan un ambiente de depósito transicional deltaico con influencia continental. (ANH, 2009)

### **Región Norte (Macarena Sur)**

**Grupo Macarena:** Las sedimentitas del grupo Macarena son bastante arenosas y son descritos en dos segmentos (ICP, 1997):

1. **Macarena Inferior:** Intercalación de niveles de arenisca crema, cuarzosa, muy fina a fina, con clastos angulares a subangulares, localmente conglomerática; niveles de arcillolitas físis gris oscuro a negro. Ocasionalmente se observan niveles de carbón. Se interpreta como un depósito de llanura aluvial costera.
2. **Macarena Superior:** Areniscas cuarzosas, de color crema, con clastos subangulares y angulares, con moderada a mala selección, fragmentos carbonosos e intercalaciones de arcillolitas gris claro, masivas, localmente físis. Se interpreta como depósito de llanura aluvial hasta litoral.

Para complementar, los sedimentos del Cretáceo Superior de la Macarena fueron depositados en un ambiente transicional deltaico, con influencia continental fluvial (ríos trenzados) en la parte inferior y episodios marinos en la parte superior. Las reconstrucciones paleogeográficas regionales para el Cretácico Superior muestran un área continental emergida hacia el SE y un área marina hacia el SW con una línea costera con orientación N-NE en una cuenca asimétrica similar a un margen continental pasivo. Las terminaciones onlap del Cretácico hacia el oeste podrían indicar para el área de Yarí-Caguán una re-entrante hacia el sur a manera de golfo (Lamilla y Moreno, 1986)

### **Región Norte (Caguán)**

**Formación Caballos:** (Cretácico Aptiano); Secuencia de areniscas de grano fino a conglomerático, intercaladas con niveles lodosos. Depositada en una llanura aluvial hasta litoral que representa posiblemente un ambiente lacustre durante el ciclo transgresivo. (*ICP, 1997*).

### **Región Sur (Florencia)**

**Formación Caballos:** (Cretácico Aptiano- Albiano, Geoestudios, 1993 o Albiano tardío a Cenomaniano, Mora et al., 1998). Referenciada por (*Grosse, 1935*), denominada por (*McGirk, 1949*) y descrita por (*Olson, 1956*). Esta unidad se caracteriza por la ocurrencia de una secuencia granodecreciente que descansa discordante sobre la Formación Saldaña y que tiene contacto a veces neto y a veces transicional con la suprayacente Formación Villeta. La Formación Caballos inicia a veces con conglomerados finos de cuarzo transparente en la base y a veces con cuarzoarenitas. Las cuarzoarenitas son de tamaño de grano medio a grueso interlaminadas con carbón y arcillolitas carbonosas, hacia la parte media y superior de la unidad se observa alternancia de calizas, pelitas grises oscuras y areniscas que se pueden interpretar paleoambientalmente como resultado de oscilaciones del mar y de la depositación en ambientes más transicionales a marinos poco profundos (barras de boca de distributario y depósitos de playa). La secuencia en general es transgresiva con algún aporte de material volcánico. Los espesores reportados son variables que van desde los 40 m hasta los 150 m. (*Nuñez. A., 2003*). Cabe resaltar que en la base del Cenozoico se encuentran depósitos clásticos provenientes de la Formación Caballos de edad Aptiano-Albiano alcanzando un espesor de 320 pies (en pozo) y 525 pies (en superficie). La unidad tiende a adelgazarse hacia el este. (*REPSOL, 2006*).

**Formación Villeta:** (Cretácico Albiano - Maastrichtiano Temprano); Compuesta principalmente por lodolitas de color gris muy oscuro a negro, con estratificación fina y laminación plana paralela a ondulosa paralela, con fósiles de bivalvos que se intercalan con estratos medios a muy gruesos tabulares de “intraesparitas a pelmicritas” de bioclastos, de color gris muy oscuro a negro, bioperturbadas. Son frecuentes fósiles de restos de peces, abundantes pellets y oolitos, fragmentos de materia orgánica, intensa bioperturbación, así como impresiones de amonitas y bivalvos articulados. La Formación Villeta descansa normalmente sobre la Formación Caballos pero su límite superior a veces es disconforme, a veces paraconforme con la Formación Rumiyaco y, a veces fallado con las Formaciones Rumiyaco y Pepino. Su espesor oscila entre 320 y 380 m (*Nuñez. A., 2003*).

Se reconocen dos Miembros: Villeta Inferior y Superior, descritos a continuación:

- I. **Villeta inferior** (Albiano-Cenomaniano); Se reconocen 6 intervalos litoestratigráficos que representan periodos de sedimentación marina interrumpidos por periodos de aporte continental. Las facies más gruesas, grainstone, packstone/wackstone se caracterizan por la presencia de bivalvos, ostreidos y en menor proporción gasterópodos y equinodermos, fragmentos de conchas generalmente recristalizados y sin una orientación preferencial, peloides micritizados y glauconita con bioclastos (*BEICIP y FRANLAB, 1988 en ANH,2009*).
- II. **Villeta Superior** (Cenomaniano-Maastrichtiano): Predominan las facies arcillosas y limosas y en menor proporción facies calcáreas generalmente como delgados niveles de wackestone y packstone de bioclastos. Las facies finas se interpretan como depósitos de plataforma media a externa con ocasionales depósitos de tormenta que corresponderían a las facies calcáreas. La depositación del Miembro Villeta Superior se produce en respuesta a una subida del nivel base; Se evidencia en el cambio facial y en los valores altos del registro Gamma Ray que corresponde a arcillas principalmente. (*ANH, 2009*)

## CRETACICO- PALEOGENO (PALEOCENO)

Los eventos tectónicos pre-Paleoceno y pre-Oligoceno posiblemente reactivaron fallas preexistentes con orientación NE-SW. Este evento de deformación parece ser responsable de la erosión parcial de los depósitos del Cretáceo y Paleoceno (si existieron) en el área de Yarí-Caguán y causante de la inconformidad regional del Eoceno temprano, de manera análoga como ocurrió en todo el este de Colombia (*Total, 1995 en ICP, 2013*).

En la Cuenca de Yarí-Caguán los sedimentos del Terciario se depositaron en el área localizada entre los altos de Florencia y la prolongación sur de la Macarena (Alto de Yarí), rellenando la paleotopografía existente, tal como parecen indicarlo las terminaciones onlap reportadas sobre estos altos así como sobre el borde oeste del Alto de Florencia, donde los sedimentos se acuñan (*Shell Colombia, 1989*). Los depósitos Terciarios se encuentran dispersos en un área más extensa que los sedimentos Cretácicos. la secuencia sísmica correspondiente al Terciario descansa en onlap sobre la secuencia infrayacente (Cretáceo o Paleozoico) o el basamento. (*Beicip, 1988 en ICP,2013*)

### Región Norte (Macarena Sur)

**Formación Guayabero:** La información recolectada sugiere la ausencia total de sedimentos del Paleoceno en la Cuenca de Yarí-Caguán (*ICP, 1998*). La única referencia existente sobre sedimentos del Paleoceno es hecha por *Navarrete, 1995*, quien reporta estas rocas en el sur de la Serranía de la Macarena La inconformidad en su base, probablemente análoga a la de los depósitos Paleocenos de los Llanos Orientales, sería el resultado de un primer evento tenue de levantamiento en respuesta a la acreción del terreno de la actual Cordillera Occidental al oeste de Colombia (*McCourt et al., 1984 en Cooper 1995*).

### **Región Norte (Caguán)**

En el sector Caguán, la series Maastrichtiano y Paleoceno están ausentes, excepto al norte donde hay sedimentitas de tipo continental provenientes posiblemente de las áreas exhumadas que abarcan la mayoría de la zona. (ANH,2009)

### **Región Sur (Florencia)**

**Formación Rumiayaco:** (Cretácico - Paleoceno) Referenciada por *Saville, 1943* en *Miley & McGirk (1948)*, definida en el ámbito petrolero por *Mc.Girk, 1949*. Esta formación se compone en la base de niveles arenosos intercalados con delgadas capas conglomeráticas que puede ser equivalente con la Arenisca del Neme, en el Valle Superior del Magdalena (*Mora et al. 1998*). El tope de la unidad corresponde a arcillolitas, limolitas rojas y algunos niveles arenosos. La parte central presenta una intercalación de delgadas capas de arenas arcillosas y limolíticas. Hacia el oeste de la cuenca, esta se compone de arcillas y limolitas que hacia el tope se vuelve más arenosa. El ambiente de depositación varía de marino a continental (inter-mareales, costeros y pantanos) marcando el cambio de las condiciones marinas que prevalecían en el Cretácico, a continental durante el Cenozoico.

Hacia el oeste, la parte más profunda de la cuenca corresponde a ambientes marinos restringidos. Su contacto inferior con la Formación Villeta es discordante debido a un hiato; en el oeste y centro de la cuenca el contacto superior con la Formación Pepino es discordante y probablemente coetánea con la elevación del paleoalto de Florencia y el levantamiento de la Cordillera Oriental. Durante el Eoceno los primeros pulsos de la Orogenia Andina dieron lugar a la elevación de áreas en el oeste. La dirección de la fuente para los sedimentos clásticos cambió del este (Escudo de Guyana) a los terrenos andinos levantados al oeste.

## PALEOGENO (EOCENO)

### Región Norte (Macarena Sur)

**Formación Losada:** La reanudación de la sedimentación sobre la superficie emergida representada por el hiato del Eoceno Inferior, corresponde a las areniscas, a veces conglomeráticas, con estratificación cruzada de la Formación Losada depositadas como relleno de valles análogamente a la Formación Mirador de los Llanos Orientales (*Cazier et al., 1995 en ICP 2013*). Las direcciones de paleocorrientes en las areniscas y conglomerados del Eoceno, contrariamente a las del Cretáceo Superior, sugieren áreas de aporte localizadas al oeste, lo que es confirmado por la abundante presencia de clastos tamaño guijo de composición variable, cuyo tamaño decrece hacia el este a medida que se aleja de la zona de aporte (*ICP,2013*)

### Región Norte (Caguán)

**Formación Mirador:** Descrita para los sectores de San Vicente del Caguán y el Paleosalto de Florencia como una arenisca grisácea a blanca y conglomerática, de grano medio a grueso, de moderada selección, con líticos metamórficos de chert. Localmente se presentan lodolitas gris verdosas, intercaladas con niveles de areniscas lodosas, cuarzosas, con granos subangulares a angulares, moderada a mala selección, con fragmentos carbonosos y arcillolitas gris oscuro claro, masivas, localmente físciles; depositadas en un ambiente litoral a nerítico interno localmente con influencia aluvial (*ICP, 1997*). Para el desarrollo del presente trabajo, debido a las características litoestratigráficas propias de la unidad, se decide utilizar la nomenclatura de la Cuenca Putumayo, que cataloga a esta unidad como Formación Pepino.

### **Región Sur (Florencia)**

**Formación Pepino:** Se divide en tres miembros estratigráficos. El miembro inferior está constituido principalmente por conglomerados, el miembro medio por arcillolitas, limolitas rojas ocasionalmente calcáreas y areniscas marrón con matriz arcillosa; el miembro superior presenta lentes de conglomerados gruesos intercalados con areniscas, arcillolitas duras y limolitas no calcáreas. Su espesor aumenta hacia el oeste de la cuenca, de 200 a 300 pies hasta valores superiores a los 1600 pies alcanzados en el depocentro cuya orientación es norte- sur, entre los pozos Azul Grande-2 y Tambor-1. Su ambiente deposicional es continental - fluvial. La composición del material sugiere que el área de la fuente para estos sedimentos fue la Cordillera Central. El contacto inferior con la Formación Rumiyaco es discordante y localmente erosivo. El contacto superior es concordante con la Formación Orteguaza debido al aumento gradual de condiciones de baja energía. (*Saville, 1943 en Miley & McGirk, 1948*)

## **PALEOGENO – NEOGENO**

En el sector Caguán, al oriente, estas litologías se describen como pertenecientes a las series Eoceno Superior-Oligoceno dentro de las Formaciones Arrayan, Serranía y Talanqueros-Yari. Hacia el sector del Putumayo se deposita el Grupo Orito con la Formación Orteguaza y la Formación Orito-Belén.

### **Región Norte (Macarena Sur)**

Sobresale el Grupo San Fernando; constituido por tres unidades principales:

**Formación San Fernando:** (Eoceno Superior - Oligoceno Inferior); Fue depositada en un ambiente deltaico con súbitos cambios relativos del nivel del mar. (*Navarrete, 1995*).

**Formación Orteguzza:** (Oligoceno Superior a Mioceno Inferior); Fue depositada en ambientes transicionales con algunas capas delgadas de caliza, que registran incursiones marinas alternantes con depósitos que contienen faunas de agua dulce. Estas unidades probablemente registran varios ciclos de depósito de llanura costera con episodios de influencia marina similar a los de la Formación Carbonera de los Llanos Orientales (*Geotec, 1972 en ICP, 2013*).

**Formación Chafurray:** (Mioceno inferior); Compuesta principalmente de lutitas y acillolitas como resultado de una incursión marina similar a aquella interpretada para la Formación León de los Llanos Orientales (*Cooper et al., 1995*).

**Formación Serranía:** (Mioceno medio a superior); Conformada por arcillas moteadas gris rojas a gris marrón, areniscas y capas delgadas de carbón, el cual registran sedimentación de agua dulce o de la parte alta de la llanura costera (*Geotec, 1972 en ICP, 2013*). Se interpretan algunas incursiones marinas menores durante el Langiense-Serravaliense (Mioceno) con base en evidencia micropaleontológica, que eventualmente conectaron el actual Valle del Magdalena, los Llanos y el NW de la Amazonía. (*Navarrete, 1995*)

### **Región Norte (Caguán)**

**Formación Arrayan:** (Paleógeno-Oligoceno) Consta de una intercalación de rocas lutíticas rojas a grises con niveles de areniscas de grano fino, láminas de carbón y algunos niveles fosilíferos en los que se distinguen gasterópodos, ostrácodos y foraminíferos en el sector de San Fernando y Uribe en la Serranía de la Macarena. Los depósitos del Mioceno se formaron en condiciones de llanura aluvial a transicional, con incursiones marinas locales (*ICP, 1997*).

**Formación Serranía:** (Neógeno-Mioceno) Consta de niveles de limolitas y arcillolitas varicoloreadas intercaladas con arenisca fina a conglomerática reportados en el sector del Caguán con un espesor de 45m (*ICP, 2001 en ANH, 2009*).

**Formación Talanqueros- Yará:** (Neógeno Plioceno-Pleistoceno) Durante el evento principal de deformación y levantamiento de la Cordillera Oriental y del Macizo de Garzón, las cuencas de Putumayo y Yará - Caguán se convirtieron en cuencas foreland, con aporte de sedimentos derivados de la Cordillera Oriental. Constituida por areniscas, conglomerados e interestratificaciones arcillosas que reposan inconformemente sobre la Formación Serranía u otras unidades, probablemente representan depósitos fluviales o límnicos heredados de la erosión de la recién levantada Cordillera Oriental (*Geotec, 1972 en ICP, 2013*).

### **Región Sur (Florencia)**

**Formación Orteguzza:** (Paleógeno-Oligoceno); Esta unidad consiste en una intercalación de arcillolitas, limolitas grises, areniscas finas y ferruginosas y delgadas capas carbonosas. Posee abundantes intercalaciones de lignito. Este depósito se origina durante las dos importantes fases tectónicas en las que se levantó la cordillera andina. El espesor de esta formación disminuye hacia el oeste, estando ausente en la parte noreste del Putumayo debido a la erosión causada por el tectonismo Andino. El ambiente de depositación de esta formación es salobre restringido. El contacto inferior con la Formación Pepino es concordante. El contacto superior con el Grupo de Orito-Belén es discordante. (*Saville, 1943 en Miley & McGirk, 1948*)

**Grupo Orito:** (Neógeno-Mioceno) Conformado por la Formación Belén y Formación Ospina: Ambas se componen de arcillas intercaladas con limolitas con escasos lentes de arenisca arcillosa (algunas de las cuales exhiben estratificación

cruzada) y abundantes intercalaciones de lignito. El contacto inferior con la Formación Orteguzza y el superior con los depósitos Cuaternarios sobrepuestos son discordantes. (ANH, 2009)

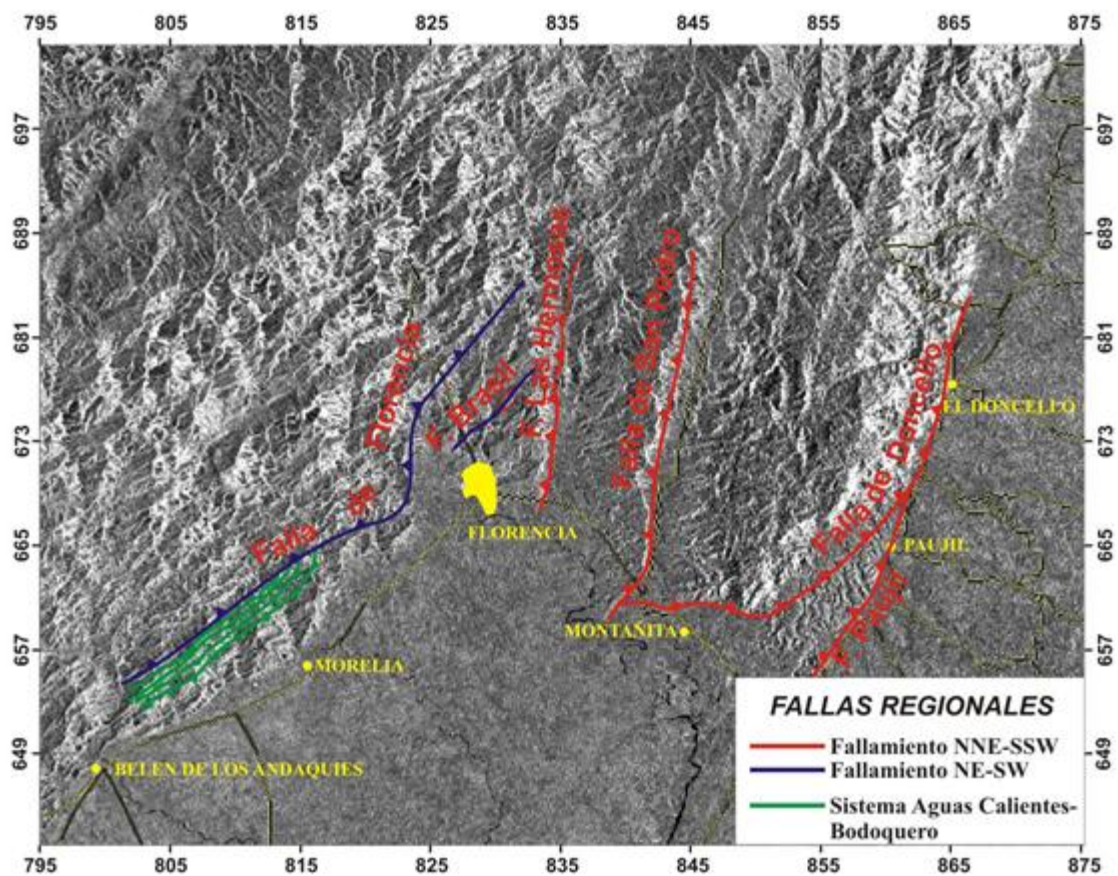
#### **4.2.3. Geología estructural**

La zona de trabajo es muy compleja desde el punto de vista estructural, con variedad de estructuras orientadas en dos direcciones principales: NNE-SSW y NE-SW. Se trata de pliegues regionales amplios con flancos fallados, fallas inversas de alto y bajo ángulo con vergencias tanto al noroccidente como al suroriente. Así también como pliegues menores asociados a fallas de bajo ángulo y ocurrencia local. (ANH, 2009)

Estas estructuras están asociadas a fallas regionales equivalentes al norte con el Sistema de Fallas del Caguán, el cual constituye el límite oriental de la Cordillera Oriental. Estas estructuras conforman en conjunto el Sistema de Fallas del Borde Amazónico. Son fallas con vergencia al Oriente y orientación preferencial NE-SW, levantan el bloque tectónico de la Cordillera Oriental, constituido por metamorfitas del Complejo Garzón y lo montan sobre la cobertura sedimentaria de la Cuenca Caguán-Putumayo. (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ANH, 2009)

**FALLAS:** En el área de trabajo se diferencian dos grupos de fallas regionales con vergencia al suroriente (**Figura 8**); localizadas al oriente y occidente de Florencia, asociados a las dos direcciones preferenciales de fallamiento en la zona: NE-SW y NNE-SSW. (ANH, 2009)

Figura 8. Área controlada por dos grupos de fallas regionales; una ubicada al oriente de Florencia con orientación NNE-SSW (Trazo rojo). La segunda (Trazo azul), integrada por las fallas de Florencia y Brasil , con rumbo NE-SW.



Fuente: Tomado de ANH, 2009)

### **Falla de Florencia**

Estructura localizada al occidente de Florencia, extendiéndose al sur hacia San José de Fragua y configurando parte del Sistema de Fallas del Borde Amazónico. Al norte esta falla continua dentro del bloque estructural de la Cordillera Oriental. Entre Florencia y Morelia adquiere una dirección este – oeste desarrollando una empinada rampa en las metamorfitas del Complejo de Garzón cuyo arrastre pone en contacto estas rocas con las formaciones Rumiyaco, Pepino y Orteguaza. En general, muestra una dirección entre N30-40E y N10-30E, sin embargo a la latitud de Florencia adquiere una dirección próxima a la N-S cercanamente transversal al tren andino (**Fotografía 1**).

Al sur cuando alcanza los horizontes estratigráficos de la Formación Rumiayaco, se enmascara en los segmentos arcillosos de esta unidad, expresándose con pequeños pliegues sinclinales y anticlinales como los observados al NW de Belén de Los Andaquíes. (ANH, 2009)

**Fotografía 1. Falla de Florencia (Quebrada La Yuca).** Esta falla de alto ángulo y vergencia al suroriente, pone en contacto las migmatitas del Complejo Garzón (bloque izquierdo), con arcillolitas grises de la Formación Orteguzza (derecha).



Fuente: Tomado de ANH, 2009

### **Falla de Brasil**

Se propone el nombre Falla de Brasil a una estructura, ubicada al norte del área urbana de Florencia (Vereda Brasil), de tipo rumbo-deslizante dextral con componente inverso y dirección N35E, alto ángulo y vergencia SE (**Fotografía 2**). Junto con la Falla de Florencia forman una familia de fallas. (ANH, 2009)

**Fotografía 2. La Falla de Brasil es una estructura rumbo deslizante observada hacia el norte del área urbana de Florencia en las veredas Brasil y Nueva Jerusalem. En este sector la falla desplaza dextralmente el Complejo Garzón, enfrentándolo con la Formación "Neme".**



Fuente: Tomado de ANH, 2009)

### **Falla de las Hermosas**

Estructura definida como el límite oriental del Macizo de Garzón, en las planchas 367 Gigante, 389 Timaná y 414 El Doncello. Presenta un rumbo regional NNE-SSW y vergencia al este. Esta falla se proyecta hacia el norte al bloque cordillerano insinuando una componente transpresiva en su movimiento (**Fotografía 3**). Se observa claramente en el corregimiento de San Antonio de Atenas al E de Florencia donde muestra un contraste morfológico acentuado generado por el contacto entre las rocas metamórficas del Complejo Garzón y el paisaje ondulado de las formaciones Rumiyaco, Pepino y Ortegaza. (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ANH, 2009).

**Fotografía 3. Falla de las Hermosas. Esta estructura es de bajo ángulo y constituye la superficie a lo largo de la cual cabalga el Complejo Garzón (Pg) sobre la Formación Pepino (E2p), que en este sector (San Antonio de Atenas) conforma el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio.**

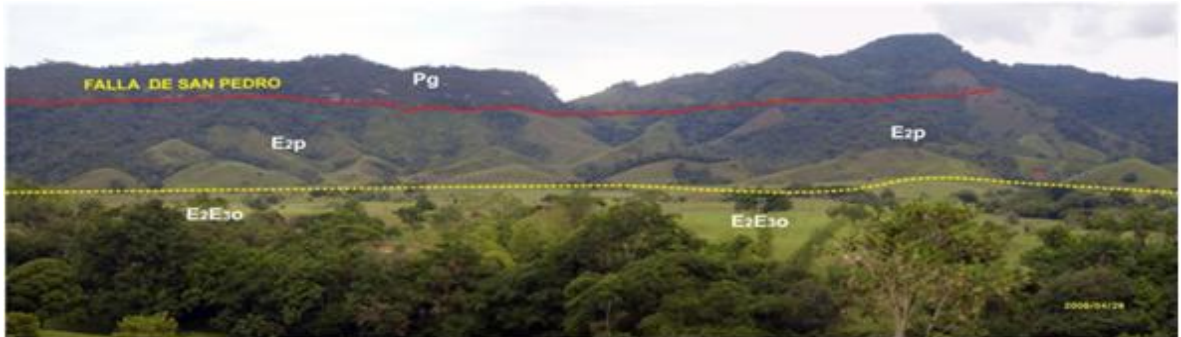


Fuente: Tomado de ANH, 2009)

### **Falla de San Pedro**

Definida como Sistema de Fallas de San Pedro. Se localiza al E de la Falla Las Hermosas, con orientación paralela al Río San Pedro y dirección N10E y N20E. La estructura sugiere un bajo ángulo y un arrastre hacia el este que pone en contacto rocas del Complejo Garzón sobre la Formación Pepino. Al sur del área de estudio converge con la Falla de Doncello la cual en ese sector exhibe una orientación E-W. (**Fotografía 4**). (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ANH, 2009)

**Fotografía 4.** La Falla de San Pedro es una estructura de bajo ángulo que pone a cabalgar el Complejo Garzón sobre la Formación Pepino y Orteguzza. En este sector, muy cerca al corregimiento de Maracaibo, pone en contacto el basamento con la Formación Pepino, que conforma el flanco occidental del Anticlinal de Maracaibo.



Fuente: Tomado de ANH, 2009

### **Falla de Doncello**

La Falla Doncello localizada en el flanco oriental del Macizo de Garzón, Departamento del Caquetá, en las planchas 368 San Vicente del Caguán, 390 Puerto Rico, 391 Lusitania y 414 El Doncello. Su nombre proviene del Municipio de El Doncello, Caquetá. Presenta cambios de dirección entre N20-70°E. Se trata de una falla de cabalgamiento con vergencia hacia el SE y buzamiento al W (**Fotografía 5**). Constituye el límite tectónico entre el Complejo de Garzón y las unidades cenozoicas que afloran en la Llanura Amazónica, pone en contacto rocas del Complejo Garzón con rocas de la Fm. Pepino. (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ICP, 2013).

**Fotografía 5.** Falla de Doncello (Quebrada Las Margaritas). Al Norte del municipio de Montañita, la Falla de Doncello, de bajo ángulo, cambia su rumbo a E-W y pone a cabalgar el Complejo Garzón sobre una cuña tectónica de la “Formación Neme”.



Fuente: Tomado de ANH, 2009

### **Falla de Paujil**

La Falla de Paujil corresponde al límite oriental del Macizo de Garzón, en la plancha Ingeominas 414, ubicada en el Doncello, departamento del Caquetá. Esta estructura está localizada al oriente del área está controlada cartográficamente entre las áreas urbanas de los municipios de Montañita, Paujil y El Doncello. Limita al oriente con el frente montañoso bajo, separando la zona de cordillera de la planicie ondulada generada por las rocas del Grupo Orito (Llanura Amazónica). La Falla de Paujil, tiene un rumbo que varía entre N10E a N30E, es de bajo ángulo, con vergencia al suroriente y pone a cabalgar tanto el flanco suroriental del Anticlinal de Montañita (Formaciones “Neme” y Pepino) como su núcleo (Complejo Garzón) sobre las arcillolitas de la Formación Orteguaza. Esta estructura se une hacia el norte, en la Vereda Quebradón (sur de Doncello) con la Falla de Doncello, la cual a partir de este sitio cambia su rumbo a una orientación NNE-SSW. ((INGEOMINAS Y GEOESTUDIOS, 2000 en ANH, 2009)

### **Falla del Caguán**

La falla del Caguán localizada en el extremo noreste del área, corresponde a una estructura de trazo sinuoso, dirección NE-SW y vergencia al este. La estructura pone en contacto el Complejo Garzón con las formaciones Pepino y Orteguaza y converge hacia el sur hacia la falla de Doncello en cercanías a Puerto Rico. (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ICP, 2013),

### **Sistema de Fallas del Borde Amazónico**

Con este nombre se agrupa un conjunto de fallas de cabalgamiento presentes desde Morelia hasta el extremo SE del área de estudio. Estas fallas afectan la cobertera sedimentaria desde la Formación Caballos hasta la Formación Pepino, con una dirección principal N45-60E y vergencia este, levantando cuñas de basamento cubiertas discordantemente por rocas del Cretácico que se enfrentan a unidades sedimentarias más jóvenes. (ICP, 2013)

### **Falla Suaza**

De acuerdo a la Falla Suaza es un retrocabalgamiento con vergencia occidental, que pone en contacto rocas del Complejo Garzón con volcanitas de la Formación Saldaña, exhibe un bajo ángulo no mayor de 300°. Su actividad tectónica es aparentemente más reciente que la de las fallas con dirección NW-SE. La estructura se desprende del Sistema de Fallas del Borde Amazónico con una dirección general N45°E. (ANH, 2009)

**PLIEGUES:** Se presentan dos tipos de pliegues controlados cartográficamente:

- Pliegues regionales amplios asimétricos ubicados hacia la parte norte de la zona, en inmediaciones a Florencia que afectan unidades del Cenozoico.
- Pliegues de menor extensión, asimétricos asociados a fallas de cabalgamiento que afectan rocas del Cretácico a Cenozoico, ubicados al sur en el área de Morelia- Belén de Los Andaquíes. (ANH, 2009)

### **Sinclinal de San Antonio**

Estructura ubicada al oriente de Florencia en el Valle del Río Orteguzza en el corregimiento de San Antonio de Atenas. Se define como un pliegue asimétrico amplio, con su flanco occidental fuertemente inclinado (40°-80°) y el oriental con buzamientos bajos a moderados. El eje de la estructura es cercano a la N-S. El núcleo está conformado por arcillolitas de la Formación Orteguzza y depósitos cuaternarios aluviales mientras en sus flancos afloran las formaciones Rumiyaco y Pepino. El Flanco occidental de la estructura está truncado al W de San Antonio de Atenas por la Falla de Las Hermosas. (ANH, 2009)

### **Sinclinal de San Pedro**

Similar al Sinclinal de San Antonio y se ubica al Oriente de este; es un pliegue amplio asimétrico ubicado en el valle del Río San Pedro cuyo eje de orientación es N-S. El flanco Oriental de la estructura es de bajo ángulo y el occidental de alto ángulo (40°-60°). Su núcleo está conformado por la Formación Pepino y depósitos

cuaternarios aluviales mientras sus flancos afloran la Formación Rumiayaco y el Complejo Garzón. El Flanco occidental de la estructura está truncado al W por la Falla de San Pedro. (ICP, 2013)

### **Sinclinal de Maracaibo**

Es un pliegue amplio asimétrico ubicado en el corregimiento de Maracaibo (oriente de Florencia), con eje orientado en dirección NS. Los flancos están conformados por las Formaciones “Neme” y Pepino y el núcleo por la Formación Orteguzza. El flanco Oriental de la estructura es de bajo ángulo y el occidental de alto ángulo de buzamiento (40°-60°). El núcleo del sinclinal y el flanco occidental están truncados por la Falla de San Pedro. (ANH, 2009)

### **Anticlinal de Montañita**

Se caracteriza por ser una estructura amplia con bajos ángulos de buzamiento. Está ubicada al oriente del área, entre los municipios de Montañita y Paujil (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). El eje de la estructura tiene orientación NE-SW, flancos limitados por las fallas de Doncello al W y Paujil al E y cabecea al suroccidente. El núcleo de la estructura está conformado por rocas del Complejo Garzón y sus flancos por las Formaciones “Neme” y Pepino. (ANH, 2009)

## **PLIEGUES MENORES**

Ubicados en el sector Morelia – Belén de Los Andaquíes, se presentan en bloques colgantes de fallas de cabalgamiento pertenecientes al Sistema de Fallas Aguas Calientes-Bodoquero. Son anticlinales asimétricos con vergencia al Noroccidente, presentes tanto en las unidades cretácicas como cenozoicas, caracterizadas por un flanco Noroccidental de alto ángulo y el Suroriental de menor ángulo orientación y buzamiento similar a la tendencia de los estratos en este sector. (ANH, 2009).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. FLUJO DE TRABAJO

La metodología aplicada al desarrollo de esta tesis es explicada en el siguiente diagrama de flujo de trabajo, donde se presentan cinco etapas principales, en las cuales se desarrollaron procesos individuales que finalmente serian integrados en búsqueda de un resultado final.

**Figura 9. Flujo de trabajo usado para el desarrollo del trabajo de Investigación. Con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos hasta el nivel de detalle requerido, se desarrolló la siguiente serie de actividades:**



**a) Recopilación y análisis de la información existente:** Durante esta etapa se consiguió la mayor cantidad de información disponible acerca de la geología del área, incluyendo trabajos de cartografía geológica, estratigrafía e historia tectonosedimentaria del área de interés, sumado a la información proporcionada por el instituto Colombiano del Petróleo (ICP) que consta de

mapas geológicos, columnas estratigráficas, muestras recolectadas, Informes finales y demás material indispensable correspondiente a las tres áreas de estudio.

- b) Análisis e interpretación de la información recolectada:** Se procedió a definir las posibles unidades estratigráficas presentes en las áreas, generando un modelo de correlación litológica entre las columnas estratigráficas y se definió el marco de procedencia de dichas unidades basado en los análisis del método Dickinson-Suczek (1985), para lo cual se tuvo en cuenta la información recolectada durante la etapa previa.
- c) Elaboración del informe final:** Como resultado de nuestro trabajo, se presentaron los resultados y las interpretaciones propuestas de los datos obtenidos en un informe final que muestra satisfactoriamente la justificación de este proyecto, cumpliendo a cabalidad con los objetivos propuestos inicialmente

## 5.2 ASPECTOS METODOLOGICOS

Los principales aspectos metodológicos a realizar se explican a continuación:

- Descripción macroscópica de 289 muestras de rocas correspondientes a seis columnas estratigráficas, identificando los principales aspectos litológicos, composicionales y texturales de dichas rocas, plasmando los resultados obtenidos en tablas de datos.
- Descripción petrográfica de 48 secciones delgadas que incluyan un análisis textural y composicional de la muestra, generando resultados que serían plasmados en un formato de descripción petrográfico.
- Aplicación del método de conteo de puntos Dickinson-Suczek (1985) a aquellas secciones delgadas que cumplan con los requisitos exigidos para la aplicación de este método de procedencia.

- Litoestratigrafía de las seis secciones estratigráficas, destacando los principales intervalos y/o segmentos que permitan definir posibles unidades litoestratigráficas, útiles en el desarrollo de la litocorrelación.
- Integración de los resultados obtenidos durante las etapas previas y generación de un mapa integrado que incluya la litocorrelación obtenida de las tres áreas y el análisis de procedencia.

**5.2.1. Descripción macroscópica.** La descripción macroscópica de una roca sedimentaria consiste en identificar las propiedades texturales, composicionales y estructuras sedimentarias propias de la roca, las cuales reflejan la naturaleza de los procesos sedimentarios y ayudan a interpretar las condiciones de los ambientes sedimentarios de formación.

**Propiedades Texturales:** se refieren a las características de pequeña escala como el tamaño de grano, armazón, matriz, cemento, poros, contacto, etc.

- **Tamaño de grano:** Los materiales sedimentarios que constituyen las rocas sedimentarias en general, tienen un rango de tamaño que varía desde fracción de micrones hasta bloques de muchos metros de diámetros, por lo que se ha desarrollado una clasificación por tamaño de grano que consiste de tres tipos principales de tamaño: Grava (materiales >2mm), Arena (entre 0,0624 y 2mm) y lodo (<0,0624). Estos grupos tienen a su vez subclases de tamaño de grano. Grava: granulo, guijo y guijarro; Arena: muy gruesa, gruesa, media, fina y muy fina; Lodo: limo y arcilla. Cada una definida por límites inferiores y superiores. La principal clasificación para esta propiedad es la “tabla de tamaño de grano de Wenworth”.
- **Armazón:** Son los materiales que soportan la roca, generalmente los de mayor tamaño y los más abundantes.
- **Matriz:** El material de menor tamaño que se apila en los intersticios dejados por el armazón, cuando este es grueso. Se excluyen de esto las rocas compuestas

en su totalidad por lodo. La matriz puede ser de tres tipos: lodosa, arenolodosa o gravoarenolodosa.

- **Cemento:** Es el material precipitado químicamente entre los intersticios dejados por el armazón, generando una fuerte unión entre las partículas.
- **Poros:** Son los espacios vacíos que se encuentran en la roca. Si se tiene en cuenta la relación poros vs volumen total de la roca, se genera una propiedad llamada porosidad, la cual puede ser primaria (syngenética) o secundaria (post).
- **Esfericidad y Redondez:** La esfericidad es el grado en el cual la partícula se aproxima a la forma de una esfera, se clasifican como esféricas o no esféricas. La redondez considera la presencia de bordes o aristas o en su defecto el redondeamiento o pérdida de ellas. Se clasifican como: redondeado, subredondeado, subangular y angular.
- **Calibrado:** Es la medida de uniformidad o de variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria o sedimento. Se puede clasificar como: muy bueno, bueno, moderado y, malo.
- **Empaquetamiento:** Es la relación espacial entre las partículas en un depósito sedimentario. Existen tres tipos principales: abierto, intermedio y cerrado.
- **Contacto:** Es la distribución que existe entre dos o más partículas en una roca sedimentaria. Se relaciona directamente con la historia de compactación que ha sufrido la roca: Los tipos de contacto son: flotante, puntual o tangencial, longitudinal, cóncavo – convexo y suturado. (*Cruz. L.E., Caballero. V.M, 2007*)
- **Impregnación visual:** Esta propiedad está relacionada con la presencia de hidrocarburos y su grado de impregnación en la roca. Se clasifica como: nula, mala, moderada y buena.

Las rocas sedimentarias terrígenas se pueden clasificar texturalmente con base en el tamaño de grano. Para ello se utilizan los diagramas triangulares de clasificación textural, propuestos por Folk, 1974.

**Propiedades composicionales:** Contemplan la composición química de las partículas y la composición mineralógica de la roca. Ej.: cuarzo, feldespato, líticos.

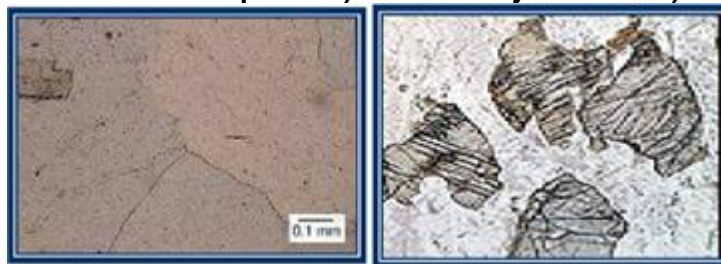
**Estructuras sedimentarias:** son estructuras de gran escala tales como la laminación, estratificación, marcas de flujos de corriente, entre otros.

Cabe resaltar que las anteriores propiedades son utilizadas para caracterizar a rocas sedimentarias terrígenas. En el caso de las rocas carbonatadas, se utilizan unas propiedades adicionales y por consiguiente los diagramas de clasificación propuestos por Folk y Dunham.

**5.2.2 Descripción petrográfica.** La descripción petrográfica consiste en determinar las propiedades ópticas de los minerales que conforman la roca, la cual atraviesa una etapa de preparación en el laboratorio antes de convertirse en sección delgada. Las principales propiedades ópticas utilizadas en la identificación de minerales son:

- **Relieve:** Consiste en la visualización que presenta el mineral bajo nicoles paralelos, según su diferencia con respecto al índice de refracción del medio que rodea al mineral.

**Figura 10. Propiedad: Relieve. Izquierda.) Cuarzo: bajo. Derecha) Olivino: alto.**



Fuente: Contreras. J, 2004

- **Clivaje:** Vinculada a la tenacidad, consiste en la facilidad de separarse en laminas a través de planos de debilidad.

**Figura 11. Propiedad: Clivaje. Izquierda.) Biotita. Derecha) Hornblenda.**



Fuente: Contreras. J, 2004

- Pleocroísmo: Es una propiedad especial de los minerales anisotrópicos, que al girar la platina cambian los tonos de su color.

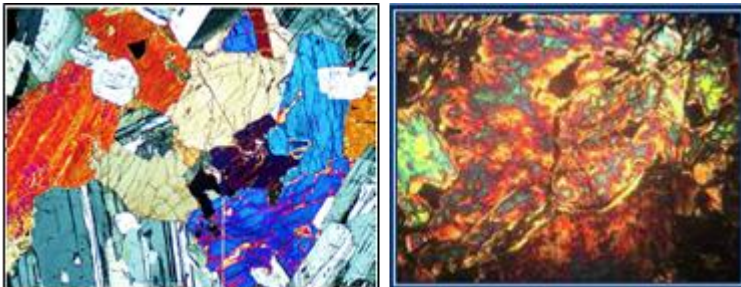
**Figura 12. Propiedad: Pleocroísmo. Izquierda) Biotita. Derecha) Hornblenda.**



Fuente: Contreras. J, 2004

- Birrefringencia: Es la propiedad que controla la aparición de los colores de interferencia en un mineral.

**Figura 13. Propiedad: Birrefringencia, colores de interferencia. Izquierda) Augita. Derecha) Olivino.**



Fuente: Contreras. J, 2004

- Extinción: Es el efecto en que la luz es absorbida y el mineral se oscurece totalmente. Puede ser de tres tipos: paralela, oblicua y simétrica.

Con base en estas propiedades y algunas otras, se llevo a cabo la identificación de los minerales presentes y se realizo un conteo mineralógico (>250 puntos). Adicionalmente se determinaron algunas otras propiedades que complementaron en más detalle las descripciones macroscópicas realizadas previamente.

- Tamaño de grano: Para ello, se utilizo una técnica que consiste en la escogencia de tres tamaños de grano, uno con el mayor tamaño, otro con el tamaño promedio y otro con el menor tamaño. En esta técnica se excluyen aquellas partículas que por su excesivo tamaño se alejan del método de evaluación. Posteriormente, se realizo la sumatoria de estos tres granos y se dividieron en tres, permitiendo determinar un tamaño de grano promedio para la muestra. Complementariamente, se pudo dar un rango más específico de tamaño de grano, donde se catalogan a los granos como *lower* o *upper*.
- Calibrado, esfericidad, redondez, cemento y contacto: Al igual que en la etapa macroscópica, se determinaron estas propiedades con el fin de obtener resultados más precisos de los materiales que conforman la roca.
- Porosidad: Esta propiedad específicamente, se determino utilizando los resultados del conteo de puntos, en el que se obtuvo un resultado porcentual que relaciona los poros o puntos vacíos de la muestra con respecto al total de puntos utilizados en la sección.

**5.2.3. Analisis de procedencia. Metodo Dickinson – Suckez (1985).** Los estudios de análisis de procedencia consisten en tratar de localizar el área fuente de la que derivan determinados sedimentos a partir de su estudio petrográfico. Se puede identificar los tipos de roca de esa área fuente, datos de clima y relieve y, lo más importante, su entorno tectónico en relación con la tectónica de placas. Hay que decir que los análisis de procedencia no se deben tomar con una confianza

plena ya que todavía existen muchos problemas que deben resolverse. La utilidad de estos análisis fundamentalmente es la de poder conocer las áreas de procedencia de determinadas rocas sedimentarias de una edad determinada y así poder establecer reconstrucciones paleogeográficas. (*Dickinson W.R, 1985*):

Los distintos aspectos que se deben tomar en cuenta a la hora de hacer un análisis de procedencia son:

### **1) Tipos de granos a considerar:**

Para hacer el análisis de procedencia se seleccionan aquellos granos ubicados entre el rango Arena muy fina upper y Arena muy gruesa lower. Además de esto, se evalúan según su composición en:

- I. Cuarzo (Qz): Se distinguen tres tipos, los cuales se sumaron formando así, el cuarzo Total (Qt), estos son:
  - Qm (Cuarzo Monocristalino): Se consideran como tales a todos los granos de Cuarzo independientes diferenciados en la muestra.
  - Qp (Cuarzo Policristalino): Son aquellos granos que se generan producto de la aglomeración de 2 o más cuarzos formando así, un solo grano de mayor tamaño.
  - Chert (Ch): Aquellos granos formados producto de la precipitación de Sílice.
  
- II. Feldespatos (F): Se distinguen 3 tipos: Plagioclasas (Fpl), Feldespato Potásico (Fk) y Feldespato Indiferenciado (Fi). Dichos feldespatos se sumaran formando así los Feldespatos Totales (F).
  
- III. Fragmentos Líticos (L): Se distingue entre Lv (Líticos Volcánicos), Lp (Líticos Plutónicos), Ls o Lso (Líticos Sedimentarios/oxidados) y Lm (Líticos Metamórficos), que se sumaran formando los Líticos Totales (L).

IV. Minerales Accesorios: Lo conforman todos aquellos minerales que no hacen parte de los grupos anteriores. Ej.: Micas, piroxenos, anfíboles, minerales opacos, minerales pesados, entre otros.

## 2) Análisis Modal

El análisis se hace por medio de un conteo de puntos, aproximadamente entre 200 y 300 y se suele hacer con dos o más personas para mayor fiabilidad. Una vez hecho el análisis modal, los datos se representan en los triángulos de D. y S. El que más se utiliza y el más general es el Q, F, L (Figura 14). El resto se usan para determinar subambientes. (Tabla I). (Dickinson. W.R, 1985)

**Tabla 1. Determinación de la procedencia y ambiente tectónico a partir de la composición QFL de las areniscas.**

TIPO DE PROCEDENCIA	AMBIENTE TECTONICO	COMPOSICION DE ARENISCAS
<b>Cratón estable</b>	Plataforma estable interior del continente	Areniscas cuarzosas (ricas en Qt) con altas relaciones Qm/Qp y K/P
<b>Basamento levantado (basament uplift)</b>	Borde de rift o ruptura transforme	Areniscas cuarzofeldespáticas (ricas en Qm y F) con bajas concentraciones de Lt y relaciones similares de Qm/F y K/P similares a las de la fuente de aporte
<b>Arco magmático</b>	Arco de isla o arco continental	Areniscas volcanoclásticas y feldespatolíticas (ricas en F) con altas relaciones de P/K y Lv/Ls. Si están expuestas rocas plutónicas entonces las areniscas son cuarzofeldespáticas (ricas en Qm y F).
<b>Orogéno reciclado</b>	Complejos de subducción, cinturones plegados o cabalgaduras	Areniscas cuarzolíticas (ricas en Qt y Lt) con bajas concentraciones de F y Lv y relaciones variables de Qm/Qp y Qp/Ls

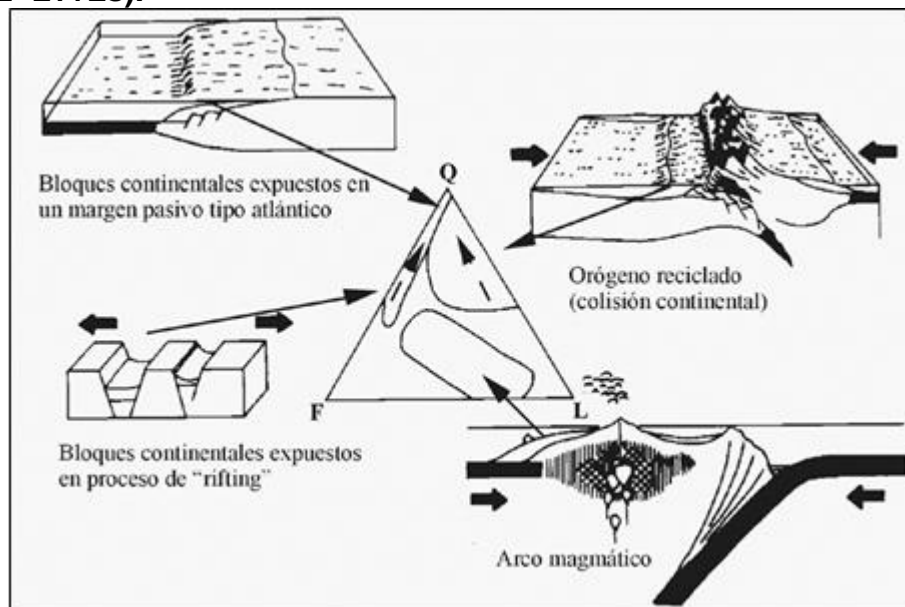
Fuente: Tomado de Dickinson W.R., 1985

**a) Bloques continentales.** Podemos encontrar dos ambientes dentro de los bloques continentales:

Bloques continentales de cratón interior: Se trata de zonas muy peneplanizadas con un margen pasivo en la zona costera como por ej. la parte E. de África. Las

áreas madres van a estar muy peneplanizadas y van a estar formadas por materiales plutónicos y metamórficos de alto grado, formados por Q, F y Ls. Los ríos transportan los sedimentos por distancias muy largas debido al bajo relieve con lo que las arenas serán muy ricas en Q, sobre todo Qm; los F tendrán mayor % en K que en P ya que este es más resistente y más abundante en el área madre. Las rocas más abundantes serán las Cuarzoarenitas por tanto.

**Figura 14. Ambientes tectónicos generados a partir de los diagramas QFL de Dickinson (1985). Q=cuarzo total; F=feldespatos totales; L=fragmentos líticos totales (L=Lv+Ls).**



Fuente: Tomado de Dickinson W.R., 1985

Basamentos ascendentes: Zonas de rift continentales como el Rift Valley de África. El material de partida es similar al caso anterior pero las tasas de erosión son mucho más intensas debido a que el relieve es mucho mayor. Los sistemas deposicionales van a consistir fundamentalmente abanicos aluviales y ríos de tramos cortos. Los F por tanto no se van a destruir tanto y las rocas que encontraremos tendrán un alto % de Q y F y serán fundamentalmente Arcosas.

**b) Arcos magmáticos.** Se produce una gran cantidad de aporte de material volcánico tanto epiclástico (transporte por agua) como piroclástico (transporte por el aire). Estos materiales se acumulan en una serie de cuencas que son: las cuencas de antearco, trasarco, intraarco y la zona de la fosa. Se pueden distinguir los siguientes subambientes.

Archipiélagos intraplaca: El % en Q = 0, y los Líticos volcánicos son muy abundantes, por ej. En las Aleutianas. Los F son escasos en general. Se forman por tanto Litoarenitas volcánicas.

Arcos islas oceánicas: Se forma en una cuenca marginal, por ej. En Japón. Las areniscas tienen Q, F, y L (Volcánicos fundamentalmente).

Arcos de margen continental: Existe una gran influencia de materiales volcánicos, plutónicos, metamórficos y sedimentarios, por ej. En los Andes. Las areniscas tienen por tanto Q, Ls y Lv abundantes.

**c) Orógenos reciclados.** Se generan cuando las rocas sedimentarias y/o metamórficas han sido fuertemente plegadas, falladas y levantadas constituyéndose como área fuente.

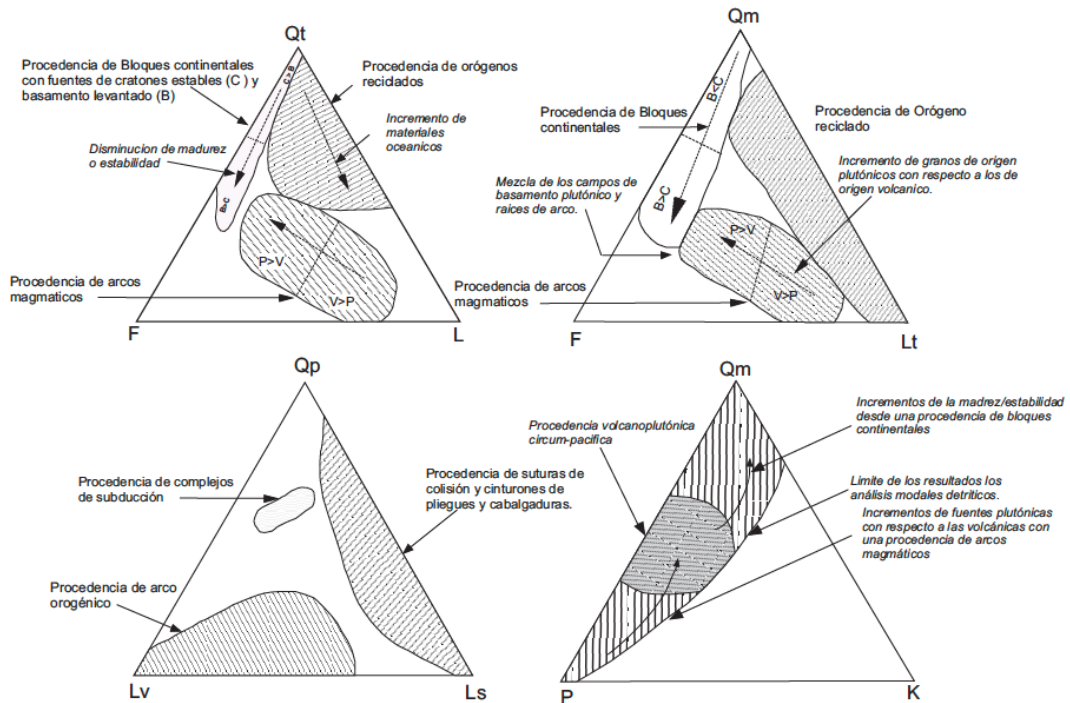
Complejos de subducción: Se forma un prisma de acreción formado por materiales plegados y metamorfizados. La erosión del mismo produce sedimentos que se depositan en la fosa y en la cuenca de antearco, como rocas de tipo ofiolítico (Básicas y Ultrabásicas), Materiales detríticos y metamorfizados, material silíceo orgánicos (Radiolarios, Espículas) y carbonatos, dando origen principalmente a Litoarenitas.

Zonas de colisión continental: Se forman fajas plegadas y corridas con pequeñas cuencas de tipo piggy back y cuencas de antepaís, por ejemplo en el Himalaya. Este tipo de cuencas también se forman en la zona de trasarco de un complejo subductivo tipo andino. Las rocas que se forman son Litoarenitas.

**d) Fallas de desgarre.** Por ejemplo en California. Se forman una serie de zonas subsidentes y se forman fundamentalmente Litoarenitas ya que los materiales del área madre son de distintos tipo (plutónicas, metamórficas etc.) y el transporte es corto.

Estos diagramas muestran la variación composicional de las areniscas y su relación al ambiente tectónico. En el diagrama QtFL, la variación en el cuarzo total (Qt) refleja el grado de madurez de la arenisca. En el triángulo QmFLt resalta la fuente de aporte. En el QpLvLs, se muestra la naturaleza de los fragmentos líticos (Lv=lítics volcánicos y Ls=lítics sedimentarios). El diagrama QmPK hace énfasis en el tipo de grano mineral. (Dickinson. W.R., 1985)

**Figura 15. Diagramas de Dickinson (1986), procedencia de sedimentos y ambiente tectónico al que se asocian. Qt =cuarzo total; Qm=cuarzo monocristalino; Qp=cuarzo policristalino; F=feldespatos monocristalinos totales; P=plagioclasa; K=feldespato potásico; L=Fragmentos líticos totales+cuarzo policristalino; Lt=fragmentos líticos policristalinos totales; Lv=fragmentos líticos volcánicos; Ls=fragmentos líticos sedimentarios.**



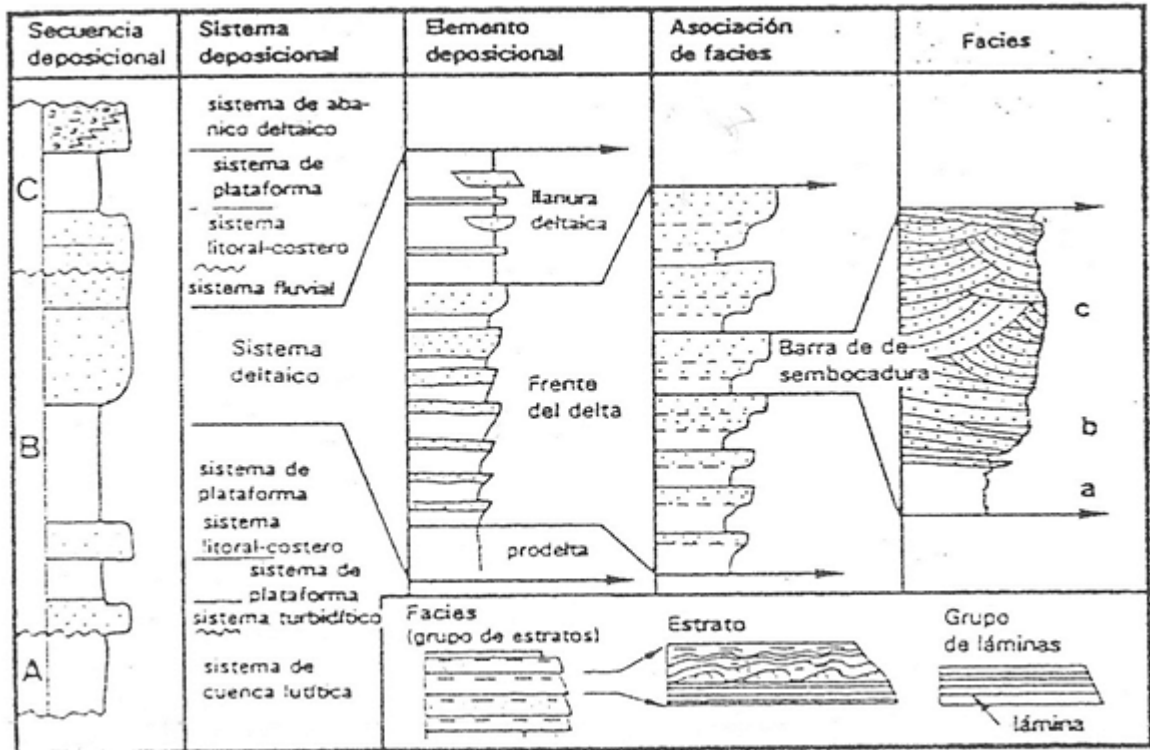
Fuente: Modificado de Dickinson. W.R. 1985

**5.2.4. Litoestratigrafía y comparación litológica.** Para definir una unidad litoestratigráfica se deben seguir una serie de pasos que permitirán definir correctamente dicha unidad de roca:

- 1. Definición de facies:** Es importante saber que el concepto de facies presenta dos acepciones, una abstracta y otra concreta. Basado en la acepción concreta, una facie se refiere a las propiedades de los materiales o a los cuerpos rocosos (estratos o grupos de estratos) en pequeños volúmenes (escala métrica), diferenciables en una sección estratigráfica o afloramiento, donde se observan las relaciones laterales. Dichas facies no pretenden ser divisiones del conjunto de materiales estratificados. En el caso de referirse a las propiedades litológicas de una roca estratificada, se debe utilizar el término *Litofacies*. (Vera. J.A, 1994)
- 2. Asociación de facies:** Consiste en la combinación de dos o más facies genéticamente relacionadas. A la expresión vertical de esta asociación de facies se le llama secuencia de facies, la cual suene tener espesores del orden de algunos metros y es la expresión de la sedimentación en una parte muy concreta de un medio sedimentario. (Vera. J.A, 1994). Para el desarrollo de este trabajo, fue aplicado el término “Intervalo” a lo descrito anteriormente.
- 3. Elemento deposicional:** Se define como el conjunto de dos o más asociaciones de facies de materiales depositados en una misma parte amplia y significativa de un medio sedimentario (p. Ej.: frente deltaico)(Vera. J.A, 1994). Al igual que en la etapa anterior, el presente trabajo utilizó el nombre de “Segmento” para referirse al concepto anteriormente descrito.
- 4. Sistema deposicional:** Es el conjunto de materiales depositados en un ambiente determinado (Vera. J.A, 1994). La aplicación de este concepto fue utilizado en este proyecto con el término “Miembro”, el cual coincidirá en algunas ocasiones con la unidad de rango inferior denominada “Segmento”.

5. **Secuencia deposicional:** Se genera cuando los sistemas deposicionales se agrupan formando una unidad de rango mayor, delimitado generalmente por discontinuidades, que son las unidades genéticas o también llamada “Unidades estratigráficas o Formaciones” como se denominan en este proyecto.

**Figura 16. Grafico en el que se muestra la relación del concepto de facies (en su acepción concreta) con los términos de rango mayor y rango menor**



Fuente: Tomado de Bosellini et al., 1989 en Vera, 1994

## CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA

En el conjunto de las ciencias geológicas, se define como la “Demostración de la equivalencia de dos o mas fenómenos geológicos en diferentes áreas” (Bates y Jackson, 1987 en Vera, 1994), ó “Establecer la correspondencia en carácter y en posición estratigráfica” (GEL, 1980 en Vera, 1994). La correlación estratigráfica es una de las técnicas de mayor interés en Estratigrafía y consiste en comparar dos o más secciones estratigráficas, de un intervalo de tiempo semejante, estableciendo

la equivalencia entre los niveles o superficies de estratificación reconocibles en cada una de ellas.

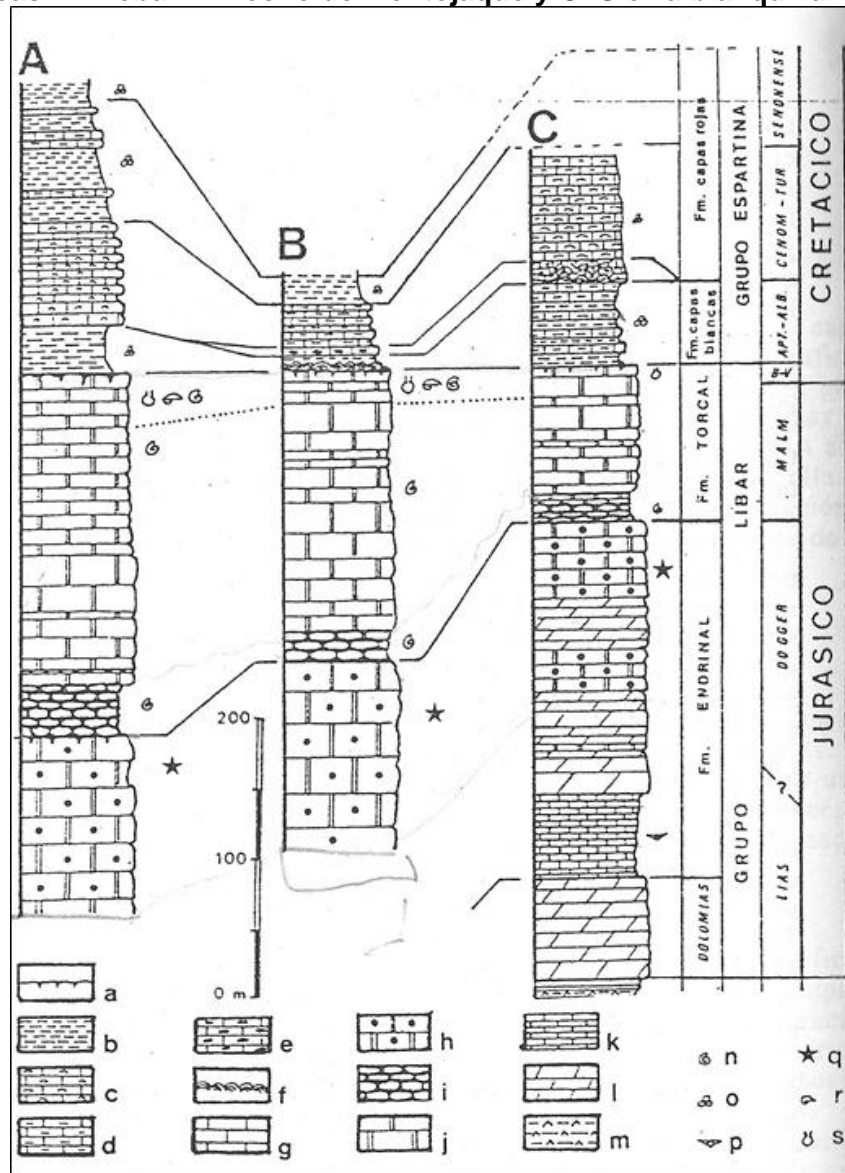
**Comparación / correlación litológica o Litocorrelación:** También llamada correlación litoestratigráfica, pretende demostrar la correspondencia en cuanto al carácter litológico y la posición litoestratigráfica. Para hacer este tipo de correlación se comparan las unidades litoestratigráficas presentes en cada una de las secciones estratigráficas y los niveles de litologías especiales dentro de las mismas. (*Vera. J.A., 1994*)

## **METODOS DE CORRELACION**

Todo criterio que facilite la demostración de la equivalencia de dos unidades estratigráficas o superficies de estratificación en diferentes secciones estratigráficas puede considerarse como un método de correlación. Muchos de ellos se basan en criterios litológicos y biológicos. Los basados en aspectos litológicos (p. Ej. Superficies de discontinuidad estratigráfica, cambios litológicos bruscos, etc.) Serán, además criterios de litocorrelación y los basados en la interpretación de los fósiles lo serán de biocorrelación. Los métodos de correlación son muy diversos y tienen diferentes grados de fiabilidad según la escala de la correlación. Así, por ejemplo, cuando se correlacionan secciones estratigráficas muy cercanas, los métodos mas fiables son los de autocorrelación, que consiste en seguir una superficie de estratificación (isócrona) en sus afloramientos y representarla en un mapa. Estos métodos no son aplicables a escala regional o global. En correlaciones a nivel de cuenca sedimentaria tendrán importancia los métodos de correlación basados en criterios estratigráficos (Ej. discontinuidades), reconocibles en superficie o en perfiles sísmicos, que permitan dividir el relleno sedimentario de la misma en unidades temporales separadas por eventos. En correlaciones regionales es necesario estudiar, coordinadamente con otros métodos de correlación (p. Ej. Bioestratigráficos, magnetoestratigráficos,

etc.), la posible simultaneidad de los fenómenos y de este modo delimitar claramente si lo que se realiza es una litocorrelación simple, sin connotación de edad, o por el contrario puede tratarse de una litocorrelación, que a su vez deriva en una cronocorrelación basada en criterios litológicos. (Vera. J.A., 1994)

**Figura 17. Ejemplo de una correlación Estratigráfica de materiales de Jurásico y Cretácico de una misma unidad geológica en Penibético, Sur de España. Secciones estratigráficas: A: Teba. B: Hecho de Montejaque y C: Sierra blanquilla.**



Fuente: Tomado de Vera. J.A., 1994

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 DESCRIPCION MACROSCOPICA

Durante esta etapa se realizó la descripción de 289 muestras de mano correspondientes a las tres (3) áreas de interés, donde se determinaron propiedades tales como: Color, Calibrado, Esfericidad, Redondez, Contacto, Empaquetamiento, Composición mineral (Qz, Feldespato, Líticos), Tamaño de grano, Relación matriz/armazón, Impregnación visual, Estructuras y Observaciones. Propiedades que permitieron realizar la posterior, comparación litológica. El número de muestras de mano se distribuye de la siguiente manera:

REGION	COLUMNA	No. MUESTRAS
Macarena Sur	La Macarena	40
San Vicente Caguan	Las Lajas	81
Florencia	El Cóndor	34
Florencia	Las Pavas	16
Florencia	Las Doradas	70
Florencia	Rio Ortegua	48
<b>TOTAL</b>		<b>289</b>

Los resultados obtenidos a partir del análisis macroscópico se encuentran en la carpeta llamada "ANEXO A. ETAPA MACROSCOPICA". Un primer archivo Excel llamado: "Anexo A.1. Descripción Macroscópica Final" que contiene el análisis macroscópica en detalle de las 289 muestras, divididas por columna y zona y ubicadas en diferentes hojas de calculo. Adicionalmente, se incluyen seis (6) archivos Pdf (Anexos A.2 - A.7), que muestran este mismo análisis por columna para una fácil visualización. Finalmente, se incluye un catalogo de fotos de cada una de las muestras analizadas, el cual se puede visualizar como hipervínculo en el archivo Excel inicial.

## 6.2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Durante esta etapa se realizó la descripción de 48 muestras de sección delgada correspondientes a las tres (3) áreas de interés, donde se determinaron la composición mineralógica basadas en las propiedades ópticas tales como: Relieve, Clivaje, Pleocroismo, Birrefringencia, Extinción, entre otros. Adicionalmente se determinaron propiedades texturales como Tamaño de grano, Calibrado, Esfericidad, Redondez, Cemento, Contacto y porosidad. Propiedades que permitieron la definición de petrofacies y el posterior análisis de procedencia. El número de muestras de sección delgada se distribuye de la siguiente manera:

REGION	COLUMNA	No. MUESTRAS
Macarena Sur	La Macarena	5
San Vicente Caguan	Las Lajas	19
Florencia	Las Pavas	4
Florencia	Las Doradas	14
Florencia	Rio Orteguaza	6
<b>TOTAL</b>		<b>48</b>

Los resultados obtenidos a partir del análisis petrográfico se encuentran en la carpeta llamada "ANEXO B. ETAPA PETROGRAFICA". Un primer archivo Excel llamado "Anexo B.1. Descripción Petrográfica" que presenta los rasgos composicionales y texturales de las secciones delgadas analizadas utilizando formatos de descripción.

Adicionalmente se incluye un informe petrográfico (Anexo B.2. Informe petrográfico) con las petrofacies definidas a partir de dichas secciones, sumado a un catálogo de fotografías de las secciones delgadas denominado (Anexo B.3 Catálogo de fotos Petrografía).



**Tabla 3. Tabla de tipos de granos del armazón (granos >0,0625mm) y cálculos utilizados para la composición modal**

CODIGO	NOMBRE	DESCRIPCION
Qm	Cuarzo monocristalino	Granos de caras limpias con extinción homogénea, cuarzo con extinción ondulosa y algunos fragmentos de cuarzo presentan bahías en sus bordes
Qps	Cuarzo policristalino sedimentario	Tamaño de grano dentro del fragmento homogéneo (limo grueso a arena muy fina). En nicoles paralelos se distinguen los bordes de retrabajamiento de los cuarzos que forman el grano y material intergranular
Fpl	Feldespatos Plagioclasa	Presente en distintos grados de meteorización incluyendo fragmentos euedrales tabulares con maclas y cristales con superficie sericitizada.
Fk	Feldespatos Potásico	Reconocibles por la tinción amarilla en nicoles paralelos. Tabulares con bordes angulares y algunos con superficies con micas. (1) Ortoclasa no presenta maclamiento. (2) Microclina se identificó por su macla característica
Fi	Feldespatos indiferenciados	Granos en los que no es posible reconocer claramente el tipo de feldespato debido a que son fragmentos parcialmente disueltos.
Lm	Líticos metamórficos	Fragmentos líticos bandeados con micas y algunos con cristales de cuarzo orientados.
Ls	Líticos sedimentarios	Fragmentos con laminación algunas veces distinguible e internamente muestran un alto grado de selección y homogeneidad en su tamaño de grano limoso y arcilloso
Lso	Líticos sedimentarios oxidados	Los fragmentos presentan un grado de meteorización superior y toda su superficie se encuentra oxidada. Estos fragmentos son muy débiles y por compactación mecánica forman pseudomatriz.
Lp	Líticos plutónicos,	No muy abundantes y difíciles de reconocer debido a la granulometría de las arenas; en su interior presentan texturas mirmequíticas que hablan de su origen intrusivo.
Lv	Líticos volcánicos	Fragmentos con texturas porfiríticas en la que se distinguen cristales embebidos en una matriz microcristalina (vidrio devitrificado?)
Li	Líticos indiferenciados	Granos inestables que por su grado de meteorización o tamaño de grano no permiten diferenciarlos de los otros tipos de líticos.
Acc	Minerales Accesorios	Minerales como micas, piroxenos, anfíboles, granates, minerales opacos, pesados, etc.
Ind	Indeterminado	Aquellos minerales que ópticamente no permiten ser identificados y necesitan de otra técnica complementaria para reconocerlos.

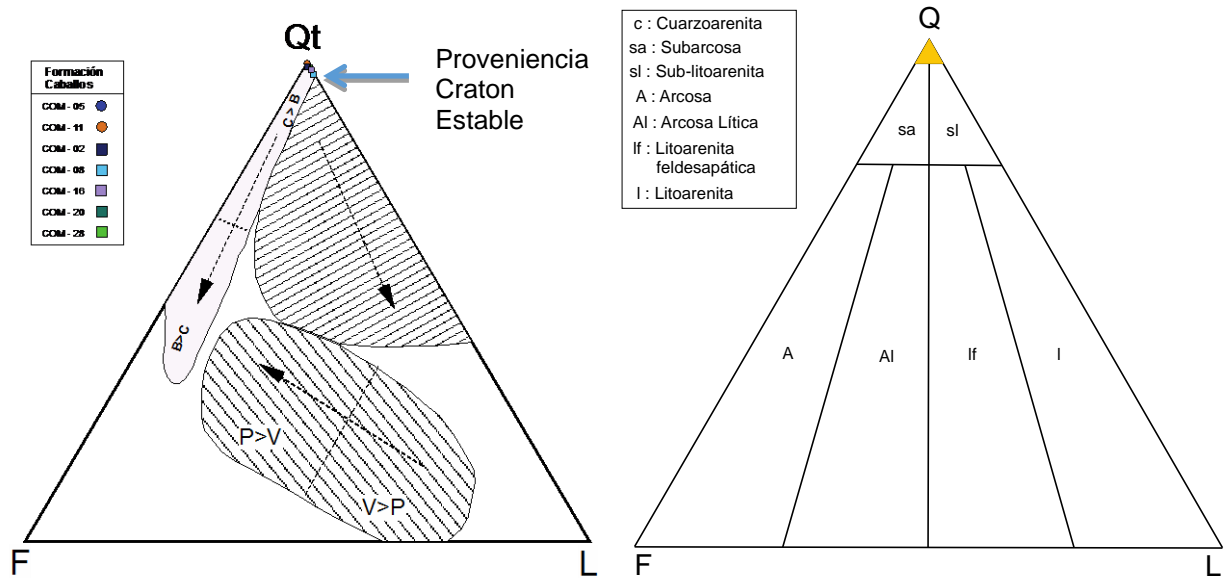
CODIGO CALCULOS	CODIGO CALCULOS
Arm	Arm %Armazón = (300/ Total de puntos)* 100
Cm + Mx + Por	Cm+Mx+Por %Material Intersticial = (Cemento +Matriz +Poros / Total de puntos)* 100
Qt	Qt %Cuarzo Total = %Qm+%Qps+ +%Ch
Qm	Qm %Cuarzo monocristalino
F	F %Feldespatos totales = %Fpl+%Fk+%Fi
L	L %Líticos = %Ls+%Lso+%Lm+Lp+%Lv+%Li
Lt	Lt %Líticos totales = %Ls+%Lso+%Lm+%Lp+%Lv+%Li+%Qps+%Ch

Fuente: Modificado de Lamus. 2006

El método de análisis de procedencia Dickinson-Suczek, permitió generar esquemas triangulares (Anexo B.5) para cada unidad estratigráfica identificada y realizar una interpretación de la posible fuente o lugar de procedencia. Cabe resaltar que este método agrupa aquellas secciones de roca pertenecientes a una misma unidad estratigráfica, independientemente del área, para tener una mayor población de datos y así, resultados más precisos.

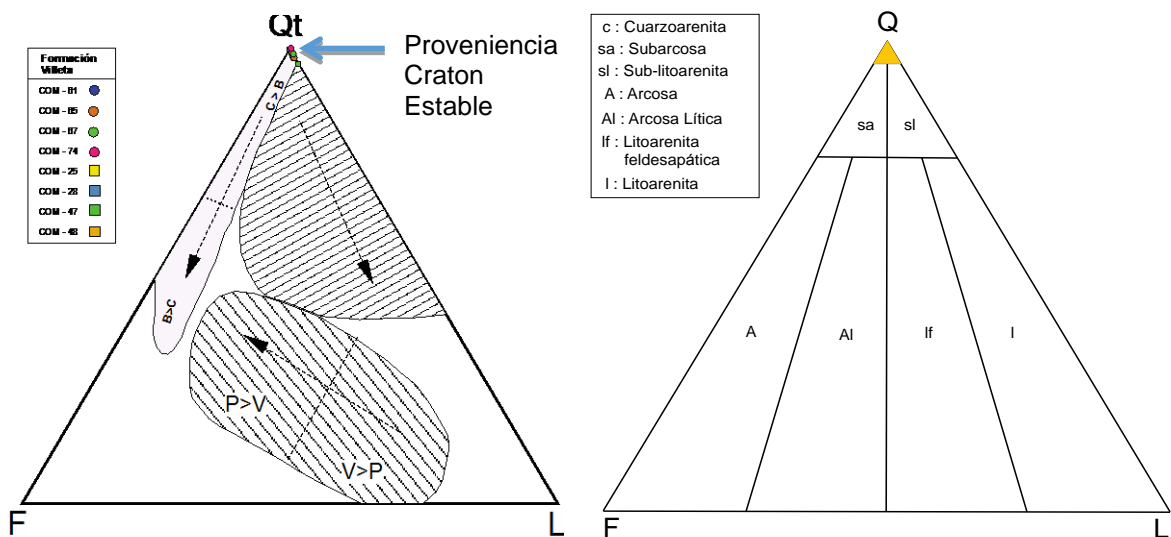
Iniciando desde la base de la secuencia estratigráfica, se tiene la Formación Caballos, conformada por cuarzoarenitas con porcentajes muy bajos de Líticos y ausencia de feldespatos. Como se observa en el triángulo QtFL de Dickinson (1986), son rocas con alto grado de madurez y una posible fuente de proveniencia del este a partir del cratón interior estable, conocido como cratón sudamericano o escudo de la Guyana. Para la Formación Caballos se realizó el análisis de siete secciones delgadas correspondientes a las columnas estratigráficas Las Doradas (2 secciones) y Escuela El cóndor (5 secciones), ubicadas en el área de Florencia.

**Figura 18. Izq.) Triángulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triángulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Caballos.**



La unidad suprayacente corresponde con la Formación Villeta, conformada por cuarzoareniscas con alto grado de madurez que se intercalan con calizas wackestone con contenidos de cuarzo importantes, esta descripción corresponde con el miembro inferior de la formación Villeta, donde se pudieron realizar análisis de procedencia basados en las areniscas de esta unidad, ya que el miembro superior es netamente arcillosa y por lo tanto, no apto para este análisis. Para la Formación Villeta se realizó el análisis de ocho (8) secciones delgadas correspondientes a las columnas estratigráficas Las Doradas (4 secciones) y Escuela El cóndor (4 secciones), ubicadas en el área de Florencia. Con respecto a la posible fuente de aporte, los resultados indican que sería un aporte de sedimentos provenientes del Cratón interior estable, tal como sucede con la Formación Caballos.

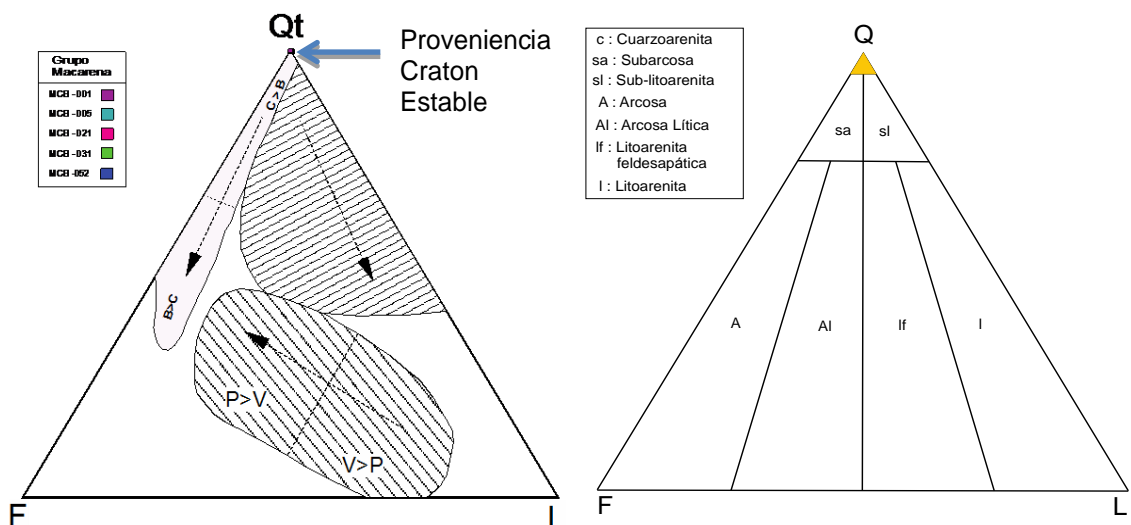
**Figura 19. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Villeta.**



En el área de la Serranía de la Macarena Sur, se observa una unidad cronológicamente equivalente a la Formación Villeta, la cual no es correlativa con las unidades estratigráficas de las áreas de San Vicente del Caguan y Florencia; este es el Grupo Macarena, conformado principalmente por cuarzoareniscas maduras con una posible fuente de aporte del cratón interior estable,

probablemente correspondiente al cratón Sudamericano o Escudo de la Guyana, tal como sucede con las unidades depositadas en la sucesión cretácica. Los resultados de este análisis se basaron en la descripción de cinco (5) secciones delgadas procedentes de la Columna Estratigráfica La Macarena. La presencia de algunos fragmentos líticos, podrían indicar un aporte mínimo proveniente del occidente.

**Figura 20. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 del Grupo Macarena**

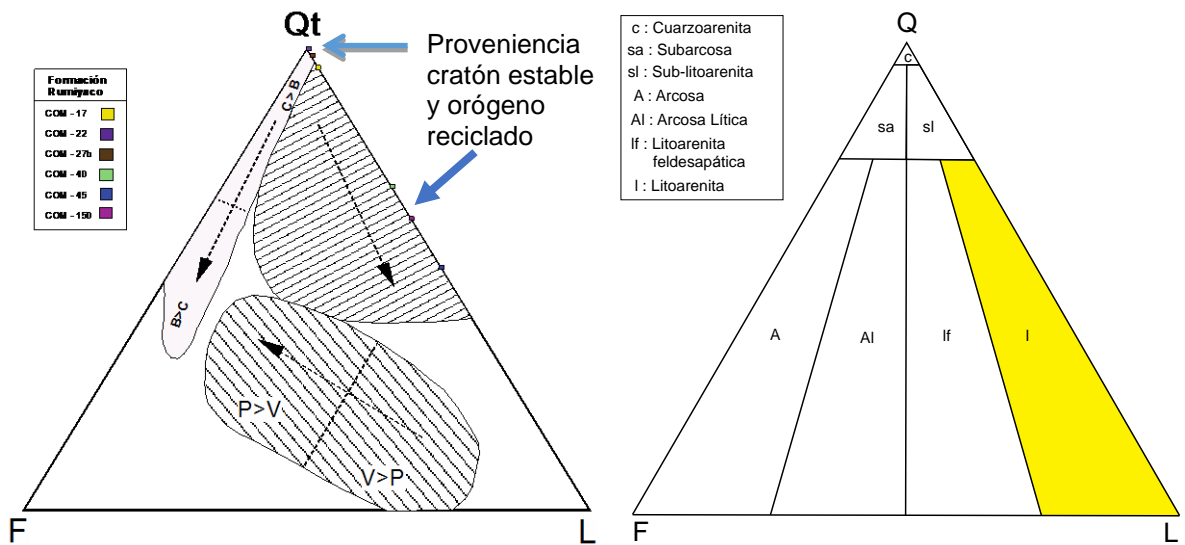


El cambio de la Formación Villeta al Miembro Neme de la Formación Rumiyaco es considerado como un punto de inflexión en la secuencia, ya que las muestras de roca tienden a aumentar el contenido lítico a medida que se asciende estratigráficamente. La base de la unidad inicia con cuarzoarenitas, pasando a sublitoarenitas y finalmente concluyendo con litoarenitas hacia el tope de la unidad. Este es un aspecto muy importante que se relaciona directamente con el inicio de la orogenia andina y con el levantamiento de la cordillera central a inicios del Paleógeno. Este evento repercute en el aporte de sedimentos de la secuencia, el cual pasa de ser un aporte netamente proveniente del cratón estable, a ser un aporte de orógeno reciclado cordillerano, donde predominan los conglomerados

con intraclastos de cuarzo, chert y líticos sedimentarios y metamórficos, tal como se observa en su unidad suprayacente, la Formación Pepino.

Para la Formación Rumiayaco se realizó el análisis de seis (6) secciones delgadas correspondientes a las columnas estratigráficas Las Doradas (1 sección) y Rio Orteguzza (5 secciones), ubicadas en el área de Florencia.

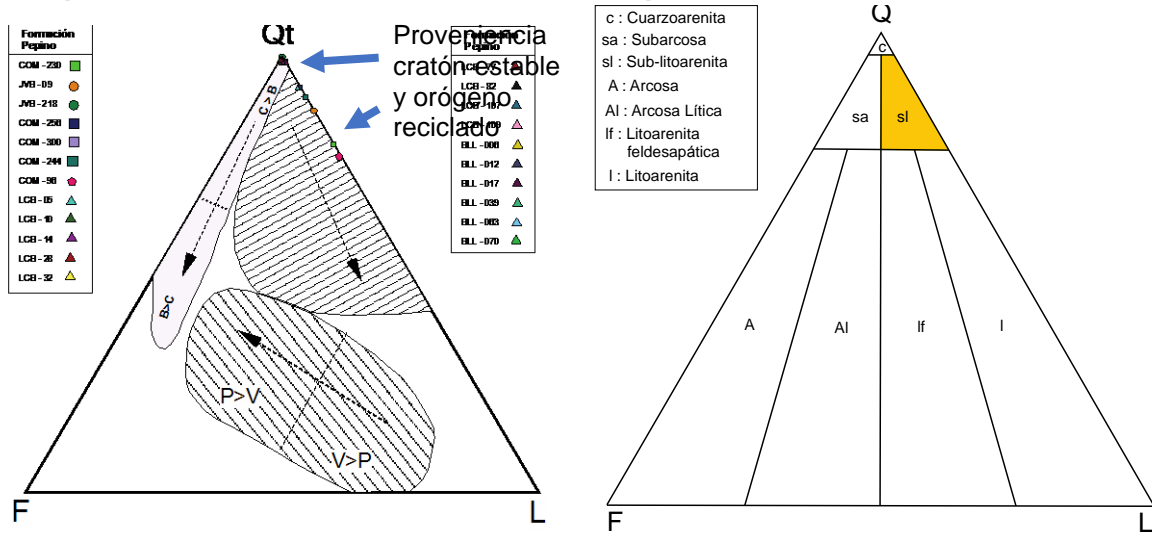
**Figura 21. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Rumiayaco.**



Los resultados de Dickinson obtenidos para las areniscas y conglomerados de la Formación Pepino del Eoceno, contrariamente a las del Cretácico Superior, y concordantemente con la Formación Rumiayaco, sugieren áreas de aporte de orógeno reciclado o cordillerano localizadas al oeste, lo que es confirmado por la abundante presencia de clastos tamaño guijo de composición variable, cuyo tamaño decrece hacia el este a medida que se aleja de la zona de aporte. Sin embargo, los sedimentos del Eoceno superior al este de la cuenca composicional y texturalmente sugieren un aporte dominante de sedimentos del Escudo de la Guyana; indicando dos direcciones de aporte diferentes para este tiempo. Para la Formación Pepino se realizó el análisis de veinticuatro (24) secciones delgadas correspondientes a las columnas estratigráficas Las Doradas (4 secciones) y Rio

Orteguaza (1 sección), Las Pavas (2) ubicadas en el área de Florencia y la Columna Las Lajas (17 secciones) ubicada en San Vicente del Caguan.

**Figura 22. Izq.) Triangulo De Procedencia Dickinson, 1986. D) Triangulo Composicional Folk, 1974 de la Formación Pepino.**



Finalmente, La secuencia estratigráfica generada en el área de estudio presenta dos fuentes de aporte principales, la primera relacionada al cratón estable del escudo de la Guyana, el cual aportó sedimentos que serian depositados dando origen a las unidades de la sucesión cretácica conformada por las unidades Caballos, Villeta y Macarena. La segunda fuente de aporte; orógeno reciclado, esta principalmente relacionada al levantamiento de la cordillera central, la cual se dio a inicios del Cenozoico. Este evento permitió un aporte de sedimentos rápido y con poco transporte hacia la cuenca, que permitió la depositación de las unidades Rumiyaco (Miembro Neme) y Pepino, compuestas principalmente por areniscas y conglomerados con intraclastos de cuarzo, chert y fragmentos líticos. Sin embargo, no se puede descartar que no haya existido un aporte de sedimentos por parte del cratón estable después del inicio del evento orogénico; como se demuestra con algunas secciones de la Formación Pepino. Si bien, los resultados muestran una predominancia hacia un lugar de aporte, se deben realizar análisis mas exhaustivos que permitan dar mayor claridad a los procesos actuantes y así entender un poco mejor la historia tectonoestratigráfica del área.

## **6.4. ESTRATIGRAFIA**

A partir de la recopilación de información de varios estudios que involucran aspectos litológicos, paleogeográficos, análisis de facies e interpretaciones ambientales referentes a la cobertura sedimentaria de la zona, se definieron las siguientes unidades estratigráficas. Es importante mencionar que para este proyecto se emplearon nomenclaturas similares para la zona Norte (Caguán y Macarena Sur) y la zona sur (Putumayo) basados en la carta cronoestratigráfica ANH 2011. (ANEXO 3. Columnas estratigráficas digitalizadas)

### **6.4.1 Estratigrafía regional Serranía de la Macarena sur.**

#### **6.4.1.1. Gp. Macarena. Miembro Superior – Cretácico.**

##### Nombre y Sección tipo.

Corresponde a la unidad basal del área de estudio que aflora principalmente en las riveras y zonas próximas del Río Guayabero, el Raudal de Angostura, Caño el Temblón, al Occidente de las Sabanas del Refugio y la Vereda Bajo Losada. Esta unidad presenta una expresión geomorfológica de colinas o altos topográficos observada en el Cerro Conejo, al sector suroriental del área de estudio (ICP, 2013)

##### Litología.

Litológicamente se reconocen dos segmentos que conforman esta unidad, el segmento inferior consiste principalmente de capas medias plano paralelas de cuarzoareniscas de tamaño de grano medio a muy grueso ocasionalmente conglomerático, medianamente sorteadas y con granos subredondeados; con estratificación cruzada con ángulo interno de buzamiento de 30° y que muestran una paleocorriente hacia el sur. Las capas presentan diaclasamiento moderado y buzamientos muy bajos hacia el Este. El predominio de facies arenosa en capas

gruesas tabulares de aspecto masivo con abundante presencia de Arenicolites asociada a facies arcillosas y lodosas en capas con laminación plano paralela continúa, permite pensar en un ambiente litoral, específicamente barras de playa, anteplaya y planicies mareales. El segmento superior consiste de areniscas lodosas, submaduras y en parte silíceas, lodolitas amarillentas meteorizadas y areniscas cuarzosas de grano medio, bien cementadas e intraclastos de lodo. Paleoambientalmente las areniscas masivas con abundante matriz lodosa, y las lodolitas con laminación cruzada y meteorizadas a tonos rojizos, se asocian a planicies aluviales bajo en zonas de inundación, con alto régimen hidráulico.

**Fotografía 6. Izq.) Exposición de areniscas cuarzosas, tabulares, espesas. Vereda Bajo Raudal del segmento inferior. Der) Contacto entre areniscas de la unidad cretácica y arcillolitas del segmento superior.**

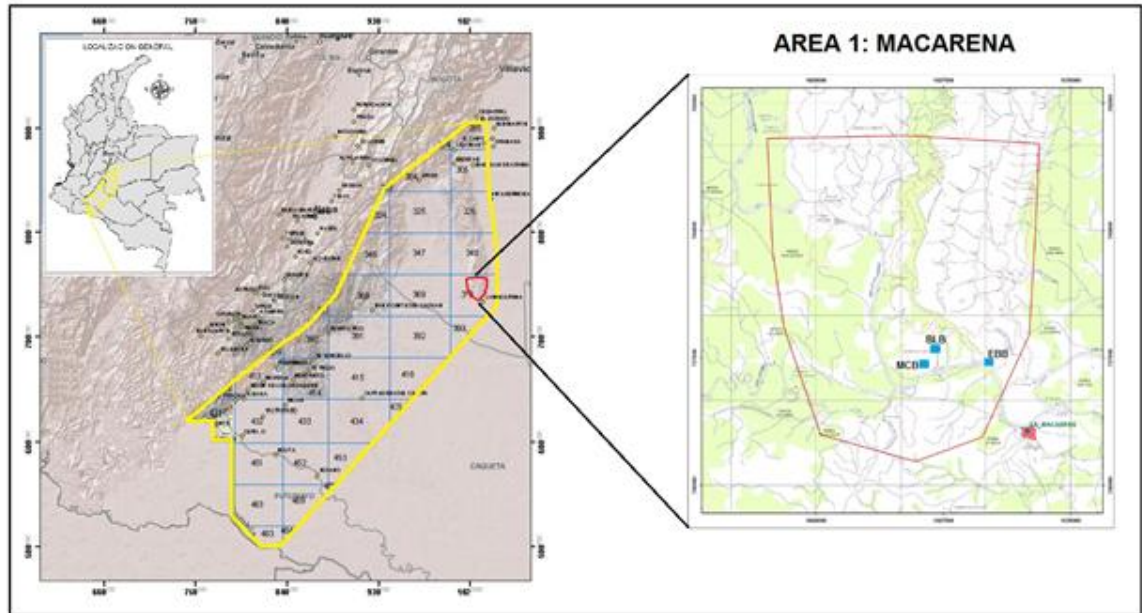


#### Posición Estratigráfica y Edad.

La edad para esta unidad es cretácica (*Van Der Hammen y Paba ,1959*), además si se correlaciona con el conjunto de arenas y conglomerados situados inmediatamente encima del Paleozoico en la región de Güejar, este conjunto siliciclástico sería de edad Maastrichtiano. Igualmente, la abundante presencia de Arenicolites, en facies de Skolitos es común en varias unidades clásticas del cretácico colombiano, además, este conjunto litoestratigráfico es correlativo con la unidad denominada Formación Macarena y a la cual asignan una edad Cretácica (*Van Der Hammen y Paba, 1959*). El espesor de la unidad es desconocido, ya que no aflora en su totalidad. El contacto con la unidad superior es paraconforme por evidentes cambios litológicos. (*ICP, 2013*)

### 6.4.1.2 Litoestratigrafía.

**Figura 23. Localización de la sección Estratigráfica Macarena (MCB) en el área del Sur de la Macarena.**



Fuente: Modificado ICP, 2013

**6.3.1.2.1 Columna Estratigráfica La Macarena.** Esta columna estratigráfica fue levantada al noroccidente del municipio de la macarena, en las riveras y zonas próximas del Río Guayabero con Coordenada inicial: E: 1.026.421 N: 737.171, Altura: 252m y Coordenada final: E: 1.026.489 N: 737.371, Altura: 281m. (ANEXO C.1 Columna La Macarena\_Macarena Sur)

En dicho levantamiento se observa en general dos sucesiones, siendo la primera de 49.5 metros de espesor compuesta principalmente de areniscas de grano fino con presencia de ichnofósiles y la segunda sucesión de 30 metros de espesor compuesta de arcillas con laminación planoparalela para un total de 79.5 metros. Las columnas de bajo Lozada BLB y el billar EBB fueron otras columnas levantadas pero no se trabajaron para esta investigación.

## **Gp. Macarena – Miembro Superior.**

**Segmento inferior (49.5 m):** Está compuesta por tres intervalos propuestos, particularmente diferenciados y descritos de la siguiente manera: (Figura 24)

- Partiendo de la base se tiene el intervalo 1 con 12 m, compuesto de capas gruesas, tabulares a subtabulares, masivas de cuarzoarenitas gris claro, de grano fino a muy fino, bien seleccionadas, con granos subredondeados, cemento silíceo, supermaduras mineralógicamente con presencia de arenicolites y/o Skolithos con 0.5 cm. de diámetro y 10 cm. de longitud. (Fotografía 7)
- El intervalo 2 comprende 15 m. de intercalaciones de capas delgadas y medias de arcillolitas grises con laminación plano paralela continua y capas delgadas de lodolitas grises. Las capas presentan ligera oxidación posiblemente por meteorización superficial. (Fotografía 7)
- Finalmente el intervalo 3 con 22.5 m. de capas medias, tabulares y masivas de arenita lodosa de grano fino, compuesta de cuarzo y líticos entre 5% - 8%, selección moderada, granos subredondeados, submadura, con presencia de arenicolites de diámetro de 0,5 cm. y 20 cm de longitud (Fotografía 7).

Las capas masivas de cuarzoarenitas de la sucesión basal podrían ser producto de un ambiente costero de playa alta (barras costeras) con un ciclo de hasta 15 m. de arcillolita relacionados a episodios de mar alto.



**Segmento Superior (30 m):** Esta unidad litoestratigráfica se determinó particularmente para esta investigación a partir de su cambio textural y composicional con respecto a lo encontrado anteriormente, del cual se proponen cuatro intervalos bien diferenciados. Cabe resaltar que el contacto es neto con la unidad infrayacente. Para el segmento superior se propusieron cuatro intervalos descritos a continuación de base a techo (Figura 25):

- Como Intervalo 4 se tienen 7,5 m. de capas medias, lenticulares de arenita lodosa de grano fino a medio, moderadamente seleccionada, granos subredondeados, cemento silíceo y submadura. (Fotografía 8)
- Intervalo 5, con 16,5 m. de lodolitas en capas delgadas a medias subtabulares a lenticulares de aspecto masivo. con porcentaje de arena entre 10% - 30%, de color amarillo y con meteorización a color rojizo. (Fotografía 8)
- Para el Intervalo 6 se tienen 3 m. de arenita lodosa de grano fino con laminación plano paralela continua y láminas delgadas de materia orgánica.
- Finalmente el Intervalo 7 comprende 6 m. de cuarzoarenita en capas medias a gruesas tabulares a subtabulares de grano fino a medio, bien cementada por sílice, bien seleccionada, granos subredondeados y madura. (**Fotografía 8**)



## **6.4.2 Estratigrafía regional San Vicente del Caguán.**

### **6.4.2.1. Basamento Metamórfico del Complejo Garzón – Precámbrico.**

#### Nombre y Sección tipo.

Considerada la unidad más antigua en el área de estudio, aflora en franjas alargadas con dirección noreste-suroeste. Constituye parte del basamento identificado bajo la cobertura sedimentaria de la cuenca Caguán-Putumayo. Se trata de neises feldespáticos alcalinos y biotíticos, cortados por diques de pegmatitas y de inyección irregulares (*Trumpy, 1943*). Las rocas precámbricas que afloran en el Macizo de Garzón se subdividen en el Grupo Garzón y los granitos de Guapotón y Mancagua (*Kroonenberg, 1982*). Al respecto, el autor señala que el Grupo Garzón corresponde a una secuencia bandeada de alto grado de metamorfismo, facies anfibolita-granulita, predominantemente cuarzofeldespática con intercalaciones máficas, ultramáficas, pelíticas y calcáreas. La unidad metamórfica es reconocible fácilmente a través de rasgos geomorfológicos. Se destacan dos franjas con las mayores alturas del área localizadas al occidente del Río Caguán, la primera separa los valles de Guacamayas y Las Lajas mapeada por los sectores de las veredas de Las Lajas y Nueva Etapa, y la segunda franja fue observada a través de las Quebradas El Cacao y El Arenoso. Al oriente del Río Caguán la unidad metamórfica tiene una expresión más discreta a manera de una sierra estrecha por el sector de Alta consulta, y una sierra baja por el sector de Bajo Pato en la Vereda Quebradón (*ICP,2013*).

#### Litología.

En el área de estudio dicha unidad se caracteriza por migmatitas y gneises bandeados de origen ígneo (ortoneis) de acuerdo al buen desarrollo de los cristales, con presencia de cuarzo, plagioclasas, biotita y granate como elemento indicador de metamorfismo de alta temperatura. (Fotografía 9).

**Fotografía 9.** Izq) Gneises bandeados, nótese el plegamiento por flujo dúctil (pliegue isoclinal apretado) ubicado en Quebrada La Granada. Der) Ortogneis compuesto por Qz, plagioclasa, biotita y granate. Vereda Las Lajas (Escuela León).



Al oriente del área de estudio, en la plancha 368-I-D se mapea la unidad metamórfica basal como gneises cuarzofeldespáticos con textura migmatítica, augen y presencia de granates. (ICP, 2013)(Fotografía 10).

**Fotografía 10.** Gneis cuarzofeldespáticos del Macizo Cristalino de Garzón, Nótese la textura augen. Izquierda: Vereda La Ilusión, Derecha: Vereda Nueva Etapa.



#### Posición Estratigráfica y Edad.

Los contactos del basamento metamórfico del Macizo de Garzón en el área se asocian siempre a fallas de cabalgamiento con vergencia al oriente, es decir, que el contacto con la unidad superior es fallado asociado al frente del cabalgamiento, mientras que en el flanco dorsal la relación es discordante con dicha unidad. Los contactos fallados sólo se identificaron en campo asociados a un fuerte cambio topográfico derivado de la competencia litológica entre basamento y sedimentarios terciarios (ICP, 2013). Dataciones radiométricas afirman que estas rocas fueron originadas y posteriormente metamorizadas en el Proterozoico (Olsson, 1956).

## **Paleógeno.**

### **6.4.2.2. Formación Pepino.**

#### Nombre y Sección Tipo.

La Formación Pepino fue definida por (*Saville ,1943 en Miley & McGirk, 1948*), cerca de la Inspección de Policía de Pepino, en el Municipio de Mocoa. En el área de estudio de San Vicente del Caguán, se emplea el nombre para describir una unidad predominantemente conglomerática, intercalada con arenitas y arcillolitas.

La Formación Pepino aflora en el flanco suroriental de la Cordillera Oriental, en las planchas 367, 368, 389, 390, 391 y 414. Se presenta como una franja discontinua en forma de mesas alargadas, aisladas y basculadas hacia el sur y el occidente (*INGEOMINAS, 2003*). En el área de trabajo su expresión geomorfológica corresponde a un relieve muy suave de colinas redondeadas, aflora en los Valles intermontanos de Guacamayas, Las Lajas y al oriente en Bajo Pato. (*ICP, 2013*)

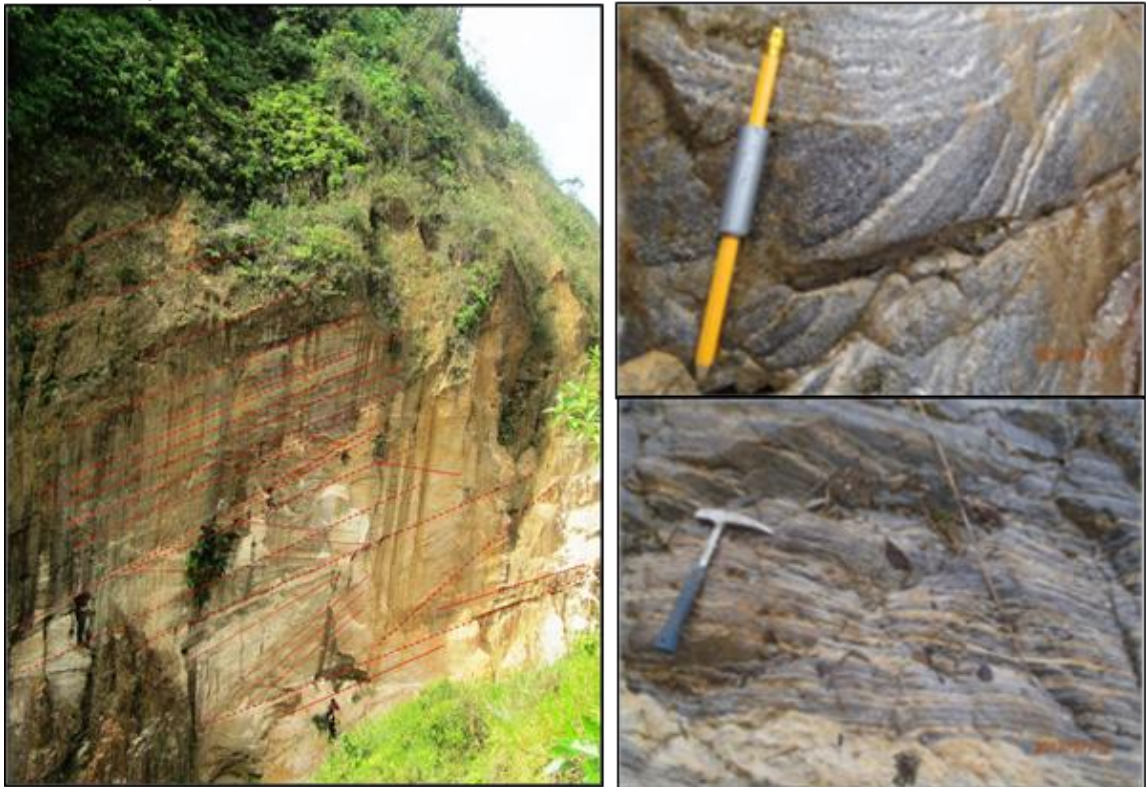
#### Litología.

Se reconocieron tres segmentos principales dentro de la unidad: el inferior, arenoso conglomerático; el intermedio, lodoarenoso; y el superior conglomerático arenoso, sin encontrar diferencias morfológicas que permitan subdivisiones en miembros. El espesor total de esta unidad es de 248 m. (*INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ICP, 2013*). Según estos autores, el segmento inferior tiene un espesor de 83 m. se compone de capas muy gruesas, gruesas y medianas subtabulares de sublitoarenitas de grano grueso y medio, localmente conglomeráticas con guijos y gránulos de cuarzo, chert gris y feldespatos potásico. Las capas presentan contactos ondulados y estratificación cruzada planar con granodecrecimiento, intercalaciones de capas medianas y delgadas de areniscas muy finas y arcillolitas grises con laminación plano paralela y fragmentos carbonosos (Fotografía 11). Presentan comúnmente emanaciones de asfalto

asociados a las fracturas y en algunos sectores impregnaciones de hidrocarburos

Asimismo, el segmento inferior consiste de capas tabulares medias a gruesas, planoparalelas de sublitoarenitas (5% de líticos), friables, de grano medio a grueso subredondeados, de color amarillo a blanco, calibrado moderado, con restos de materia orgánica y hacia el tope areniscas conglomeráticas con guijos de cuarzo lechoso y chert (secuencia granocreciente), en contacto transicional con capas medias de conglomerados polimicticos, matriz soportado con gránulos y guijos, subredondeados de chert gris y cuarzo lechoso, matriz areno-arcillosa, mal seleccionados con presencia de bitumen.

**Fotografía 11. Izq.) Afloramiento donde se expone un paquete de más de 30 m. de espesor de cuarzoarenitas granodecrescientes con estratificación cruzada, con emanaciones de asfalto. Localidad Camino entre las veredas Granada y Las Lajas. Der) Capas gruesas de cuarzoarenitas de grano grueso, friables, con impregnaciones de H.C., internamente se observan estructuras sedimentarias como laminación y estratificación cruzada. Vereda La Barrialosa.**



El segmento intermedio, con un espesor de 90 m, se observa en la parte central de los valles de Guacamayas y Las Lajas, así como en la parte baja del Río La Granada y la quebrada Las Lajas, consiste de lodolitas grises con laminación plana paralela frecuentes niveles bioturbados, restos carbonosos y costras de oxidación (Fotografía 12) con intercalaciones de capas delgadas a muy gruesas de arenitas (sublitoarenitas y litoarenitas) de grano medio a grueso localmente con gránulos y guijos de chert gris y negro), bioturbadas parcialmente, de color amarillo pálido; algunas capas muestran estratificación cruzada de bajo ángulo, restos carbonosos e impregnación con hidrocarburos, de sublitoarenitas y litoarenitas de grano medio y grueso, bien calibradas, localmente arcillosas, de color gris amarillento, con fragmentos carbonosos; localmente impregnada de hidrocarburos (*INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ICP, 2013*).

**Fotografía 12. Izq.) Capas delgadas a medianas, masivas, plano paralelas, continuas, de lodolitas grises silíceas, con intercalaciones de capas delgadas, planoparalelas de lodolitas arenosas, de color gris a violeta claro. Vereda El Tigre. Der) Capas gruesas, discontinuas de arcillolitas grises a abigarradas, con restos de materia orgánica. Vereda Granada.**



El segmento superior tiene un espesor aproximado de 75 m. Corresponde a un paquete de capas gruesas de conglomerados, sublitoarenitas y cuarzoarenitas. Los conglomerados son finos, con guijos y guijarros de chert gris, negro, y cuarzo lechoso. Las arenitas son de grano muy grueso y grueso, granos subredondeados, moderado calibrado, color amarillo y esporádicamente impregnadas por

hidrocarburo; localmente con lentes de lodolitas gris oscuras. Cerca del techo se presentan limolitas síliceas arenosas y areniscas de grano fino a grueso en las que se identifica feldespato y chert; ocasionalmente presenta moteamiento de colores rojizos; su particular textura les da una apariencia tobácea en algunas localidades. Hacia el tope de la formación aflora un paquete de capas medias y gruesas subtabulares con contactos ondulados, de sublitoarenitas de grano medio, fino y grueso, localmente lodosas con matriz arcillosa, de granos subredondeados, color amarillo con moteado rojizo, presentan alta bioturbación y costras de oxidación; ocasionalmente poseen delgadas intercalaciones lenticulares de lodolitas abigarradas (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000 en ICP, 2013).

**Fotografía 13. Izq.) Conglomerados clastosoportados, con armazón de guijos de cuarzo y chert, camino entre los Hatos Berlín y La Granada. Der) Conglomerado arenoso clasto- soportado con relación matriz-armazón 40%-60%, la matriz contiene granos de cuarzo tamaño arena media a gruesa, subangulares a subredondeadas. Impregnación de hidrocarburos, vereda El Reflejo-Alto.**

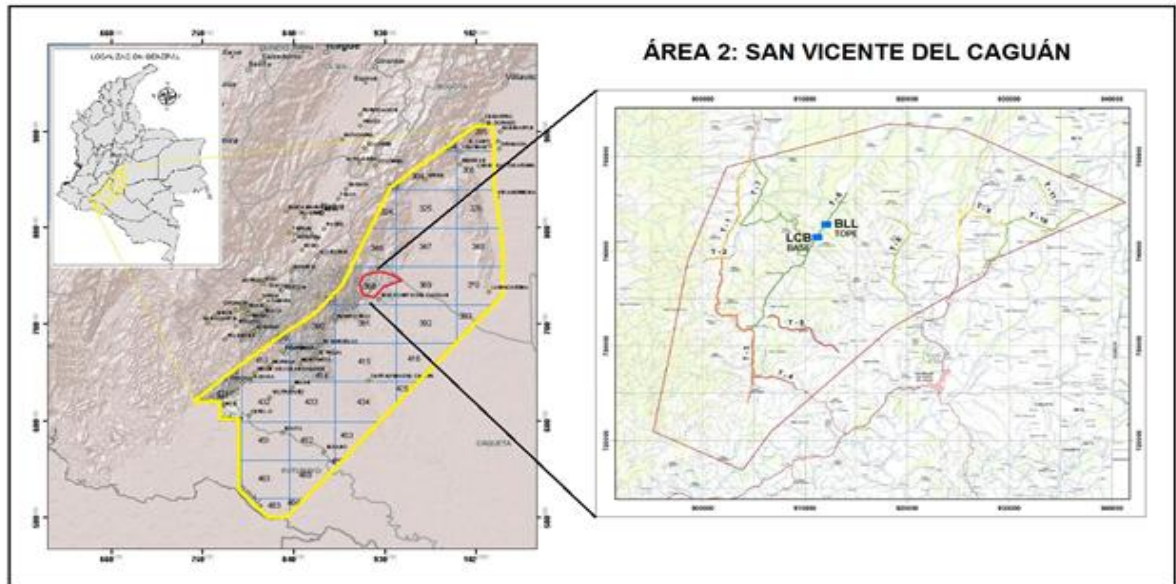


#### Edad.

En cuanto a la edad de esta unidad se determinó con base en palinomorfos que corresponde a Eoceno-Oligoceno. (Geoestudios, 1993, en Núñez, 2003) con base también en palinomorfos establece una edad Eoceno tardío para la parte inferior de la unidad. (Mora et al., 1998)

### 6.4.2.3. Litoestratigrafía.

**Figura 26. Localización de la sección Estratigráfica Las Lajas de área San Vicente del Caguán. (Modificado ICP, 2013)**



Fuente: Modificado ICP, 2013

**6.4.2.3.1 Columna Estratigráfica Las Lajas.** La columna estratigráfica fue levantada en la Quebrada Las Lajas (tributario del Río Caguán), Coordenada inicial: E: 911.553 N: 740.807, Altura: 856m y Coordenada final: E: 911.831 N: 742.582, Altura: 887m. Se observan en términos generales una sucesión de areniscas, areniscas conglomeraticas y conglomerados gruesos, con menor proporción de arcillolitas y cherts, las intercalaciones de sedimentos son sucesivas y se pueden reunir en 14 intervalos granocrecientes y granodecipientes, las cuales suman un espesor total de 322.5m.

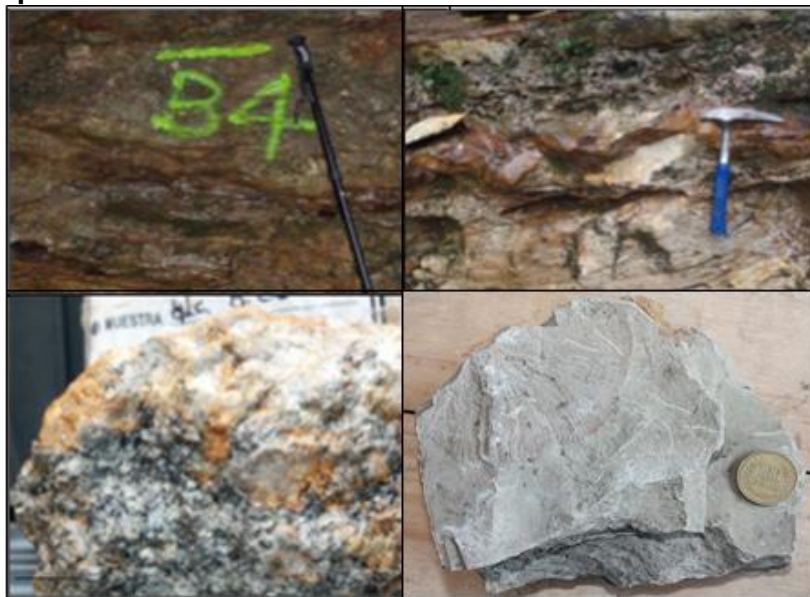
En esta columna se observan en general dos segmentos, siendo el primero de 184 metros de espesor compuesto principalmente de intercalaciones entre areniscas, arcillolitas y un grano paquete de conglomerados y el segmento superior de 138 metros compuestos de areniscas con estratificación cruzada, conglomeradas y capas de chert hacia el tope. (ANEXO C.2. Columna Las Lajas\_S.V. Caguán)

## Formación Pepino.

**Segmento Inferior (184m):** Esta compuesto por siete intervalos propuestos, particularmente diferenciados y descritos de la siguiente manera:

- La descripción de la columna inicia desde la base sedimentaria, donde se observa el contacto discordante entre gneises cuarzo feldespáticos, con ortosa, biotita y leve alteración a caolinita, y arcillolitas grisáceas. (Fotografía 14, Figura 27)

**Fotografía 14. Izq.) Afloramiento y muestra de mano del gneises cuarzo feldespáticos Der) Contacto entre gneises inferiores y arcillolitas (muestra de mano) claras en el tope.**

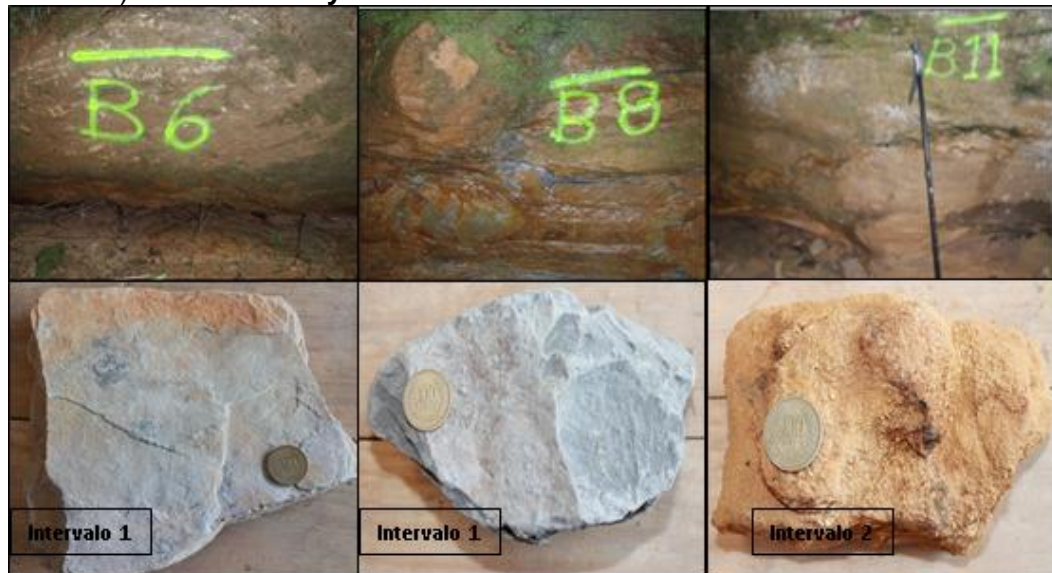


- El intervalo 1 (Figura 27) Presenta un comportamiento granodecreciente y está representada por 6 m. de conglomerados masivos, ferruginosos, en capas finas, con guijos de cuarzo, chert y cuarzo lechoso, subredondeados, matriz soportados, en contacto al techo con sublitoarenitas de grano medio a grueso, amarillo a crema, ocasionalmente conglomeráticas (guijos de cuarzo) y con estratificación cruzada interna con contactos ondulados (Fotografía 15 Izq.). Al

tope se observan capas delgadas de areniscas lodosas intercaladas con arcillolitas abigarradas con laminación plano paralela (Fotografía 15 med.).

- El Intervalo 2 (Figura 27) compuesto principalmente de areniscas medias a gruesas, es una sucesión granocreciente de 34 m. con dos conjuntos, uno de areniscas de grano medio, amarillos, crema y rojo, con estratificación cruzada; y otro con areniscas conglomeráticas ocre rojizo, con estratificación cruzada de alto ángulo, con costras ferruginosas y superficies erosivas(Fotografía 15 Der). Se observa en la base, ocasionalmente lodolitas grises en capas gruesas con laminación interna plano paralela y restos de material vegetal; y en el tope intercalaciones con capas delgadas de areniscas conglomeráticas.

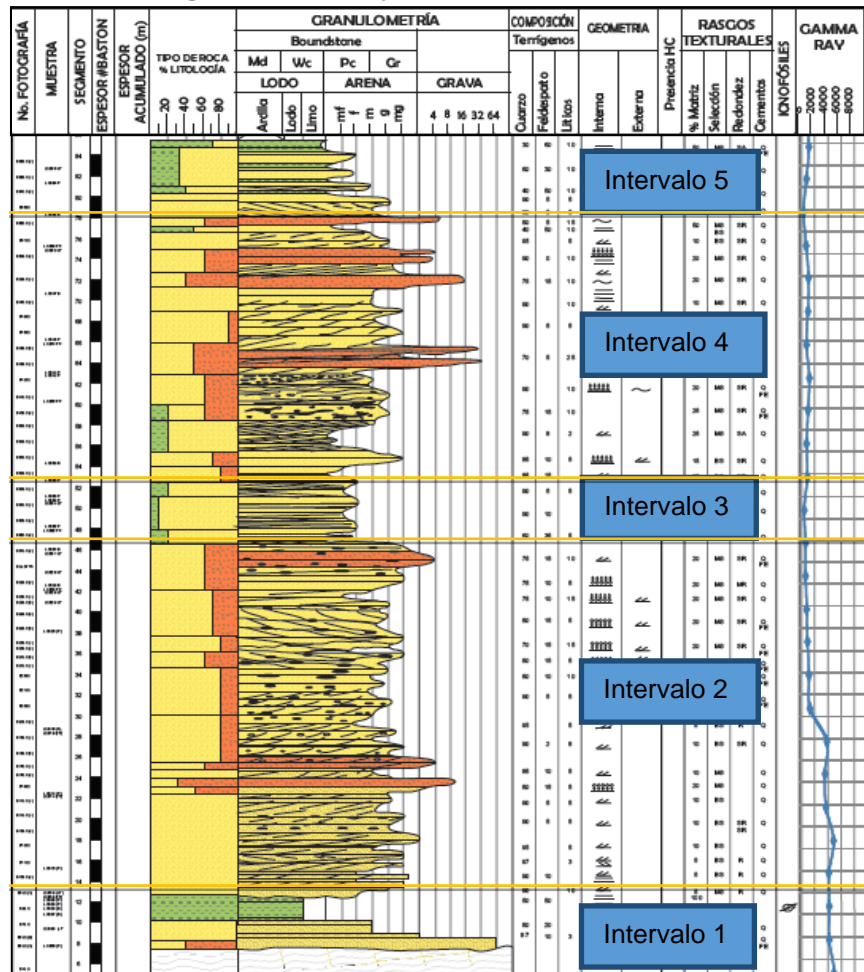
**Fotografía 15. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de sublitoarenitas finas. Med.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas grises con laminación plano paralela. Der) Afloramiento y muestra mano de areniscas estratificación cruzada.**



- El intervalo 3 (Figura 27) son 6 m. de cuarzoarenitas de grano fino a medio, en capas gruesas, con laminación plano paralela, amarillentas, en contacto con capas delgadas, tabulares de lodolitas grises con laminación plano paralela. Las areniscas son bien seleccionadas y subredondeadas, con intercalaciones

de lodolitas ligeramente arenosas, bien calibradas y friables, (Fotografía 16). En el tope, se observan delgadas areniscas gruesas a conglomeráticas, con guijos de cuarzo y chert, de color naranja o rojo, con estratificación cruzada planar, granodecipientes.

**Figura 27. Intervalos Estratigráficos 1 – 5 del Segmento Inferior de la Formación Pepino. Columna Estratigráfica Las Lajas.**

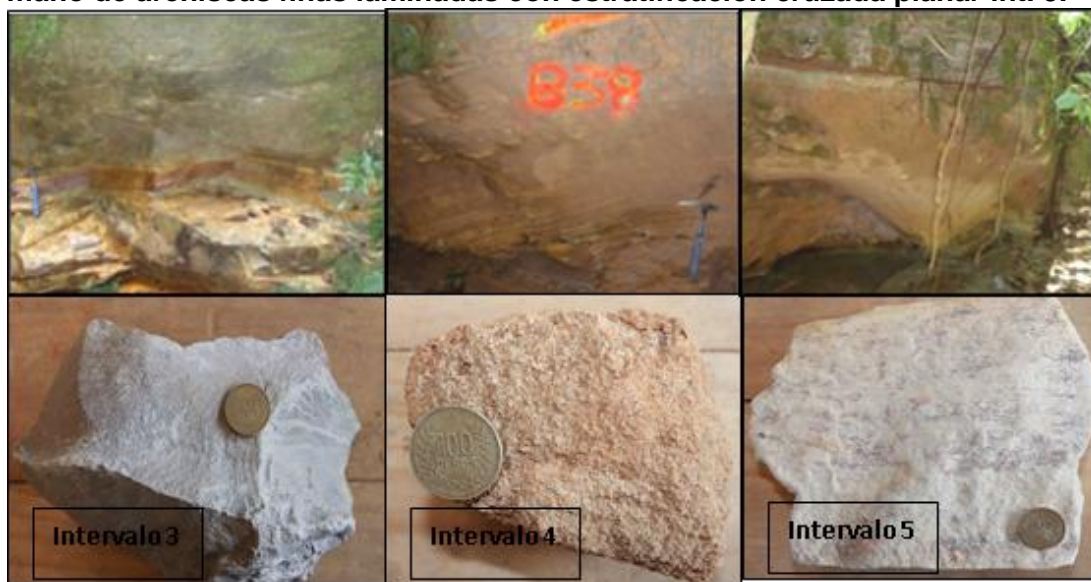


- El intervalo 4 Son 22,5 m. de areniscas gruesas a conglomeráticas, con intercalaciones o lentes de conglomerados guijosos, que presentan una tendencia granocreciente, se observan asociadas a las areniscas, capas delgadas de arcillolitas grises (Figura 27). En detalle la sucesión se compone de capas gruesas, onduladas, de areniscas amarillentas a rojizas, con leve

ferruginización, conglomeráticas (grano medio grueso a conglomerático). En menor proporción, se observan arcillolitas arenosas, amarillo crema, con laminación cruzada, intercaladas con las areniscas conglomeráticas, ondulosas (Fotografía 16).

- El intervalo 5 con tendencia granodecreciente y un espesor de 15 m. (Figura 27), se observan areniscas de grano fino a medio intercaladas con areniscas de grano grueso, y al tope intercalaciones de areniscas finas con arcillolitas grises. Se observa al tope de la sucesión, un nivel de depósitos de inundación con matriz arcillosa, asociado a avenidas de sedimentos tipo abanicos de rotura. La base de la sucesión se compone principalmente de capas gruesas, tabulares, plano paralelas de areniscas de grano medio a grueso, color amarillo a blanco, con estratificación cruzada, contactos ondulosos, friables, seleccionadas moderada, subredondeadas, y de lodolitas en capas delgadas a medias, grises a amarillas con laminación plano paralela. (Fotografía 16)

**Fotografía 16. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas grises en la base y areniscas finas en el tope int. 4. Med.) Afloramiento y muestra de mano areniscas gruesas y conglomeráticas en capas laminadas int. 4. Der) Afloramiento y muestra de mano de areniscas finas laminadas con estratificación cruzada planar int. 5.**



- El intervalo 6 son 61 m. de conglomerados y areniscas conglomeráticas (Figura 28), con una tendencia ligeramente granocreciente. La base está marcada por una superficie erosiva paraconforme entre arcillolitas y conglomerados guijosos (Fotografía 17). Posteriormente se observan capas gruesas, tabulares, plano paralelas de areniscas de grano medio a grueso, color amarillo a blanco, con estratificación cruzada planar o ligeramente oblicua, con contactos ondulados, friables, moderadamente seleccionadas, subredondeadas, en contacto con conglomerados granocrecientes y capas gruesas de areniscas gruesas a conglomeráticas, friables, color naranja, en mayor proporción se observan conglomerados guijosos, matriz soportados, con clastos de chert, cuarzo y gneis
- El intervalo 7 Es una sucesión granodecreciente, con dominio de areniscas gruesas a conglomeráticas en un espesor de 49 m, asumiendo que el segmento cubierto superior continúa siendo la misma litología (Figura 28). En contacto basal neto con la sucesión anterior, se componen de capas gruesas de areniscas conglomeraticas masiva, con baja proporción de lodo, gránulos de chert y en un 15% matriz lodosa, bien cementadas, granos en la matriz subangulares, y gránulos del armazón subredondeados, con matriz silíceo (Fotografía 17). A las capas de areniscas masivas se intercalan delgadas capas de arcillolitas y conglomerados, componiendo la sucesión un 90% de areniscas



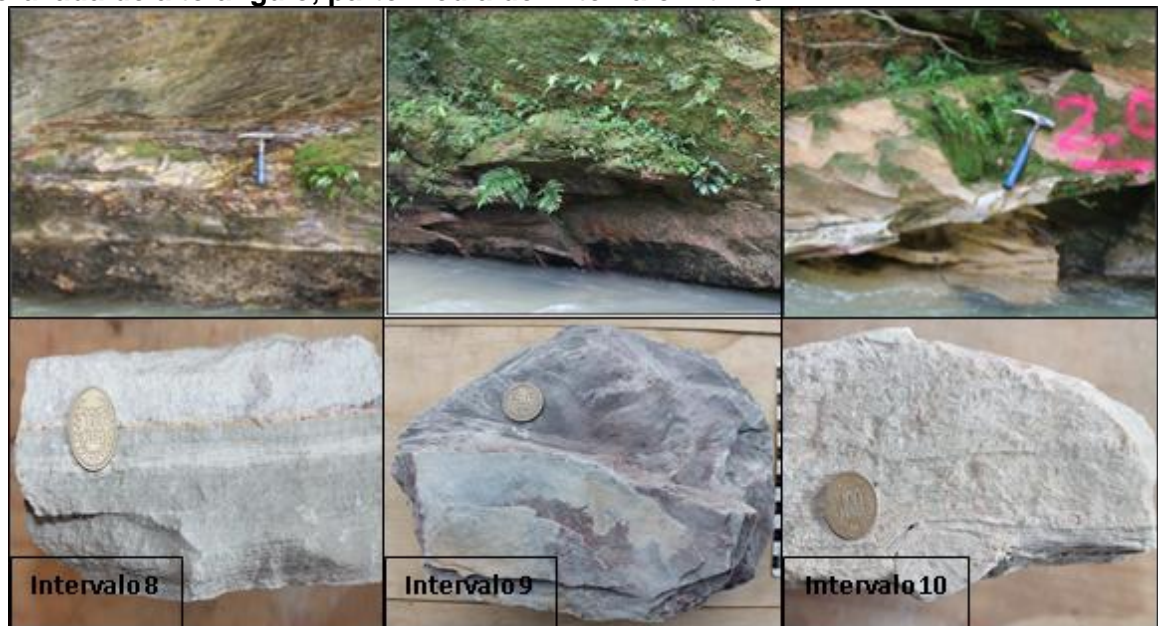
**Segmento Superior (138 m):** Esta compuesto por siete intervalos propuestos, particularmente diferenciados y descritos de la siguiente manera:

- El intervalo 8 son 24,5 m. (Figura 29) de areniscas de grano medio a conglomeráticas, con estratificación cruzada planar u oblicua, con una tendencia ligeramente granocreciente. En detalle en la base presenta conglomerados gris oscuro de gravas de grano medio a grueso, masivas, anisotrópicas, con litologías metamórficas de alto grado, subredondeadas, subangulares y planares, granosoportadas con un 25% de gravas finas y areniscas gruesas como matriz, seguidas de una sucesión de areniscas amarillas claro, cuarzosas, limpias, granosoportadas, matriz 10%, cemento silíceo, con estratificación cruzada planar en sets de 25 a 49 cm. de espesor, redondeadas y bien seleccionadas, con litoclastos de gravas finas que pueden llegar eventualmente a un 8% (Fotografía 18). En la parte superior de la sucesión se intercala un paquete de 2,5 m. de arcillolitas ocre, laminadas, con brillo sedoso, gris claro en oxidación y restos de plantas (tallos). En las areniscas se observa impregnación heterogénea de hidrocarburos, principalmente bajo las arcillolitas o areniscas finas.
- El intervalo 9 esta en contraste con la sucesión anterior y se observa un grueso paquete de arcillolitas masivas (Figura 29). Son en detalle, arcillolitas gris violeta con brillo sedoso, masivas en contacto neto con las areniscas de base y tope. Como parte de este conjunto se incluyen depósitos de inundación, con clastos entre 10 y 40cm, de litologías finas (chert y lodolitas), subredondeados a subangulares, embebidos en una matriz lodoarenosa (Fotografía 18)
- El intervalo 10 Es una intervalo ligeramente granocreciente de 42 m. (Figura 29) de areniscas conglomeráticas y conglomerados finos de depósitos con estratificación cruzada oblicua o planar en ángulos variables, gravas en la base

de los sets y nódulos de hierro. En detalle se observan areniscas cuarzosas amarillentas con estratificación fina cruzada, de grano medio, redondeadas, en sets de 60 cm., oxidadas, con una capa transversal de areniscas lodosas.

En la parte media del intervalo se observan areniscas de grano grueso a conglomeráticas finas, cuarzosas, amarillo ocre, con laminación gruesa y delgadas capas endurecidas, inclinación de capas plano paralelas que se intercalan con capas de 8-12 cm. de arcillolitas grises claras masivas o arcillolitas con lustre sericítico y color violeta. Se observan también paquetes gruesos de areniscas de grano medio a grueso, amarillo ocre, limpias, cuarzosas, con estratificación cruzada en sets de 20 cm. con delgados hardgrounds. (Fotografía18)

**Fotografía 18. Izq.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados en la base en contacto con areniscas con estratificación cruzada int. 8. Med.) Afloramiento y muestra de mano de arcillolitas gris violeta masivas int. 9. Der.) Afloramiento y muestra de mano de areniscas gruesas a conglomeráticas con estratificación cruzada de alto ángulo, parte media del intervalo int. 10.**



- El intervalo 11 Es un pequeño intervalo de 3m. (Figura 29) con tendencia granodecreciente, de lodolitas fisiles color gris, seguidos por una capa gruesa de areniscas conglomeráticas de grano medio a muy grueso, mal seleccionada y con presencia de algunos clastos tamaño guijos, de cuarzo, subangulares, la capa presenta estratificación interna inclinada, las capas gruesas de areniscas están intercaladas por capas subdecimétricas de lodolitas (Fotografía 19).
- El intervalo 12 En una tendencia granodecreciente, expone 37,5 m. (Figura 29) de conglomerados guijosos masivos, con frecuente impregnación de hidrocarburos, que pasan hacia el tope a conglomerados arenosos, de gravas redondeadas, clastosoportado, 30% matriz, 70% clastos. La matriz es de arena gruesa a muy gruesa con granos de formas subangulares (Fotografía 19).
- El intervalo 13 es granodecreciente de 11 m. (Figura 29) de cherts gris claro, con gránulos de cuarzo, subangulosos y subesféricos, en capas medias. Se intercalan con capas delgadas y medias de lodolitas gris fisiles con alto contenido de materia orgánica (Fotografía 19). Los sedimentos finos sirven de sello a los conglomerados inferiores del intervalo 12.
- El Intervalo 14 es el tope de la columna Las Lajas, similar al intervalo 12, presenta una tendencia granocreciente de 5 m. de espesor (Figura 29) con conglomerados guijosos y gravosos en los que se intercalan areniscas gruesas. En detalle son conglomerados gruesos, guijos de grano grueso con leve orientación, principalmente cuarzosos, granosoportados, con hidrocarburo (Fotografía 19), gris claros, gradan a areniscas de grano grueso, pueden presentarse gravas gruesas granosoportadas, con clastos de cuarcitas, esquistos y gneises, de granos medios a gruesos, angulosos a redondeados, isotrópicos, que se intercalan con delgadas areniscas bituminosas en paquetes de 5 a 8 cm. lenticularizadas.

Fotografía 19. Izq.) Afloramiento y muestra de mano arcillolitas características del int. 11. Med.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados masivos guijosos y gravosos int. 12. Med.) Afloramiento y muestra de mano chert con gránulos de Cuarzo int. 13. Der.) Afloramiento y muestra de mano de conglomerados guijosos intercalados con areniscas de grano grueso int. 14.





### Nombre y Sección tipo.

Esta unidad representa el basamento y exhibe la mayor distribución superficial en el área de estudio; conforma en general la parte alta del piedemonte de la Cordillera Oriental en esta zona y se caracteriza por presentar una morfología escarpada de fuertes pendientes. Las mejores exposiciones en el área de Florencia se observan sobre la vía de Florencia-Neiva, así como en las partes altas de los Ríos Orteguzza, al oriente del Río San Pedro y al norte sobre las vías El Doncello – Vereda Alemania y Puerto Rico – Vereda La Unión. (ICP, 2013)

### Litología.

En general constituida por rocas de alto grado de metamorfismo, localmente intruidas por cuerpos probablemente de edad Jurásica, poca extensión superficial y composición granítica a granodiorítica. Específicamente se observan migmatitas junto con neises cuarzo-feldespáticos y anfibolitas que conforman el paleosoma; en el neosoma se observan sienitas y rocas pegmatíticas compuestas por feldespato potásico con bandas de minerales máficos. (ICP, 2013) (Fotografía 20).

**Fotografía 20. Izq.) Detalle de neises cuarzo feldespáticos Der) Detalle de cuerpo granodiorítico que se observa al norte de Florencia.**



En el área de estudio dicha unidad constituye el basamento en las secciones de la Escuela el Cóndor y el Río Orteguzza. En la primera se caracteriza por neises cuarzo-feldespáticos alterados en contacto discordante con el conglomerado basal con guijos de cuarzo de la Formación Caballos. (Fotografía 21)

**Fotografía 21. Izq.) Ortoneis cuarzo-feldespático, Der) conglomerado basal de guijos redondeados grandes cuarzoso en matriz arcillosa blanca correspondientes a la Formación Caballos de la sección Escuela El Cóndor.**



En la sección del Río Orteguzza, se encuentra en contacto discordante con un conglomerado basal compuesto por chert y cuarzo correspondiente al Miembro Neme de la Formación Rumiyaco. En esta sección aflora una sucesión espesa de ortoneises bandeados de composición cuarzo, feldespato, biotita y anfibolita subordinada (Fotografía 22). Hacia el contacto se muestran alteradas e intensamente meteorizadas, enmascarando la estructura original de la roca e imprimiéndole apariencia de roca sedimentaria. (ICP, 2013)

#### Posición estratigráfica y edad.

El Complejo Garzón constituye el basamento del área de estudio, y subyace en contacto discordante a las unidades del Cretácico y Terciario, o en contacto fallado con estas, en el frente de cabalgamiento del piedemonte oriental de la cordillera Oriental. Núñez (2003) señala que el Complejo Garzón se considera como parte del Cinturón Granulítico Garzón – Santa Marta. Cabe destacar que hacia el norte este basamento es discordante con rocas de la Formación Pepino del Terciario. En el área de Florencia se observa discordante contra las rocas de la Formación Rumiyaco (Miembro El Neme) (Fotografía 22) o fallado contra la Formación Pepino (Fallas El Doncello, San Pedro, Las Herosas y Brasil). Desde Florencia hacia el sur las fallas de Florencia y Suaza ponen en contacto estructural al Complejo Garzón con las Formaciones Pepino y Saldaña, sin embargo, el

contacto con la Formación Caballos está definido por una discordancia regional que se prolonga al sur hasta la región del Putumayo (Núñez, 2003).

**Fotografía 22. Izq.) Neises bandeados con bandas delgadas de biotita y anfibolita y bandas gruesas cuarzo feldespáticas. Der) Contacto discordante del Complejo Garzón con el conglomerado basal del Miembro Neme. Río Orteguzza.**



De acuerdo a dataciones radiométricas conocidas se afirma que, “las rocas que conforman el Complejo Garzón y otras unidades del Macizo de Garzón en el Departamento del Huila, fueron originadas y posteriormente metamorfizadas durante el Proterozoico” (Velandia et al., 2001, en Núñez, 2003). Estos últimos afirman de igual forma, que los datos geocronológicos más recientes indican un basamento andino consolidado durante dos fases tectonometamórficas, una de las cuales fechada en 1,0 Ga conocida como el evento orogénico Orinoquense que forma el verdadero basamento de la Cordillera Oriental, en este caso correspondiente al Macizo de Garzón.

**Cretácico.**

#### **6.4.3.2. Formación Caballos.**

Esta unidad se presenta hacia el suroeste del área de estudio en franjas alargadas delgadas en sentido NE-SW. De igual forma se observa una sección de esta

formación al norte del área de estudio, sobre la vía Florencia – Neiva en cercanías a la Escuela El Cóndor. Los afloramientos representativos al suroeste del polígono se reconocen sobre la vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Los Aletones, Río Fragueta, carretable Yurayaco-Vereda Costa Rica y Río Zabaletas. (ICP, 2013)

#### Nombre y sección tipo.

Las primeras referencias de la Formación Caballos en el área de estudio, fueron realizadas por (Grosse, 1935), quien diferenció en la cuenca alta del río Caquetá una unidad que denominó “piso de areniscas blancas”, señalado en (Núñez, 2003). Aunque el término de Formación Caballos es introducido como tal en el área por (Miley & McGirk, 1948). El nombre original proviene del cerro Caballos, cerca de la localidad de Ortega (Tolima), en el Valle Superior del Magdalena y que fue propuesto por (MacArthur, 1938 en Miley, 1948). No obstante, se determinó emplearlo en este informe debido al uso continuo en la industria del petróleo.

#### Litología.

Conformada en general por una secuencia de capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas de color blanco, en ocasiones glauconíticas que le dan un color verdoso, con estratificación cruzada; se presentan también intercalaciones de capas delgadas de lodolitas de color amarillo y rojo, bioturbadas. (Fotografía 23 Izq.). La presencia de glauconita y materia orgánica carbonácea en la composición mineralógica de las areniscas evidencian que esta unidad fue depositada en un medio marino de aguas someras muy próximas a la línea de costa dentro de un mar transgresivo. Hacia el área de Belén de los Andaquíes afloran capas de areniscas gruesas a ligeramente conglomeráticas, masivas con laminación ondulosa así como estratificación cruzada, moderada a fuertemente friables, color amarillo con intraclastos de cuarzo; observándose capas de 20 cm de arena bituminosa con estratificación cruzada y laminación inclinada. (ANH, 2009) (Fotografía 23 Der.).

**Fotografía 23. Izq.) Capas medias de areniscas cuarzosas con glauconita intercaladas con areniscas cuarzosas blancas friables observadas en la Vereda Costa Rica. Der) Areniscas gruesas a ligeramente conglomeráticas, masivas con laminación ondulosa y estratificación cruzada, fuertemente friables, débilmente impregnadas con bitumen observadas al norte de Belén de los Andaquíes.**



Posición estratigráfica, edad y espesor.

El contacto inferior de esta unidad es discordante tanto sobre la Formación Saldaña como sobre el Complejo Garzón. El contacto superior con el Grupo Villeta es transicional o neto (Nuñez, 2003); igualmente algunos autores señalan que este contacto es neto y abrupto. (ANH, 2009)

Beltrán y Gallo, (1994) mencionan que esta unidad corresponde al Aptiano Inferior-Albiano Medio. Vergara, (1994) con microfauna colectada en la quebrada Bambucá, determinó una edad Albiana para esta Formación. Renzoni, (1994) amplió el rango a Aptiano Medio - Albiano Medio para la misma sección mediante interpretación paleoambiental y regional. Mora et al., (1998) indican que la edad de la Formación Caballos, según análisis palinológicos de muestras del pozo Catira-1 ubicado cerca de Yurayaco, es Albiano tardío a Cenomaniano. (ICP, 2013)

El espesor de esta unidad en el Río Fragua es de 130 m, y en la Quebrada Las Doradas es de 85 m. En los pozos Catira 1 y 2 ubicados cerca de Yurayaco al Sur del área de estudio presenta un espesor de 73 m (Núñez, 2003). Según el levantamiento de la Columna Escuela el Cóndor, se determinó que esta unidad tiene un espesor de 100 m.

### 6.4.3.3 Formación Villeta.

Esta unidad se observa hacia el SW del área de estudio en franjas alargadas delgadas en sentido general NE-SW. Las mejores exposiciones se presentan sobre la vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Los Aletones, Río Fragueta, carretable Yurayaco-Vereda Costa Rica y Río Zabaletas. Se levantó la columna estratigráfica de esta unidad sobre la Quebrada Las Doradas, en el Municipio de San José de Fragua, así mismo alcanza a aflorar al norte del área de estudio, sobre la vía Florencia – Neiva en cercanías a la Escuela El Cóndor. (ICP, 2013)

#### Nombre y sección tipo.

La introducción del término Formación Villeta, en la Cuenca del Putumayo, se debe a *Miley y McGirk, (1948)*. No es recomendable utilizar el término de Formación Villeta en la Cuenca del Putumayo, debido a que no se tienen criterios suficientes para extenderlo desde el Valle Superior del Magdalena (*Núñez, 2003*). No obstante, este nombre ha sido muy arraigado en la nomenclatura estratigráfica de la cuenca y su uso es muy común. Se reconocen dos miembros para esta unidad: el miembro Villeta Inferior conformado por facies más gruesas de grainstone, packstone /wackstone caracterizadas por la presencia de bivalvos, ostreidos y en menor proporción gasterópodos y equinodermos, fragmentos de conchas generalmente recristalizadas y sin una orientación preferencial, peloides micritizados y glauconita con bioclastos. El miembro Villeta Superior con predominio de las facies arcillosas y limosas y en menor proporción facies calcáreas generalmente como delgados niveles de wackestone y packstone de bioclastos. (*BEICIP y FRANLAB, 1988 en ICP, 2013*)

#### Litología

En el área de estudio se presentan escasos afloramientos de esta unidad, mostrando una morfología ondulada de bajo relieve, conformada por arcillolitas y shales negros en capas delgadas con laminación plano paralela, altamente

fracturadas, hacia la parte media y superior se observan paquetes espesos de capas delgadas a medias de areniscas cuarzosas de grano grueso con laminación ondulosa intercalados con limolitas silíceas (shales) (Fotografía 24).

**Fotografía 24. Izq.) Detalle de shales negros en capas delgadas con fracturas rellenas de óxidos de hierro observado en el Río Zabaletas. Der) Capas medias de areniscas cuarzosas de grano grueso con laminación ondulosa intercaladas con shales altamente fracturados en la vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Aletones.**



El límite entre las Formaciones Caballos y Villeta, fue determinado teniendo en cuenta el estudio de *Mora et. al., (1998)*, quienes sugieren la división de la llamada “Formación Villeta” en dos Formaciones: Formación Masaya y Formación Iglesias, la primera predominantemente arenosa con intercalaciones menores de lodolitas y arenitas calcáreas, de edad Cenomaniano a Turoniano, y la segunda que suprayace transicionalmente a la Formación Masaya, conformada por lodolitas oscuras principalmente con características propias de ambientes marinos e infrayace en contacto neto erosivo al Miembro El Neme de la Formación Rumiayaco de edad Turoniano a Santoniano. (*ICP, 2013*)

#### Posición estratigráfica, edad y espesor.

En el área de estudio la Formación Villeta está en contacto neto y concordante con la infrayacente Formación Caballos; su límite superior es neto con las areniscas del Miembro El Neme de la Formación Rumiayaco. *Núñez, (2003)* con palinomorfos le asigna a esta unidad una edad Cenomaniano-Santoniano, de igual forma *Mora*

*et al.*, (1998) establecen para las formaciones Masaya e Iglesias (correlacionables con la Formación Villeta) el mismo rango de edad mencionado. El espesor establecido para esta unidad en el área de estudio es de 150 a 180m (ANH, 2009). Igualmente se establece un espesor de 266 m para esta unidad en el sector de la Quebrada Masaya, entre los municipios de Belén de Los Andaquies y San José de Fragua (Mora *et al.*, 1998). En el presente trabajo se estableció para esta formación un espesor de 139,5 m en la sección levantada en la Quebrada Las Doradas al occidente de San José de Fragua.

## **Paleógeno.**

### **6.4.3.4. Formación Rumiyocho.**

Es una unidad ampliamente extendida en el piedemonte Amazónico, presenta su distribución superficial de forma discontinua afectada por fallas inversas; aflora en la parte central del área de estudio, en el piedemonte entre Morelia y Belén de los Andaquíes y al occidente de San José de Fragua en una faja con sentido NE-SW. Los afloramientos más representativos se observan en los valles de los ríos San Pedro y Orteguzza y sobre la vía Belén de los Andaquíes – Vereda Aletones, Río Fragueta y carretable Yurayaco - Vereda Costa Rica. (JCP, 2013)

#### Nombre y sección tipo.

El nombre de esta unidad es mencionado inicialmente por *Saville*, (1943); al igual que por *Cucalón y Camacho*, (1966), quienes en la compilación geológica de la frontera entre Colombia y Ecuador, vuelven a utilizar esta denominación para la unidad (*Núñez*, 2003). Su unidad tipo debe encontrarse en un lugar no precisado cerca a Mocoa (*McGirk*, 1949). Se propone una sección de referencia sobre la Quebrada Masaya localizada al suroeste de Belén de Los Andaquíes. (Mora *et al.*, 1998) Hacia el oriente, esta formación pasaría a facies predominantemente arenosas conocidas como el Miembro El Neme (*Cáceres y Teatín*, 1985).

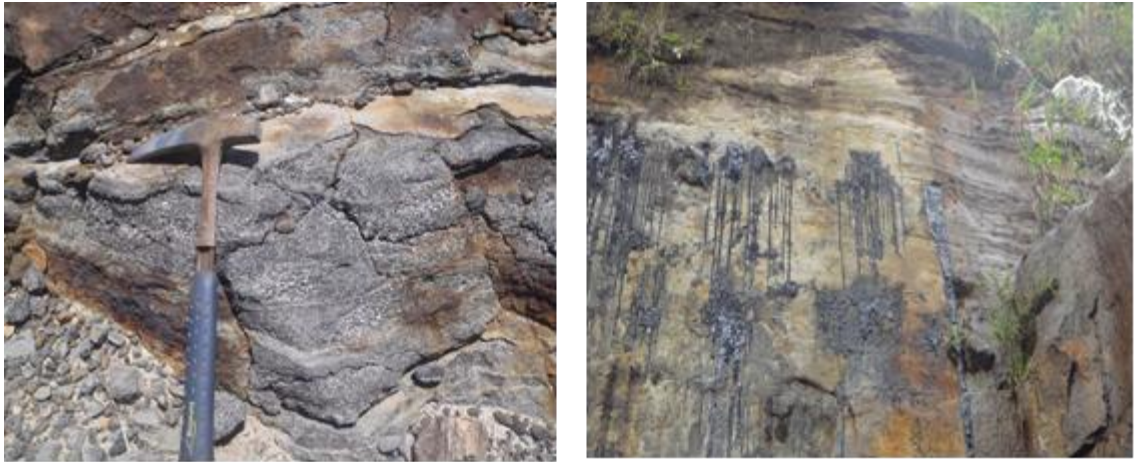
Se utiliza el nombre informal de Formación El Neme con el objeto de diferenciar la unidad de cuarzoarenitas que yacen entre la formaciones Villeta y Pepino y que corresponde en posición estratigráfica a la Formación Rumiyaco de la Cuenca del Putumayo. (ANH, 2009). En este trabajo se utiliza el nombre de Formación Rumiyaco y en el levantamiento estratigráfico se logró establecer dos miembros: el miembro arenoso El Neme en la base de la unidad y un miembro arcilloso en la parte superior de la formación.

### Litología.

En el área de estudio esta unidad se encuentra ampliamente extendida, aunque presenta sus mejores exposiciones entre Florencia y Montañita. Está constituida en la base por capas medias a gruesas, alcanzando paquetes muy gruesos de areniscas cuarzosas de grano grueso, color gris oscuro a negro con moderada selección y estratificación ondulada a cruzada, ocasionalmente inclinada con esporádicas intercalaciones de arcillolitas de color gris verdoso con intraclastos de lodolitas carbonosas. Es ocasional también la presencia interestratificada de conglomerados de guijos a areniscas conglomeráticas con moderada selección, subangulares con clastos de cuarzo y cuarzo lechoso. Toda la sucesión descrita está moderada a fuertemente impregnada de bitumen en la matriz (Fotografía 25). Este paquete arenoso se ha denominado como Miembro El Neme, al mismo lo suprayace de forma transicional un paquete muy grueso de capas medias de areniscas de grano fino a medio muy friables, bien seleccionadas con estratificación cruzada planar.

Finalmente, la sucesión culmina con una sucesión espesa de arcillolitas grises a ligeramente violetas con moteado rojizo y capas delgadas de limolitas rojizas correspondientes al Miembro Arcilloso de esta unidad. (Fotografía 26). La sección estratigráfica se levantó sobre el Río Orteguzza al este de Florencia (ICP, 2013).

**Fotografía 25. Izq.) Detalle de arenisca conglomerática con moderada selección cruzada. Der) Paquete muy grueso de areniscas cuarzosas con rezumaderos de bitumen**



**Fotografía 26. Izq.) Detalle del contacto transicional entre los paquetes gruesos de las areniscas del Miembro El Neme y las capas más delgadas de areniscas de grano fino a medio del segmento medio de la Formación Rumiyo. Der) Arcillolitas violetas con moteado rojizo de la parte superior de la Formación Rumiyo.**



Posición estratigráfica, edad y espesor.

La Formación Rumiyo se presenta en posición discordante y paraconforme sobre el Complejo Garzón en el área de Florencia; hacia el sur es paraconforme con sobre las lodolitas de la Formación Villeta. *Mora et al., (1998)* señalan que es un contacto neto erosivo con las lodolitas de la Formación Iglesias (Villeta Superior). El contacto superior es también paraconforme con la Formación Pepino.

En cuanto a la edad de esta unidad, *McGirk, (1949)*, con base en análisis de fósiles re TRABAJADOS de la Formación Villeta y ostrácodos propios de la Formación Rumiayaco, consideró su acumulación entre el Maastrichtiano - Paleoceno temprano, edad postulada también por *Olsson, (1956) (en Julivert, 1968)*. Con base en la presencia de *Buttinia andreevi*, se afirma que la parte inferior de esta unidad se acumuló durante el Maastrichtiano (*Mora et al., 1998*).

El espesor de esta formación en el área de Florencia varia entre 170 y 180 m (*ANH, 2009*). Se reporta un espesor de 220 m al sur del área de estudio sobre la Quebrada Aguas Calientes, localizada al oeste de Morelia (*Mora et al., 1998*). La campaña de campo de Ecopetrol (2013) reporta un espesor de 93 m sobre la Quebrada Las Doradas al oeste de San José de Fragua. Cabe destacar que en los pozos Catira-1 y Catira-2 (al oeste del área de estudio) se reporta un espesor de 378 m, ya que se localiza en el sector central hacia el depocentro de la Cuenca del Putumayo, siendo una secuencia más lodosa que la observada al este de Florencia (*ICP, 2013*). La columna generada sobre el Rio Orteguzza determinó un espesor de 127.5 m, siendo 68,5 m el espesor del Miembro El Neme.

#### **6.4.3.5. Formación Pepino.**

En el área de estudio la Formación Pepino aflora extensamente desde Montañita hasta Florencia, continuando como una franja espesa con sentido NE-SW hacia el sur del polígono. Hacia el norte aflora escasamente como ventanas discontinuas entre Paujil y El Doncello y en cercanías al Municipio de Puerto Rico. Esta unidad se caracteriza por un paisaje estructural de suaves pendientes estructurales inclinadas al sureste entre 300 y 400, con fuertes contrapendientes, En general en el sector suroccidental de Florencia, Morelia, Belén de Los Andaquíes, San José de Fragua y Yurayaco la Formación Pepino conforma los primeros cerros del piedemonte de la Cordillera Oriental. Las mejores exposiciones se observan en inmediaciones de Florencia (*ICP, 2013*)

### Nombre y sección tipo.

La Formación Pepino fue definida cerca de la Inspección de policía de Pepino en el Municipio de Mocoa. (Saville, 1943, en Miley & McGirk, 1948). En este trabajo se emplea el nombre para describir un intervalo de conglomerados, arenitas y arcillolitas moteadas que se disponen estratigráficamente entre las formaciones Neme y Orteguzaza.

### Litología.

Esta unidad es una de las de mayor extensión superficial en el área de estudio. Conformada por intercalaciones de areniscas fuertemente bituminosas conglomeráticas de color gris oscuro con clastos de gránulos a guijos, clastosoportada, tabulares, masivas, moderada selección, grano subredondeados, ligera meteorización y ocasionalmente laminación plano paralela continua media a gruesa e inclinada y conglomerados de guijos bituminosos matriz-soportados con matriz de arena fina y clastos de cuarzo lechoso (90%) y chert (10%), subredondeados, con moderada selección (Fotografía 27); también intercalaciones de capas de medias de areniscas cuarzosas bituminosas, bien seleccionadas, de grano fino con laminación plano paralela ondulada continua y laminación inclinada.

**Fotografía 27. Izq.) Areniscas conglomeráticas bituminosas con clastos de gránulos a guijos. Cantera Las Pavas, vía Paujil - El Doncello, Der) Conglomerados clastosoportados con moderada selección y clastos de Qz lechoso (90%) y chert (10%) observados en la Quebrada La Barrialosa en la vía entre Montañita y Paujil.**



En la sección de la Cantera Las Pavas sobre la vía Paujil – El Doncello aflora el Miembro Superior de la Formación Pepino el cual se puede subdividir en dos segmentos: el inferior conformado por una secuencia de conglomerados clasto soportados, bituminosos de composición: cuarzo lechoso, chert de color gris y negro con arenitas sublíticas bituminosas de grano fino a medio con estratificación cruzada planar. El segmento superior de este miembro está constituido por arcillolitas color gris claro con alteración de color vinotinto correspondiente a la base de la Formación Orteguzza; en general la sucesión presenta óxidos ferruginosos.

En general se trata de areniscas conglomeráticas o conglomerados con clastos de guijos de cuarzo lechoso y eventualmente chert e intraclastos de arcillas gris, con moderada selección, subredondeados a redondeados, con intercalaciones de capas muy gruesas de areniscas cuarzosas de grano medio, friables, con niveles conglomeráticos, que exhiben estratificación inclinada a cruzada planar.

En esta litología es común reconocer antiguos canales de aproximadamente un metro de altura y amplitud variable. En algunos sectores la matriz aumenta y en otros disminuye, el conglomerado es clasto soportado imbricado con disposición en artenas menores. Así mismo se observa hacia el área del Municipio de Florencia conglomerados clasto soportados con guijos imbricados de chert y cuarzo lechoso en igual porcentaje, así como clastos de arenas con cemento silíceo. (Fotografía 28),

**Fotografía 28. Izq.) Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada en artesa, mostrando canales de 1 m de espesor, vía Florencia-Paujil, Der) Conglomerados clastosoportados con clastos de guijos de cuarzo lechoso y eventualmente chert, vía Paujil-Vereda La Sierra.**



Al oeste del área de estudio desde Florencia hasta Yurayaco se observa solamente la parte inferior y media de la unidad, el segmento superior es truncado por la Falla de Florencia y el Sistema de Fallas del Borde Amazónico. Se observa principalmente hacia la base de la unidad paquetes muy potentes de conglomerados de guijos finos matriz soportados (Fotografía 29), subangulares en matriz arcillosa blanca con intercalaciones de arenas medias a finas, laminadas y capas medias de limolita arcillosa finamente laminada, predomina el chert negro sobre el cuarzo lechoso, encima de esta secuencia predominan lodolitas a arcillolitas rojas a moradas con intraclastos de cuarzo lechoso. (ICP, 2013)

**Fotografía 29. Izq.) Conglomerados de guijos finos matriz soportados con clastos de chert negro principalmente con intercalaciones de arenas medias a finas, vía Belén de Los Andaquíes – Vereda Aletones y Quebrada Las Doradas Der) Arcillolitas rojas a moradas de la parte media de la unidad, Quebrada Las Doradas.**



Se reconocieron tres segmentos principales dentro de la Formación Pepino en la Cuenca del Putumayo, el inferior, arenoso conglomerático; el intermedio, lodo arenoso; y el superior conglomerático arenoso. El espesor total de esta unidad es de 248 m. (*INGEOMINAS Y GEOESTUDIOS, 2000*). En el presente trabajo no se identificaron estos tres segmentos en una misma secuencia sedimentaria, no obstante, se reconocieron el miembro inferior y superior en secciones diferentes. En la sección de la Quebrada Las Doradas al oeste de San José de Fragua aflora el Miembro Inferior con un espesor de 193,5 metros. El Miembro Superior de la Formación Pepino se reconoció solamente en la sección de la cantera Las Pavas con un espesor de 105,0 metros.

#### Posición estratigráfica, edad y espesor.

Autores afirman que los contactos superior e inferior son discordantes con las Formaciones Rumiayaco y Orteguzaza respectivamente (*ANH, 2009 y Núñez, 2003*). Sin embargo algunos estudios señalan que el contacto inferior sería neto erosivo mientras el contacto superior sería concordante con la Formación Orteguzaza (*Mora et al, 1998*). En este trabajo se establece un contacto inferior neto, pero el superior es discordante y se expresa en el contraste topográfico derivado de la terminación del frente montañoso y el ingreso a la planicie ondulada definida por las arcillolitas de la Formación Orteguzaza (*ICP, 2013*). En cuanto a la edad de esta unidad se determinó con base en palinomorfos como Eoceno-Oligoceno. (*Geoestudios, 1993, en Núñez, 2003*); aunque algunos autores establecen que sería Eoceno tardío para la parte inferior de la unidad. (*Mora et al., 1998*)

El espesor de la Formación Pepino es muy variable, oscila de 400 a 1300 m. Su ambiente de depósito es continental - fluvial. Las facies de la unidad se asocian a un ambiente continental de abanicos aluviales sobre una gran llanura de piedemonte cortada por canales principales. Esta unidad al este de Florencia tiene un espesor de 350 a 400m; en el pozo Aeropuerto-1 en cercanías a Florencia se reporta un espesor de 113,9. Hacia el sur del área en el pozo Catira-2 la unidad

presenta un espesor de 450m (ANH, 2009). En la etapa de campo realizada por Ecopetrol, (2013) en la Quebrada Las Doradas al oeste de San José de Fragua se reportó un espesor de 200 m para el segmento inferior y medio de la unidad.

#### **6.4.3.6. Formación Orteguaza.**

Esta unidad está ampliamente distribuida en el área de estudio, aunque restringida hacia la parte baja del piedemonte, definiendo un paisaje de colinas redondeadas. Se observan afloramientos continuos de esta unidad sobre las vías San José de Fragua-Belén de Los Andaquíes y Florencia – Puerto Rico; cabe destacar los afloramientos observados sobre el Valle del Río Orteguaza y sobre la vía perimetral al occidente de Florencia. Al sureste del área de estudio hace parte del bloque colgante del Sistema de Fallas del Borde Amazónico. (ICP, 2013)

##### Nombre y sección tipo.

La Formación Orteguaza es la unidad más antigua de las dos unidades en que se dividió el Grupo Orito; las Formaciones Orteguaza y Orito-Belén hacia al techo. El Grupo Orito fue definido al Norte y Oriente de la población de Orito, el cual cubre la mayor parte de la Llanura Amazónica. (Miley & McGirk, 1948).

Recientemente, con base en recopilaciones regionales, se estableció una correlación entre el Grupo Orito, de la Cuenca del Putumayo y la unidad Orteguaza (Higley, 2001, en Núñez, 2003). La Formación Orteguaza, consiste de una intercalación de arcillolitas, limolitas grises, areniscas finas y ferruginosas y delgadas capas carbonosas. (Saville, 1943, en Núñez, 2003)

##### Litología.

Esta unidad está constituida por una sucesión monótona de capas delgadas de arcillolitas marrón rojizo, abigarradas, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises con intraclastos de restos de plantas y láminas de carbón (lignito) y calizas (biomicritas). La formación se presenta moderadamente consolidada modelando

un relieve de colinas redondeadas característico (Figura 45), que la diferencian claramente de otras unidades observadas en el piedemonte de la Cordillera y en el eje del Sinclinal de San Antonio al este de Florencia. Las mejores exposiciones se presentan sobre la vía entre San José de Fragua y Florencia. (ICP, 2013)

**Fotografía 30. Izq.) Afloramiento de Intercalaciones de lodolitas rojas en capas medias abigarradas y capas medias de limolitas de color gris verdoso. Vía Belén de los Andaquíes-Florencia. Der) Morfología de colinas onduladas característica de la Formación Orteguaza. Vía Yurayaco-San José de Fragua.**



#### Posición estratigráfica, edad y espesor.

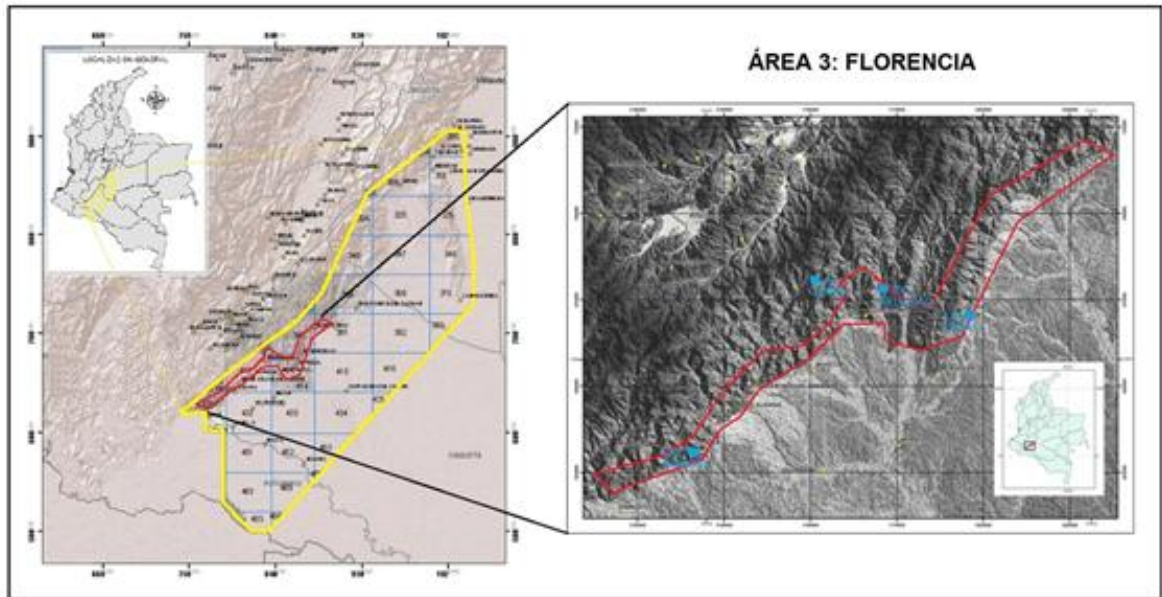
El contacto inferior con el segmento superior de la Formación Pepino fue identificado como neto y paraconforme (Núñez, 2003). Soportado en contrastes morfológicos se establece un contacto discordante entre estas formaciones (ANH, 2009). La Formación Pepino desarrolla una topografía marcada por pendientes estructurales fuertes y contrapendientes abruptas en el frente montañoso, mientras que la Formación Orteguaza origina un paisaje ondulado de colinas redondeadas. Esta última unidad está cubierta a su vez por depósitos aluviales de las corrientes fluviales principales de la región (ICP, 2013)

La edad de la unidad fue establecida por medio de estudios bioestratigráficos realizados en muestras colectadas en el área del piedemonte del Caquetá y Putumayo por Bioss Resources Ltda. Las asociaciones de palinomorfos identificadas son indicativas del Oligoceno (INGEOMINAS Y GEOESTUDIOS,

2000). Con base en la información de diversos autores, se incluye el Grupo Orito en el Oligoceno y parte más baja del Mioceno (*Higley, 2001 en Núñez, 2003*). El espesor de esta unidad es de 500 m, igualmente se reporta que en los pozos Aeropuerto-1 y Montañita-1, los espesores varían entre 128 - 256m para esta formación. (*ANH, 2009*)

#### 6.4.3.7. Litoestratigrafía.

**Figura 30. Localización de las secciones estratigráficas de área Florencia, de E a W: Cantera Las Pavas, Río Ortegaza, Escuela el Cóndor y Quebrada Las Doradas.**



Fuente: Modificado ICP, 2013

##### 6.4.3.7.1 Columna estratigráfica Escuela el Cóndor.

La columna estratigráfica fue levantada próxima a la Escuela el Cóndor en la Vía que de Florencia conduce a Neiva. Coordenada inicial: E: 1.150.992 N: 680.887, altura 1424 m; coordenada final: E: 1.151.159 N: 680.863, altura 1423 m. En esta sección aflora una sucesión cretácica predominantemente arenosa con intercalaciones de lodolitas fosilíferas con un espesor total de 112,5 metros.

Litológicamente es posible diferenciar tres segmentos Correspondientes a la Formación Caballos y en la parte alta de la columna el segmento inferior de la Formación Villeta. (ANEXO C.3. Columna El Condor\_ Florencia)

### **Formación Caballos.**

**Segmento Inferior (16.5 m):** Se observa en contacto discordante con el Macizo de Garzón, este segmento es una capa media constituida por un conglomerado basal, matriz soportado de composición oligomíctica cuarzosa, clastos redondeados de tamaño guijos medio a gruesos (*Intervalo 1*). Seguido por capas medias de cuarzoarenitas blancas de grano medio a grueso, con matriz arcillosa blanca, algunas capas presentan laminación interna plano paralela, intercaladas con capas delgadas a medias de lodolitas negras con abundante materia orgánica. Esta secuencia aparece frecuentemente plegada (Figura 31 y Fotografía 31).

**Fotografía 31. Cuarzoarenitas intercaladas con lodolitas carbonosas. Laminación planoparalela. Segmento inferior de la Formación Caballos. Escuela El Cóndor**





**Fotografía 32.** Izq.) Laminación planoparalela, altamente bioturbada. Der) Arenitas cuarzosas con Py, Ms y Gl color gris verdosa. Segmento superior Fm caballos.



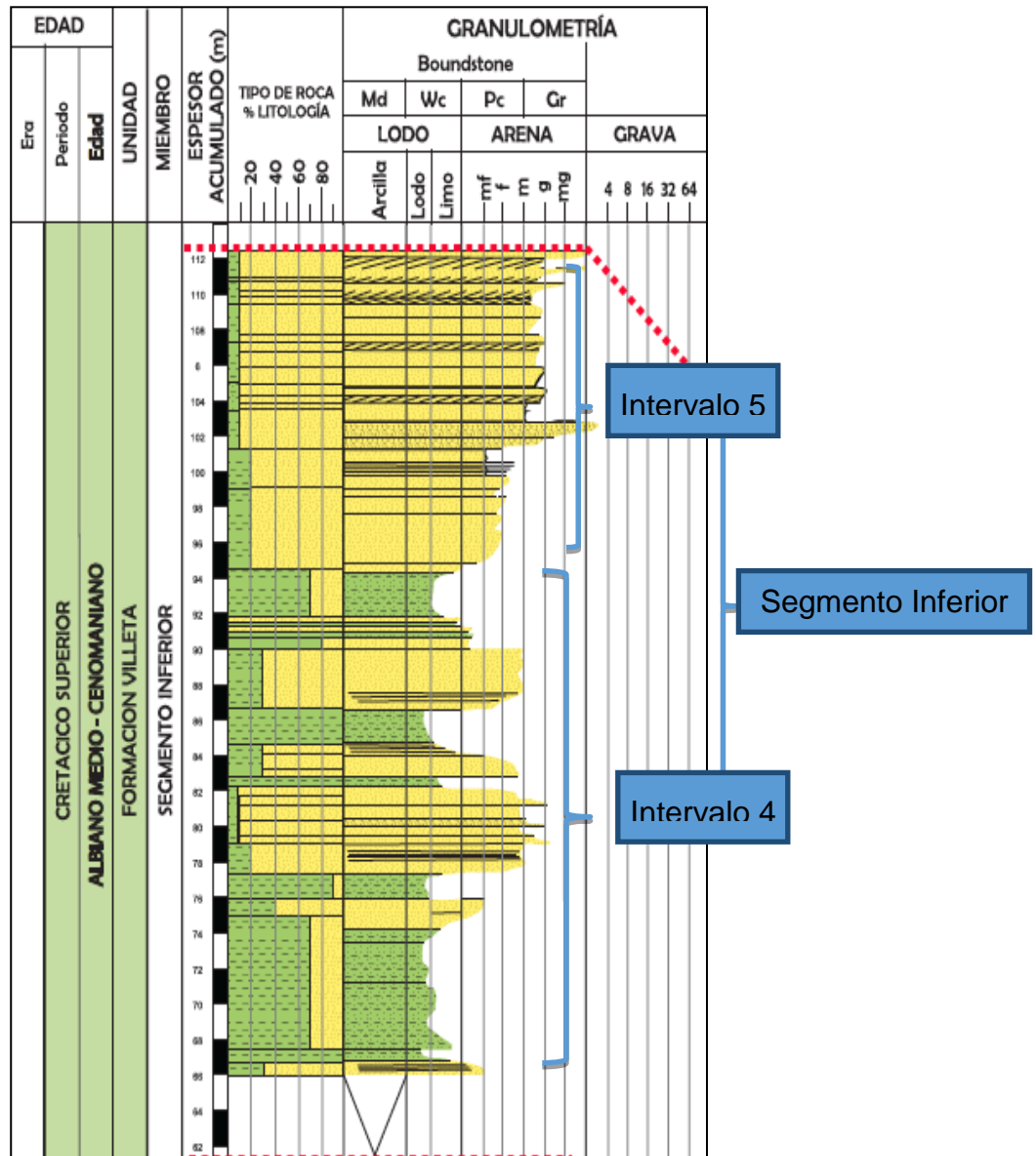
### **Formación Villeta.**

**Segmento Inferior (46 m):** Constituido por una secuencia de lodolitas arenosas (*Intervalo 4*) y limolitas con niveles delgados fosilíferos y con restos vegetales de color gris verdoso y alto contenido de materia orgánica y glauconita (Figura 32, Fotografía 33)

**Fotografía 33.** Niveles fosilíferos de lodolitas arenosas, color verde. Limolita gris oscura con madriguera vertical, sección Escuela el Cóndor, segmento inferior de la Formación Villeta.



Figura 32. Columna estratigráfica Escuela el Cóndor, segmento inferior de la Formación Villeta



Hacia el tope se observan, arenitas cuarzosas y arenitas glauconíticas de grano fino a grueso (*Intervalo 5*), en capas tabulares delgadas a medias con laminación interna plano paralela discontinua y contenido moderado de materia orgánica, alta bioturbación y presencia de costras delgadas ferruginosas. (Fotografía 34).

**Fotografía 34. Arenitas glauconíticas con laminación lenticular de materia orgánica, típicas de la Formación Villeta. Este segmento se observa en dos de las secciones levantadas en la Quebrada Las Doradas (derecha) y en la Escuela el Cóndor (izquierda). Segmento inferior de la Formación Villeta.**



#### **6.3.3.7.2 Columna estratigráfica Río Orteguzaza.**

La columna estratigráfica fue levantada en la Quebrada San Antonio de Atenas tributaria del Río Orteguzaza, ubicada próxima al corregimiento de San Antonio de Atenas (Caquetá). Coordenadas, inicial: E1.170.915 N680.324, altura 320 m; coordenada final: E: 1.170.154 N: 677.119, altura 394 m. Esta sección se divide en tres segmentos el primero constituido por cuarzoarenitas bituminosas (Miembro El Neme) con espesor de 48 m. El segmento medio caracterizado por areniscas sublíticas (tope del Miembro El Neme) y una capa espesa de arcillolitas varicoloreadas (miembro arcilloso) que suma un espesor de 82,5 m y finalmente una sucesión de areniscas sublíticas a conglomerados de 36 metros de espesor de la base de la Formación Pepino, para un total de 165 metros. (ANEXO C.4 Rio Orteguzaza\_ Florencia)

#### **Formación Rumiayaco.**

**Segmento Inferior (Miembro El Neme) (48,0 m):** conglomerado basal de gránulos y guijos muy gruesos, compuesto de cuarzo lechoso, chert gris claro y negro, en contacto discordante con las rocas metamórficas del Macizo de Garzón













**Fotografía 39. Izq.) Capas gruesas de cuarzoarenitas con estratificación cruzada del segmento inferior de la Formación Villeta. Der.) Sección Quebrada Las Doradas y a la izquierda sección Escuela El Cónдор.**



**Fotografía 40. Izq.) Se observan cuarzoarenitas con laminación de lodolitas negras. Der.) Limolitas en capas delgadas tabulares del segmento inferior de la Formación Villeta.**

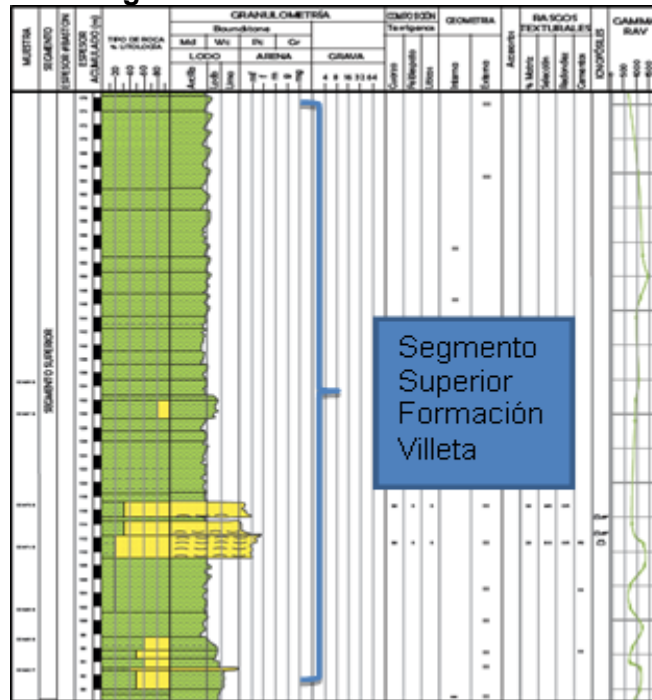


Segmento Medio (31,5 m): Caracterizado por capas delgadas a medias de wackstone y packstone bioesparíticos, se presenta la mayor acumulación de fragmentos de bivalvos aleatoriamente dispuestos hacia la base de las capas, con intercalaciones delgadas a medias de lodolitas calcáreas negras (Figura 39 y Fotografía 41). En la parte superior de esta sucesión se presentan Intercalaciones delgadas de lodolitas negras y arenitas cuarzosas de grano fino a medio con niveles fosilíferos (Fotografía 42)



**Segmento Superior (88,5 m):** Constituido por capas gruesas de lodolitas, arcillolitas y shales de color gris medio con moteado verde a vinotinto; en la parte media de este segmento se observa un nivel de arenitas fosilíferas de color amarillo claro, con bioturbación moderada (Figura 40 y Fotografía 43).

**Figura 40. Segmento superior de la Formación Villeta. Capas gruesas de arcillolitas, lodolitas y shales de color gris con moteado vinotinto.**



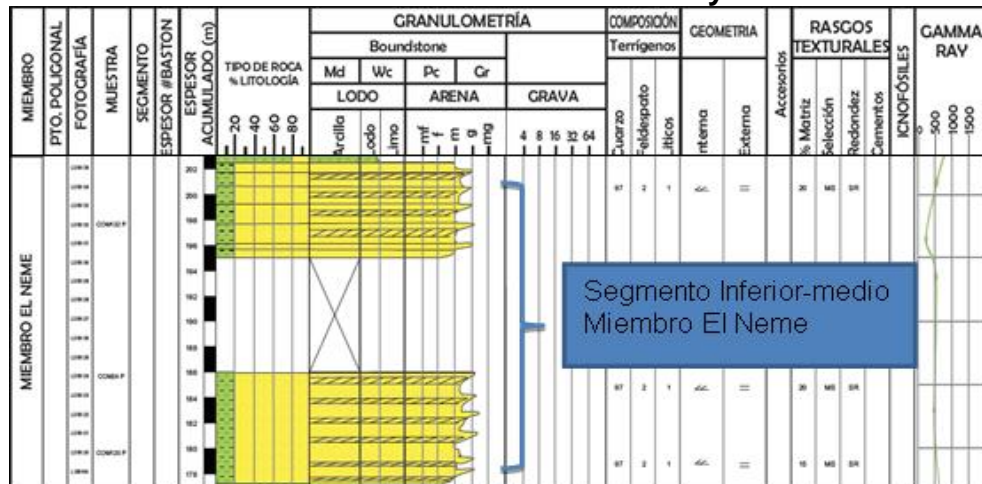
**Fotografía 43. Izq.) Shales negros. Der.) Arenitas fosilíferas del segmento superior de la Formación Villeta.**



## Formación Rumiyaço.

**Segmento Inferior-medio; Miembro El Neme (29m):** Constituida por 17m de cuarzoarenitas de grano medio a grueso de color blanco, moderadamente seleccionadas y estratificación cruzada planar de bajo ángulo (*Inter. 6*), hay un segmento cubierto de 9 m. que se asume que continúan siendo de la misma litología. (Figura 41)

**Figura 41. Cuarzoareniscas de grano medio a grueso con estratificación cruzada del Miembro El Neme de la Formación Rumiyaço.**



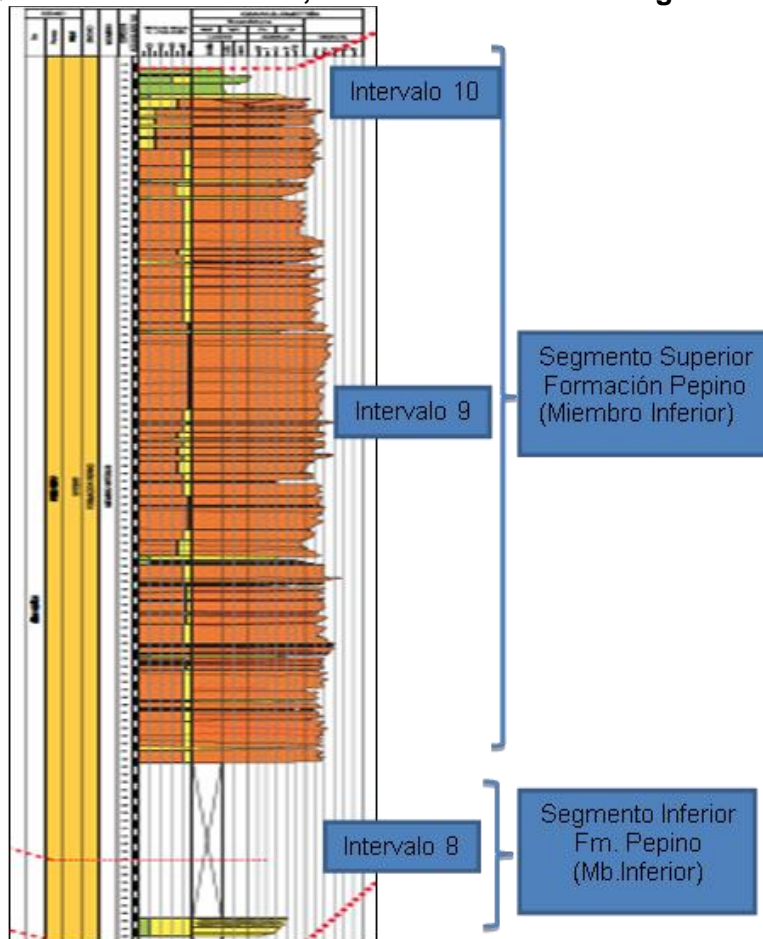
**Segmento Superior; Miembro Arcilloso (42m):** La base de este intervalo está compuesto por 4m de lodolitas grises oscuras intercaladas con limolitas grises con cemento calcáreo. Posteriormente se presenta un segmento cubierto de 16 m. que se asumen corresponden a la misma litología lodolítica. Hacia la parte media del miembro Arcilloso se presentan unas pequeñas capas de arenitas sublíticas de grano fino, bien seleccionadas de color gris verdoso con matriz lodosa (30%). (*Intervalo 7*). Seguido a esto se observa nuevamente un segmento cubierto de aproximadamente 18 m., el cual se infiere que podría ser el contacto entre el tope de la Formación Rumiyaço y la base de la Formación Pepino, aunque cabe resaltar que hay una gran incertidumbre sobre este límite. (Figura 42)



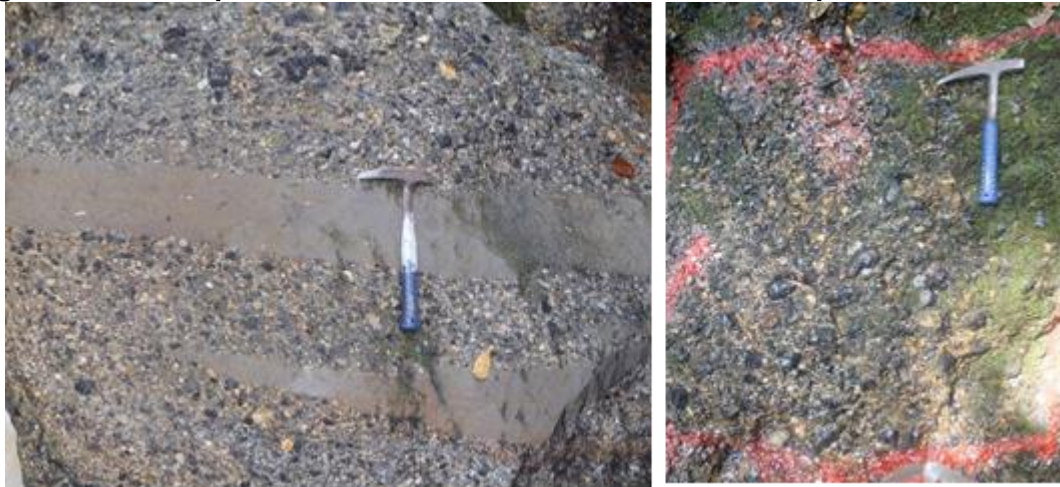
Fotografía 44. Izq.) Arenita conglomerática de chert gris y cuarzo lechoso con matriz arcillosa caolinítica. Der.) Muestra de mano arenitas sublíticas. Segmento inferior del Miembro inferior de la Formación Pepino.



Figura 43. Segmento inferior y Superior del Miembro inferior de la Formación Pepino en la Quebrada Las Doradas, al W de San José de Fragua.

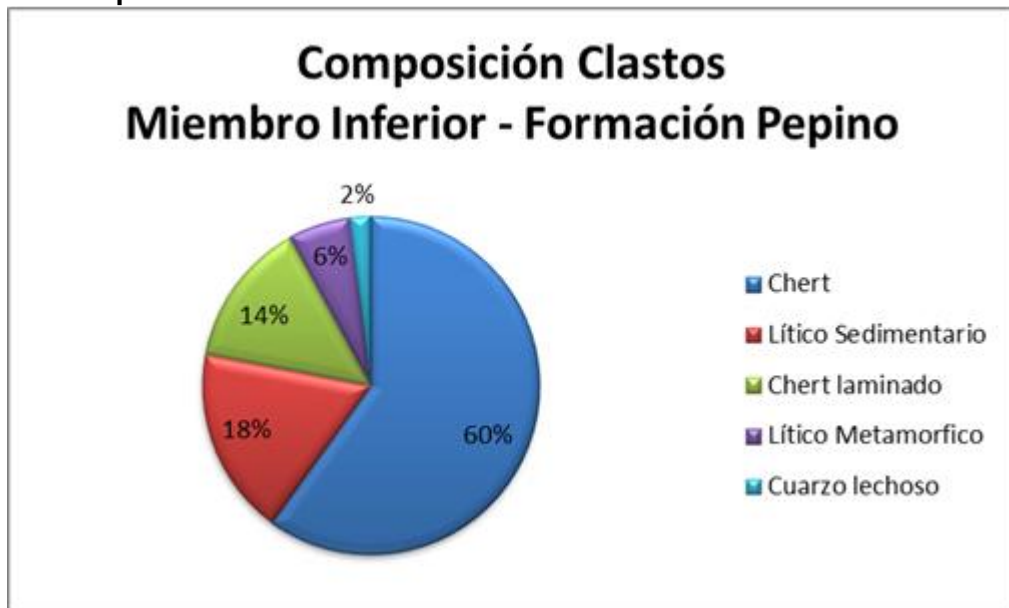


**Fotografía 45. Detalle de las capas lenticulares de arenita sublítica en los sets conglomeráticos tope del Miembro Inferior de la Formación Pepino.**



Composición: chert: 60%, lítico sedimentario: 18%, chert laminado, 4%, líticos metamórficos 6% y cuarzo lechoso: 2% (Figura 44). Lentes delgadas a medios de arenita sublítica de grano medio, color gris claro (Fotografía 45). El espesor de este segmento es de 193,5 metros referido a la sección Quebrada Las Doradas

**Figura 44. Distribución composicional de los clastos del Miembro Inferior de la Formación Pepino.**



#### 6.3.3.7.4 Columna estratigráfica Quebrada Las Pavas.

La columna estratigráfica fue levantada en la Quebrada Las Pavas, localizada a 4 km del municipio de Paujil (Caquetá). Coordenadas, inicial: E: 1.196.638 N: 670.343, altura 354 m y coordenada final: E: 1.196.736 N: 670.234, altura 335 m. Se observaron en términos generales dos sucesiones, la primera compuesta de areniscas a conglomerados de 60 metros de espesor y la segunda con una sucesión de arcillolitas con espesor de 45 metros para un total de 105 metros. (ANEXO C.6 Columna Las Pavas\_Flores)

#### Formación Pepino (Miembro Superior).

En la sección de la Cantera Las Pavas sobre la vía Paujil – El Doncello afloran dos sucesiones: Sucesión Inferior: Correspondiente al Miembro Superior de la Formación Pepino.

**Segmento Inferior (60m):** Conformado por una secuencia de conglomerados clasto-soportados (*Intervalo 1*), bituminosos de composición: cuarzo lechoso, chert de color gris y negro con arenitas subdíticas bituminosas de grano fino a medio con estratificación cruzada planar (Fotografía 46, Figura 45).

**Fotografía 46. Izq.) Arenita subdítica bituminosa con estratificación cruzada. Der.) Contacto entre conglomerado con matriz de arena bituminosa con cuarzoarenita de grano fino. Miembro Superior de la Formación Pepino**







## 6.5. COMPARACIÓN LITOLÓGICA

A continuación se muestra el resultado de la comparación litológica de las unidades estratigráficas presentes en las seis columnas, donde se tuvieron en cuenta principalmente factores litológicos y sedimentológicos de dichas unidades a fin de obtener una correlación entre las tres áreas propuestas. Para el desarrollo de esta comparación, se tuvieron en cuenta aspectos característicos de cada unidad estratigráfica, relacionados con litología, rasgos texturales y composicionales, estructuras sedimentarias, contenido fósil, etc. Estos aspectos fueron determinados durante las etapas previas de:

1) Descripción macroscópica, donde se analizaron 289 muestras de mano distribuidas en las tres áreas, 2) Descripción Petrográfica de 48 Secciones delgadas, 3) Análisis de proveniencia generado a partir de la aplicación de método de conteo de Puntos Dickinson-Suczek y 4) Litoestratigrafía de cada área.

La comparación litológica metodológicamente describe desde la unidad más antigua aflorante hasta la unidad más joven, siguiendo así, una secuencia que va desde el Cretácico Inferior hasta el Oligoceno, constituida por la Formación Caballos (Cretácico inferior), Formación Villeta (Cretácico inferior – superior), Formación Rumiyaco (Cretácico Superior- Paleoceno), Formación Pepino (Eoceno) y Formación Orteguzza (Oligoceno), característica de la estratigrafía regional de la Cuenca Caguán-Putumayo. Cabe resaltar que algunas de estas secciones estratigráficas tienen como unidad basal al Basamento Metamórfico del Complejo Garzón de edad Precámbrica, el cual no será tenido en cuenta en el momento de la correlación. Es importante aclarar que las unidades no afloran en cada uno de las seis (6) columnas, sino que estas constituyen intervalos que serán finalmente correlacionables.

Como se observa en la (Figura 47), La columna las Doradas, correspondiente al área Florencia, se puede catalogar como el eje de comparación litológica, y es justamente allí donde aflora la mayoría de la secuencia sedimentaria de la cuenca, permitiendo identificar cinco de las seis unidades estratigráficas mencionadas anteriormente. Esta columna estratigráfica, denominada compuesta, es correlacionable con dos (2) de las tres (3) columnas restantes del área de Florencia, las cuales conformarían independientemente la parte inferior (Columna El Cóndor) y media (Columna Río Ortegua) de la secuencia estratigráfica.

Inicialmente, la sucesión cretácica de la Formación Caballos está bien expuesta en la sección de la Escuela el Cóndor, donde se diferenciaron tres segmentos: el segmento inferior, medio y superior, siendo este último correlacionable al sureste con la unidad basal de la sección Quebrada Las Doradas, donde aflora el segmento superior de la Formación Caballos, conformado principalmente por cuarzoareniscas de color blanco, tamaño de grano desde fino a grueso y presencia de glauconita, intercaladas esporádicamente con capas delgadas de lodolitas de color gris con alto contenido de materia orgánica. Estas rocas presentan una dirección de rumbo regional aproximado de N70E, buzando 40° al sureste.

Posteriormente, la sucesión cretácica de la Formación Villeta se ve expuesta al norte de Florencia, en la Sección estratigráfica El Cóndor, donde aflora la base del Miembro Villeta inferior, correlacionable con la sección Quebrada Las Doradas, ubicada al Occidente de San José de Fragua. Esta unidad esta constituida principalmente por una secuencia de areniscas de grano fino intercaladas con lodolitas con abundante contenido de materia orgánica y areniscas glauconitas hacia el tope de la sucesión.

La sucesión Paleoceno de la Formación Rumiayaco aflora en las inmediaciones del Río Ortegua, la cual es correlacionable con un segmento menos espeso en la

sección de la Quebrada Las Doradas. El espesor total de esta Formación es de 127,5 metros. Es posible subdividirla en tres segmentos, el primero y segundo corresponden al Miembro El Neme o también llamado “Areniscas del Neme”, compuesta de cuarzoarenitas blancas y arenitas sublíticas de tamaño de grano medio y estratificación cruzada planar de bajo ángulo, ocasionalmente se presentan pequeños intervalos conglomeráticos compuestos de Qz y chert de tamaños gránulos y guijas. Finalmente, un segmento superior, denominado Miembro Arcilloso, compuesto de capas muy gruesas de arcillolitas grises claro con moteado rojizo vinotinto.

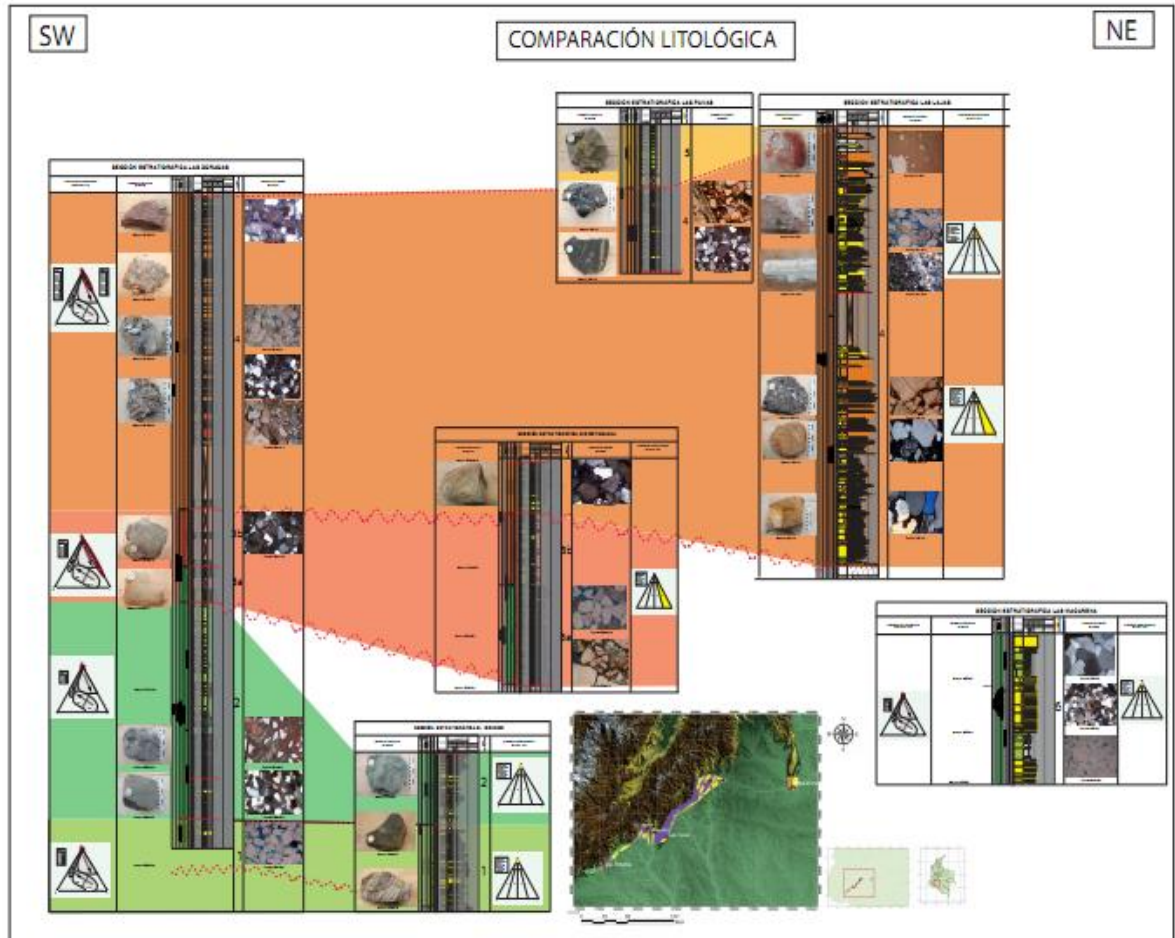
Por otro lado, en el Área Norte de San Vicente del Caguán, se realizó el levantamiento de la Columna estratigráfica Las Lajas de 322m de espesor, la cual está constituida únicamente por la Unidad estratigráfica de la Formación Pepino de edad Eoceno. Esta sección presenta a su vez una relación con la columna estratigráfica Las Doradas, eje central de la comparación litológica, al igual que con la columna Las Pavas. Estas dos últimas secciones pertenecientes al área de Florencia.

La sucesión Eoceno de la Formación Pepino aflora en las inmediaciones de la Quebrada Las Lajas, tributario del Río Caguán. Para esta columna se identificaron dos miembros: El inferior y superior. Siendo el primero correlacionable al Sur con el miembro inferior de la Quebrada Las Doradas, compuesto principalmente de intercalaciones entre areniscas, arcillolitas y un gran paquete de conglomerados. El miembro superior compuestas de areniscas con estratificación cruzada, conglomeradas y capas de chert hacia el tope, sería correlacionable con la unidad inferior que aflora en la Columna Estratigráfica Las Pavas en el sector de Florencia.

La sucesión Oligoceno de la Formación Orteguzza se encuentra expuesta en la Cantera Las Pavas y conforma la sección estratigráfica que lleva su mismo

nombre. Está constituido por una secuencia bastante espesa de arcillolitas de color gris claro con alteración de color vinotinto y presencia de óxidos ferruginosos. Esta unidad fue depositada en un ambiente transicional - continental y no presenta relación con el resto de las columnas levantadas en las área.

**Figura 47. Comparación Litológica de las Columnas estratigráficas generadas en las tres áreas de estudio. (Anexo D. Comparación litológica final).**



Fuente: Mapa de localización modificado de JARVIS A., REUTER.H.I., NELSON. A., GUEVARA. E. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). 2008

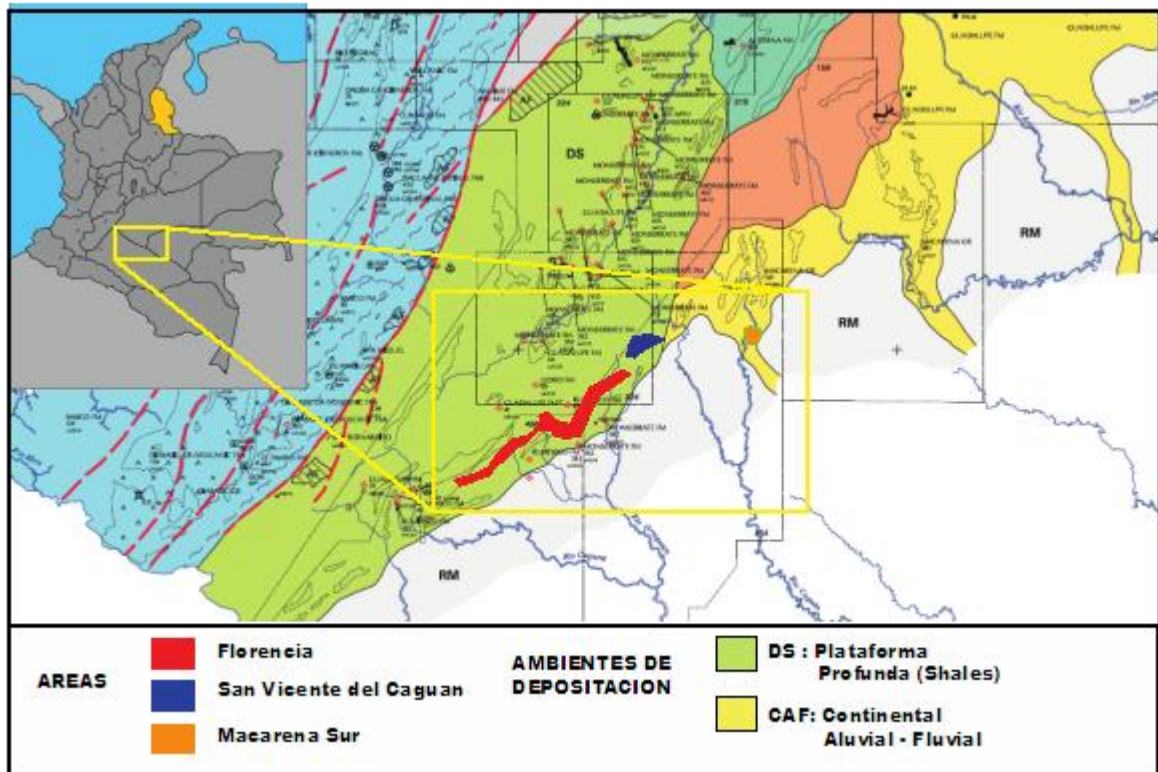
La comparación litológica intenta encontrar factores de correlación entre las tres áreas de estudio (San Vicente del Caguán, Florencia y el Sur de la Serranía de la Macarena). Como se observa anteriormente, existe una correlación bastante importante entre las unidades estratigráficas aflorantes en las zonas de San Vicente del Caguán y Florencia. Sin embargo, esta comparación a nuestro criterio no se extendería hacia el área de la Serranía de la Macarena Sur.

Los principales factores que podrían explicar la no correlación entre Macarena Sur y las otras áreas de estudio son:

1. Basados en los mapas paleogeográficos denominados: *Distribución de facies y Ámbito Tectónico a través del Fanerozoico de Colombia* (INGEOMINAS, 1997), se puede deducir que durante todo el tiempo geológico, han existido diversos ambientes de depositación en diferentes zonas del país. Es decir, Para el periodo Cretácico Superior, específicamente en el Santoniano, Campaniano, y Maastrichtiano inferior, la zona Sur de Florencia y Norte de San Vicente del Caguán se encontraban experimentando un ambiente de Plataforma profunda que favoreció la depositación de facies de shales propias de la parte superior de la Formación Villeta. Para este mismo tiempo, los sedimentos del Área Sur de la Serranía de la Macarena estaban siendo depositados en un ambiente transicional deltaico (Figura 48) con influencia continental fluvial de ríos trenzados en la parte inferior y episodios marinos en la parte superior, tal como lo indican los Ichnofosiles tipo Skolithos encontrados en las areniscas de la columna La Macarena, los cuales corresponderían al Grupo Macarena.
2. Las reconstrucciones paleogeográficas regionales para el Cretácico Superior muestran un área continental emergida hacia el SE y un área marina hacia el SW con una línea costera con orientación N-NE en una cuenca asimétrica similar a un margen continental pasivo. Las terminaciones onlap del Cretácico hacia el oeste podrían indicar para el área de Yarí-Caguán una re-entrante hacia el sur a manera de golfo (*Lamilla y Moreno, 1986*)

Lo anterior nos lleva deducir que la zona de la serranía de la Macarena sur no guarda una correlación en términos litológicos con las áreas de San Vicente del Caguan y Florencia, debido a que se encontraban bajo ambientes de depositación distintos durante los mismos periodos de tiempo. Lo cual lleva a concluir que no existe una relación cronoestratigráfica directa, pero si una relación cronológica.

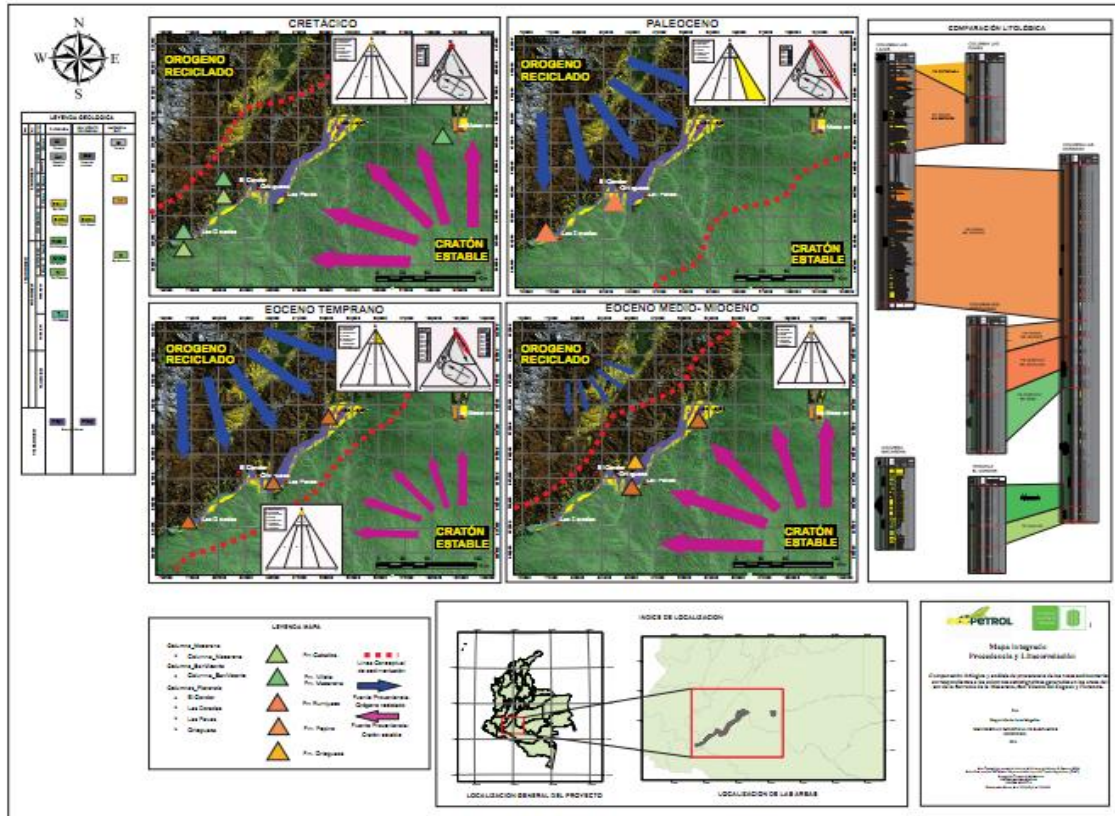
**Figura 48. Mapa Paleogeográfico de las Áreas de Estudio. Periodo Cretácico superior. (Santoniano-Campaniano- Maastrichtiano).**



Fuente: Mapa modificado de ETAYO. F., CEDIEL. F., CACERES. C. Facies distribution and tectonic setting through the phanerozoic of Colombia. INGEOMINAS, 1997

## 6.6 MAPA INTEGRADO

Figura 49. Mapa integrado análisis de procedencia y litocorrelación para las áreas Macarena Sur, San Vicente del Caguán y Florencia. (Anexo E. Mapa Integrado)



Fuente: Mapa modificado de JARVIS A., REUTER.H.I., NELSON. A., GUEVARA. E. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). 2008

Este mapa integra los resultados obtenidos durante el análisis de procedencia usando el método Dickinson y la comparación litológica o litocorrelación generada. Se presentan cuatro estadios o etapas (Cretácico, Paleoceno, Eoceno temprano y Eoceno medio – tardío) que reflejan los principales periodos de aporte de sedimentos a lo largo de la historia geológica de la cuenca. Adicionalmente, se presentan las secciones estratigráficas utilizadas en este proyecto y su respectiva localización, así como las unidades estratigráficas determinadas en las ya mencionadas secciones, y formadas bajo la influencia de cada periodo de aporte.

## 7. CONCLUSIONES

- La secuencia estratigráfica del área de estudio permitió diferenciar seis unidades litoestratigráficas, siendo la unidad 1 y 2 correspondientes probablemente a las Formación Caballos y Villeta (*Miley & McGirk, 1948*), seguido de las unidades 3 y 4 que probablemente corresponderían con las Formaciones Rumiyaco y Pepino (*Saville, 1943*) y finalmente, hacia el tope de la secuencia. la unidad 5 que correspondería probablemente a la Formación Orteguzza (*Miley & McGirk, 1948*). Esta secuencia se extendería desde el Cretácico Inferior hasta el Oligoceno. La unidad 6 correspondiente probablemente al Grupo Macarena, aflora al NE del área de estudio y no hace parte de la secuencia estratigráfica anteriormente descrita.
- Los resultados obtenidos en el análisis de procedencia para las facies clásticas de las unidades 1, 2 y 6 correspondientes probablemente a las Formaciones Caballos, Villeta y Macarena respectivamente, indican un aporte proveniente del cratón estable del Escudo de la Guyana.
- La unidad 3 correspondiente probablemente a la Formación Rumiyaco se considera como el punto de inflexión de la secuencia, la cual pasa de tener un aporte netamente cratónico a tener un aporte de orógeno reciclado como fuente. Aspecto fuertemente relacionado con el inicio del levantamiento de la cordillera central colombiana a inicios del Cenozoico.
- La unidad 4 correspondiente probablemente a la Formación Pepino de edad Eoceno tardío, presenta un aporte de sedimentos mixto, donde una parte proviene de la cordillera central y la otra del cratón estable, ratificando la hipótesis de que la fuente de aporte cambió a inicios del Paleoceno.

- La secuencia estratigráfica de la Columna Las Doradas aflorante en el área de Florencia, presenta una relación litológica directa con las secuencias encontradas en las Columnas El Cóndor y Rio Ortegua. también aflorantes en Florencia. Mientras en el sector de San Vicente del Caguán su relación se da con la Columna Las Lajas.
- La columna estratigráfica La Macarena no presenta una relación litológica con respecto a las áreas restantes de Florencia y San Vicente del Caguán, principalmente por la diferencia de ambientes de depositación durante el mismo periodo de tiempo geológico.

## 8. RECOMENDACIONES

- La aplicación de otras técnicas de análisis petrográfico como lo son: El análisis con microscopio electrónico de barrido (S.E.M), difracción de rayos X y análisis de catodoluminiscencia, sumadas al análisis de sección fina, generarían un resultado mas optimo de la petrografía y por consiguiente del análisis de procedencia.
- El análisis de procedencia basado en técnicas mucho mas avanzadas como la geocronología, datación de zircones por el método de Uranio, técnicas con isotopos de Neodimio, entre otras, ayudarían a entender con mayor certeza la posible fuente de aporte de los sedimentos depositados en una cuenca.
- La comparación litológica entre las áreas de estudio se realizo teniendo en cuenta únicamente columnas estratigráficas e información de superficie. La utilización de registros e información de pozos podría generar un modelo mucho mas detallado, que reduzca la especulación en la correlación, sobre todo en aquellas zonas donde se tienen segmentos cubiertos.
- A su vez, en las áreas de San Vicente del Caguan y el Sur de la Serranía de la Macarena, se llevo a cabo el levantamiento de dos secciones estratigráficas; columna Las Lajas y columna La Macarena respectivamente, las cuales presentan solamente una unidad estratigráfica. El empalme con otras columnas o el levantamiento de nuevas que presenten una secuencia estratigráfica mucho mas completa, podría generar un modelo mas preciso en cuanto a la relación existente entre las áreas expuestas.

## BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – UPTC. Cartografía Geológica de 51.267 km<sup>2</sup> en la Cuenca Caguán Putumayo a partir de sensores remotos a escala 1:100.000 y 739 Km<sup>2</sup> con control de campo a escala 1:50.000 en las planchas IGAC 413 y 414. Departamentos de Meta, Caquetá y Putumayo. 2009

BARRERO, D., PARDO, A., VARGAS, C., MARTINEZ, J. Colombian Sedimentary Basins; Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology and New Proposal. ANH and B&M Exploration Ltda. Bogotá, Colombia. Pp 78-81. 2007

BRIDGER, C. El Paleozoico interior de Colombia. Una re-evaluación regional en base a nuevos estudios de campo Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 1982

CONTRERAS, J. Optica mineral, manual de laboratorio. Universidad de los Andes. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica. 2004

COOPER, M.A., ADDISON, F. T., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R. H., HAYWARD, A. B., HOWE, S., MARTINEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A. J., TABORDA, A. Basin Development and Tectonic History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera and Middle. 1995

CRUZ, L.E & CABALLERO, V.M. Guía de laboratorio de sedimentología para Geólogos. Escuela de Geología, UIS. 2007

DICKINSON, W.R. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. - Journal of Sedimentary Petrology, V. 40 No 2 p 695-707, USA 1970

DICKINSON, W.R. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones- Zuffa, G.G. Eds. Provenance of Arenites. p. 333-361, Reidel Publ., Dordrecht. 1985

ECOPETROL- Instituto Colombiano del Petróleo. Evaluación Regional de la Cuenca Yarí-Caguán, 125p. 1997

ETAYO, F., CEDIEL, F., CACERES, C. Facies distribution and tectonic setting through the phanerozoic of Colombia. INGEOMINAS, 1997

FOLK, R. L. Petrology of Sedimentary Rocks.-182P., Hemphill Publ. Co, Austin. 1974

GROSSE, E. Acerca de la geología del sur de Colombia I. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje al Huila y Alto Caquetá. CEGOC, 3: 31-137. Bogotá. 1935

INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO. Evaluación Regional de la Cuenca Yarí-Caguán., 177p. 1997

INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO. Evaluación Regional de la Cuenca Yarí – Caguán. Informe Interno. 1998

INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO. Estudio integrado de geología de campo para la exploración de arenas bituminosas en Colombia. Informe Interno. 2013

INGEOMINAS & GEOESTUDIOS. Mapa geológico de Colombia: Plancha 367 Gigante. Escala 1:100.000. INGEOMINAS, Informe interno. Bogotá. 2000

INGEOMINAS. Distribución de Facies y ámbito tectónico en el proterozoico de Colombia. Escala 1:2.000.000. Publicaciones Geológicas especiales del Ingeominas. 2003

INGEOMINAS. Mapa geológico de Colombia-MGC. Escala 1:1.000.000. Publicaciones Geológicas especiales del Ingeominas. 2007

JARVIS, A., REUTER, H.I., NELSON, A., GUEVARA, E. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). 2008

JULIVER, M. Lexique Stratigraphique. Vol. 5. 1968

KROONEMBERG, S. B. A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relations to the Guiana Shield. *Geologie en Mijnbouw*. 1982

LAMILLA Y MORENO. Estratigrafía y sedimentología del Cretáceo Superior, columnas estratigráficas, mapa geológico en el sector Cuchilla El Tablazo (NW Serranía de la Macarena). *Ecopetrol*. Bogotá, Colombia. 1986

LAMUS, F., BAYONA, G., CAICEDO, J.C., TCHEGLIAKOVA, N. Análisis de procedencia de la sucesión Paleocena en el sector norte de la Cuenca Cesar-Ranchería: implicaciones en los modelos tectónicos de la Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá. Trabajo de grado (Geólogo). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Facultad de Ciencias, Departamento de geociencias. 2006

McGIRK, D. Geological report on the area between the Guamés and San Miguel rivers. Department of Nariño and Comisaría of Putumayo. Texas Petroleum Company. Bogotá. 1949

MILEY, R. & MCGIRK, D. Geological report on portions of the Orito Concession, Comisaría de Putumayo. Texas Petroleum Company, Report 345, 610 p. Bogotá. 1948

MORA, A.; VENEGAS, D.; VERGARA, L. Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario Inferior en el Sector Norte de la Cuenca del Putumayo, Departamento del Caquetá, Colombia.- En: Universidad Nacional de Colombia, Revista Geología Colombiana, Vol 23, p. 31-77. 1998

MORA, C., GUZMAN, W., MOLDOWAN, M. Evolución Geoquímica de crudos Cuenca Putumayo. GEMS-Ecopetrol. 2011

NAVARRETE, R. E. Contribución al conocimiento de la paleontología estratigráfica de la Amazonia colombiana (incluye la Macarena): formaciones Guayabero, San Fernando y Pebas. En: Colombia. 1996. Evento: VII Congreso Colombiano de Geología Ponencia: Libro:VII Congreso Colombiano de Geología, V. 2. pp..525 – 540. 1995

NUÑEZ, A. Reconocimiento geológico regional de las planchas 411 La Cruz, 412San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño, Putumayo. Ingeominas, Bogotá. 2003

OLAYA, I.D., REYES, A., CHAJID, E. Análisis de la Cuenca Yarí-Caguán. En: Lima, Perú. INGEPET III Seminario Internacional, exploración y explotación de petróleo y gas. 1999

OLSSON, A. A. Colombia. En: JENKS, W. F. et al., (Ed). Handbook of South American Geology, an Explanation of the Geologic Map of South America. Geol. Soc. Am. Mem., (65):293-326. New York. 1956

REPSOL. Informe anual Ministerio de Minas y Energía, Bloque Alea. 2006

SCHAMMEL, S. Middle and Upper Magdalena Basins, Colombia, in: K. T. Baddle, de, Active margin basins. A.A.P.G. Memoir 52, p.238-301. 1991

TOUSSAINT, J. F. Evolución geológica de Colombia, Precámbrico y Paleozoico. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1993

TRUMPY, R. Pre-Cretaceous of Colombia. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 54, nº 9, pp. 1281-1304. 1943

VAN DER HAMMEN, T., PABA SILVA F. Geología de la parte sur de la Macarena. Servicio Geológico Nacional. Informe No. 1321. 1959

VERA TORRES, J. Estratigrafía. Principios y métodos. Madrid. Editorial Rueda, S.L. 806 págs. 1994