



**ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA
DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA
SANTA FE DE ANTIOQUIA.**

**LEIDY JOHANA ROJAS GALVIS
ANA MILENA SALAZAR FRANCO**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
MANIZALES, 2013**

***ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA
FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.***



**ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA
DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA
SANTA FE DE ANTIOQUÍA.**

**LEIDY JOHANA ROJAS GALVIS
ANA MILENA SALAZAR FRANCO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Geólogas**

Director

Ph.D Juan Carlos Silva Tamayo

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGIA**

MANIZALES, 2013

***ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA
FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.***



ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.

RESUMEN

La Formación Amagá es una sucesión sedimentaria de edad Oligoceno-Mioceno depositada a lo largo de una serie de cuencas que siguen el trazo del Sistema de Fallas de Romeral. Ésta unidad se ha caracterizado por presentar mantos económicamente explotables de carbón en el área de Amagá-Venecia. A pesar de la cantidad de información disponible, hasta el momento no se han realizado estudios sistemáticos que ayuden a comprender la inexistencia de mantos de carbón en muchas sucesiones sedimentarias catalogadas como Formación Amagá, como por ejemplo en aquellas que afloran en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia San Jerónimo. Más aun no se han realizado estudios que lleven a corroborar la correlación entre el registro sedimentológico de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia- San Jerónimo y la sub-cuenca de Amagá- Venecia.

En éste trabajo se presenta información sedimentológica y estratigráfica secuencial detallada de la Formación Amagá en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo, a partir de la cual se investiga la posible correlación que existe entre la sub-cuenca Amagá y la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia. Análisis estratigráficos, unidos a análisis diagenéticos de areniscas se usan para investigar la diagénesis en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo y contrastarla con aquella de la sub-cuenca Amagá- Venecia. Los análisis estratigráficos fueron complementados con análisis de minerales densos, petrografía y análisis de circones detríticos para determinar posibles áreas fuentes de los sedimentos comunes a las dos sub-cuencas.

Las características sedimentológicas y estratigráficas permitieron determinar tres estados de sedimentación los cuales estuvieron controlados por cambios



importantes en el nivel base estratigráfico a lo largo de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo. El primer estado, durante el Oligoceno, está controlado por el desarrollo de ríos trezados, los cuales presentaban baja diversidad facial y de elementos geomorfológicos. Estas características sugieren un bajo espacio de acomodación y alto suministro de sedimentos. El bajo espacio de acomodación pudo ser el resultado de la apertura inicial de la cuenca, la cual fue controlada tectónicamente por el levantamiento de la Cordillera Central y Occidental. Las modas composicionales de las areniscas, la edad U-Pb en circones y los análisis de minerales densos sugieren una procedencia predominante de la Cordillera Occidental, con algunos aportes de la Cordillera Central. El segundo estado de sedimentación está caracterizado por el desarrollo de ríos meándricos los cuales presentan alta diversidad de facies, alta conservación de elementos geomorfológicos, desarrollo de lagunas, pantanos, entre otros. Se plantea que éste estado está caracterizado por una procedencia igualmente de la C. Occidental. El tercer estado de sedimentación evidencia una importante disminución del espacio de acomodación durante el Mioceno, el cual se caracteriza por la presencia de ríos meándricos a trezados, así como una disminución en los elementos geomorfológicos y diversidad de facies. Análisis de procedencia e información geocronológica en circones detríticos revelan una procedencia variable Tales como: Cordillera Central, Cordillera Occidental y el Bloque Panamá-Chocó.

Las características estratigráficas secuenciales permiten correlacionar la sucesión sedimentológica de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia–San Jerónimo con la sub-cuenca de Amagá-Venecia. Las dos cuencas sin embargo presentan modas composicionales de areniscas que indican diferentes áreas de aporte, lo cual se corrobora por la presencia de marcadas diferencias en las edades U-Pb de circones detríticos de las sucesiones sedimentarias en las dos sub-cuencas. La ausencia de mantos de carbón en comparación con la sub-cuenca Amagá-Venecia, a pesar de la presencia de zonas de pantanos y lagunas, se propone que



no ha sido generada, debido a la falta de enterramiento de la sucesión sedimentaria y la ausencia de rocas intrusivas calentando la cuenca después de la sedimentación de la sucesión sedimentaria.

Finalmente, suprayaciendo discordantemente la Formación Amagá se encuentra una sucesión de sedimentos siliciclásticos cuyas características sugieren una depositación a lo largo de ríos trenzados. Edades de circones detríticos tan jóvenes como 4.8 M.a se presentan en esta unidad, algunos de estos circones indican aportes de la Cordillera Central y Occidental, así como rocas volcánicas hipoabisales de la depresión del Cauca. Los resultados geocronológicos indican una edad máxima de depositación para la Formación Amagá de 18 Ma. Se sugiere que la presencia de circones detríticos de edades entre los 18 y 4.8 M.a son rasgos típicos del Bloque Panamá-Chocó. En estas últimas etapas se puede asumir como un dato preliminar que el Bloque Panamá debió haberse acrecionado a la parte norte de Suramérica y levantado entre los 18 y los 4.8 M.a.

Palabras Claves: Formación Amagá, Minerales Pesados, Procedencia, Estratigrafía Secuencial.



ABSTRACT

The Amagá Formation is a Oligocene - Miocene sedimentary succession deposited along a series of basins that follow the trace of the Romeral fault system. This unit is characterized by having economically extractable coal seams in the Amagá-Venecia area. Despite the amount of information available, so far there have been no systematic studies to help understand the lack of coal seams in many sedimentary successions classified as the Amagá Formation, such as those present in the sub-basin Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo. Moreover no studies have been conducted to corroborate the correlation between the sedimentological registry of the sub-basin Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo and the sub-basin Amagá Venecia.

This paper presents detailed information about sedimentology and sequence stratigraphy of the Amagá Formation in the sub-basin Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo, from which the possible correlation between the sub-basin Amagá and sub-basin-Santa Fe de Antioquia is investigated. Stratigraphic analyses coupled with diagenetic analyses are used to correlate its sedimentary with that of the sub-basin Amagá-Venecia and to investigate the possible causes of the absence of coal in the Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo sub-basin. Stratigraphic analyzes were supplemented with analysis of dense minerals, petrography and analysis of detrital zircons to identify possible sources areas of sediment in both sub-basins.

The sedimentological and stratigraphic features, allowed to determine three sedimentation stages which were controlled by major changes in the stratigraphic base level throughout the Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo sub-basin. The first state, during the Oligocene, is characterized by the development of braided rivers, with low facial and geomorphological diversity. These features suggest a low accommodation space and high sediment supply. The reduced accommodation space could be the result of the initial opening of the basin, which was tectonically controlled by the lifting of the Central and Western Cordillera. The compositional trends of sandstones, U- Pb of zircon age and dense minerals analysis, suggest a predominant source of the Western Cordillera, with some contributions from the Central Cordillera. The second stage of sedimentation is characterized by the development of meandering rivers that present high facies diversity, high conservation of geomorphological features, and development of Lagoons, swamps, among others. This stage is also characterized by a source of sediments from the Western Cordillera. The third stage of sedimentation shows a new decrease in the space of accommodation, during the Miocene, which is characterized by the

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.



presence of meandering rivers to braided rivers, as well as a decrease in the facies and geomorphological diversity. Analysis of provenance and geochronological data of detrital zircon reveal varying provenance such as: Central Cordillera, Western Cordillera and the Panama-Chocó Block.

The sequential stratigraphic features allow correlating the sedimentological succession of the sub-basin Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo with the sub-basin Amagá-Venecia. The two basins have compositional trends of sandstone indicating different source areas. This is corroborated by the presence of marked differences in U- Pb ages of detrital zircons from sedimentary successions in the both sub-basins. The absence of coal seams compared to the sub-basin Amagá-Venecia, can thus not be the result of changes in sedimentation as areas of organic rich swamps and lagoons are present in the Santa Fe – San Jeronimo sub-basin. It is proposed that the absence of coal seams occurred due to lack of important burial of the sedimentary succession, and also the absence of intrusive rocks for the heating the basin after the deposition of the sedimentary succession.

Finally, a succession of siliciclastic sediments unconformably overlays the Amagá Formation. Its sedimentologic and stratigraphic characteristics suggest deposition along braided rivers. The ages of detrital zircon presented in this unit as young as 4.8 Ma indicate contributions of Western and Central Cordillera, as well as hypoabyssal and volcanic rocks of the Cauca depression. The geochronology results indicate a maximum age of deposition for the Amagá Formation 18 Ma. These ages are typical features of the Panama-Chocó block. These ages, together with the presence of detrital zircon ages of 8 Ma in the unit overlaying the Amagá Formation suggest that the Panama Block must have accreted to the northern part of South America and raised above the sea-level between 18 and 4.8 Ma

Keywords: Amagá Formation, Heavy Minerals, Provenance Analysis, Sequence Stratigraphy, Oligocene-Miocene, Colombia, Coal.



NOTA DE ACEPTACIÓN

Juan Carlos Silva

Director Trabajo de Grado

Manizales, Noviembre 2013.



DEDICATORIA

A nuestros padres (Jhon Jairo R. Cardona y Maria Zohelia G. Idarraga - Roberto Salazar y Martha I. Franco) porque sin ellos no seríamos lo que somos.

A Dios, quien siempre nos guió, nos dio fuerza y nos enseñó a no desfallecer en los problemas que se nos presentaban, encarándolos con dignidad.

Pues tú eres mi bastión, mi baluarte;

Honrando tu nombre, guíame y condúceme.

(SALMOS 31:4)



AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser nuestra fuerza, nuestra mano de apoyo para levantarnos, por llenarnos de su sabiduría y poder, por permitirnos alcanzar este sueño. A él la honra, el poder y la gloria por siempre.

A nuestra familia (Rojas Galvis y Salazar Franco) por su amor incondicional, por sostenernos cuando nos sentíamos derrotadas, por sus palabras de aliento, pues ha sido por ellos que hemos llegado a culminar satisfactoriamente ésta etapa y es por ellos que día tras día ponemos alma, vida y corazón a todo lo que hacemos, Mil Gracias! Juntos podemos decir que lo hemos logrado.

A nuestro director de tesis, el geólogo y profesor Ph.D Juan Carlos Silva Tamayo, por impregnarnos de su pasión por la investigación, por sus valiosas enseñanzas, por el tiempo dedicado, por la confianza que nos brindó, por su amistad, su paciencia y por las consejos que nos regaló para alcanzar con gran satisfacción está meta.

Al geólogo y asesor Ph.D Andrés Pardo Trujillo, por su colaboración, apoyo y asesoría en la realización del trabajo, por transmitirnos su conocimiento y su experiencia la cual nos guio durante éste proceso, Gracias.

A los geólogos Agustín Cardona, Carlos A. Guzmán, Diego Felipe Vallejo y Raúl Andrés Trejos, por colaboración y apoyo, a todos ellos por sus valiosos consejos y opiniones, por toda la información que nos fue suministrada.

Un muy especial agradecimiento a la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, la Corporación Geológica ARES y el Fondo Corrigan ARES-ACGGP, por su apoyo económico para que fuera posible la culminación con éxito de este sueño.



A la Universidad de Caldas, al Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES, a la Universidad de Washington State (Estados Unidos) y a la Universidad Nacional de Medellín, por haber colaborado y prestado sus instalaciones para el desarrollo y análisis del proyecto.

A nuestros profesores de la Universidad de Caldas-Departamento de Geología, porque fue por cada uno de ustedes que logramos alcanzar este triunfo, por sus importantes enseñanzas y por guiarnos con paciencia durante nuestro proceso de aprendizaje en estos cinco años de carrera. En especial agradecemos a la profesora Luz Mary Toro, al profesor Carlos Guzmán y al profesor Mario Moreno Sánchez por asesorarnos y ayudarnos a ser siempre mejores, por su confianza, interés y por compartir sus valiosos conocimientos con nosotras y su total voluntad para resolver cualquier inquietud que se nos presentara.

Debemos agradecer de manera especial a aquellas personas que estuvieron ahí para apoyarnos, darnos un consejo, ayudarnos a resolver cualquier dificultad, que estuvieron en las buenas y en las malas y que al igual que nosotras sueña con ser mejores haciendo lo que aman. Gracias infinitas a Manuela Tabares por estos cinco años compartidos, has sido nuestro apoyo, nuestro motor, nuestro bastón, este triunfo es tuyo también. Gracias a Pablo por su apoyo incondicional, por levantarnos cuando estábamos decaídas y alentarnos con sus palabras. Gracias a Lucrecia Acosta, Hefer Nomezqui, Carolina Bedoya, Natalia Ocampo, Eliana Arango, Diana M. Castañeda, Laura León, Manuela Botero, Sergio Celis, Carlos A. Giraldo, Jorge Vallejo, Catalina Ramírez, Alejandra Torres, Mónica Hurtado, Eliana Ramírez y demás compañeros que los llevamos en el corazón, por su amistad, cariño y apoyo sincero.

A todos aquellos geólogos y personal del IIES, en especial a María Dolly, Juan Pablo, y Rubén que estuvieron con las manos abiertas para colaborar, por sus sugerencias y ayudas durante este proceso. Gracias.

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. LOCALIZACIÓN.....	3
4. MARCO GEOLÓGICO.....	5
4.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	5
4.2 MARCO ESTRATIGRÁFICO.....	6
4.2.1 Rocas Ígneas.....	6
4.2.2 Rocas Metamórficas.....	10
4.2.3 Rocas Sedimentarias.....	12
4.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	17
4.3.1 Falla San Jerónimo.....	19
4.3.2 Falla Silvia-Pijao.....	19
4.3.3 Falla Cauca-Almaguer.....	20
4.3.4 Falla Sabanalarga.....	20
4.3.5 Falla Tonusco.....	20
4.3.6 Pliegues.....	21
5. MÉTODOS.....	23
5.1 FASES DE CAMPO Y ESTRATIGRAFÍA.....	24
5.2 PETROGRAFÍA.....	24
5.3 MINERALES DENSOS.....	27
5.4 ANÁLISIS DE CIRCONES DETRÍTICOS.....	30
6. RESULTADOS.....	32
6.1 RASGOS SEDIMENTOLÓGICOS Y ESTRATIGRÁFICOS.....	32
6.1.2 Sección Estratigráfica del Puente de Santa Fe de Antioquia.....	34
6.1.3 Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca.....	39
6.1.4 Sección Estratigráfica de la Quebrada La Nuarque.....	41
6.1.5 Sección Estratigráfica de la Quebrada Guadacú (Municipio de San Jerónimo).....	44
6.1.6 Sección Estratigráfica de Sabana Larga.....	46
6.2 PETROGRAFÍA.....	47
6.2.1 Características Petrográficas de las Secciones Estratigráficas de la Zanja – Margen Norte del Río la Seca y el Puente de Santa Fe de Antioquia.....	48



6.2.2	<i>Características Petrográficas de la Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca.....</i>	<i>48</i>
6.2.3	<i>Características Petrográficas de la Sección Estratigráfica de Quebrada la Nuarque.....</i>	<i>49</i>
6.2.4	<i>Características Petrográficas de la Secciones de la Quebrada Guadacú (Municipio San Jerónimo) y Sabana Larga.....</i>	<i>49</i>
6.3	MINERALES PESADOS	51
6.3.1	<i>Minerales Pesados Para la Sección Estratigráfica de la Zanja – Margen Norte del Río La Seca y la Sección Estratigráfica del Puente de Santa fe de Antioquia (Unidad 1).....</i>	<i>52</i>
6.3.2	<i>Minerales Pesados Para la Sección Estratigráfica de la Vereda San Nicolás – Margen Izquierdo del Río Cauca. (Unidad 2).....</i>	<i>53</i>
6.3.3	<i>Minerales Pesados Para la Secciones Estratigráficas de la Quebrada la Nuarque, Quebrada Guadacú y Sabana larga (Unidad 3 y Unidad 4).....</i>	<i>54</i>
6.4	GEOCRONOLOGÍA U-Pb EN CIRCONES DETRITICOS.....	55
7.	DISCUSIÓN	57
7.1	AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN	57
7.1.1	<i>Unidad 1 (Sección Estratigráfica La Sanja – Margen Norte del Río la Seca).....</i>	<i>58</i>
7.1.2	<i>Unidad 2 (Sección Estratigráfica del Puente de Santa Fe de Antioquia).....</i>	<i>58</i>
7.1.3	<i>Unidad 3 (Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca y Sección Estratigráfica de la Quebrada la Nuarque).....</i>	<i>60</i>
7.1.4	<i>Unidad 4 (Sección Estratigráfica de la Quebrada Guadacú, Municipio San Jerónimo).....</i>	<i>61</i>
7.2	ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL	63
7.3	PROCEDENCIA.....	66
7.4	DIAGENESIS.....	70
7.5	RELACIÓN ENTRE LAS SUB-CUENCAS AMAGÁ- VENEZIA Y SANTA FE DE ANTIOQUIA.....	73
7.5.1	<i>UNIDAD 1.....</i>	<i>73</i>
7.5.2	<i>UNIDAD 2.....</i>	<i>74</i>
7.5.3	<i>UNIDAD 3.....</i>	<i>76</i>
7.5.4	<i>UNIDAD 4.....</i>	<i>77</i>
8.	CONCLUSIONES.....	81
9.	RECOMENDACIONES.....	85
10.	BIBLIOGRAFIA.....	86
	ANEXOS	93



LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Mapa de Localización del área de estudio (Modificado de Gonzales, 2001 en Silva, 2008). El Mapa Tectono-Estratigráfico de la parte Noroccidental fue modificado de Cediel et al (2003) en Silva (2008).	4
Figura 2 Mapa Geológico del área de la Sub-cuenca de Amagá-Venecia (Modificado de López et al., 2006)..	16
Figura 3 Mapa Estructural del área de la Sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia (Modificado de Pardo 2012)..	22
Figura 4 Metodología usada en el Proyecto.	23
Figura. 5 Imágenes del Formato utilizado para el Reporte y análisis de las Secciones delgadas de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia	26
Figura 6 Sección estratigráfica de la Zanja, localizado al margen norte del Río Cauca, correspondiente a la unidad 1 de la sub-cuenca Santa fe de Antioquia.	33
Figura 7 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2.	35
Figura 8 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2.	36
Figura 9 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2.	37
Figura 10 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2.	38
Figura 11 Sección estratigráfica de San Nicolás, localizada al margen izquierdo del Río Cauca perteneciente a la unidad 3.	40
Figura 12 Sección estratigráfica de la Quebrada la Nuarque correspondiente a la unidad 4	42
Figura 13 Sección estratigráfica de la Quebrada la Nuarque correspondiente a la unidad 4.	43
Figura 14 Sección estratigráfica de la Quebrada Guadaquí perteneciente a la unidad 4.	45
Figura 15 Sección estratigráfica de Sabana Larga perteneciente a la unidad 4.	46
Figura 16 Microfotografía de los Análisis petrográficos realizados para detritos de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia.	50
Figura 17 Representación gráfica de la compilación de los resultados obtenidos del análisis de minerales densos para la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia.	51
Figura 18 Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de Quebrada la Seca y El Puente localizados en el municipio de Santa fe de Antioquia.	52
Figura 19. Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de San Nicolás localizada al margen izquierdo del río Cauca.	53
Figura 20. Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de Quebrada la Nuarque y la sección Quebrada Guadacú (San Jerónimo).	54
Figura 21 Edades obtenidas a partir de circones adquiridos en la cuenca Santa fe de Antioquia.	56



Figura 22. Bloque representativo de un ambiente de ríos meándricos evidenciado en las unidades 2 y 3 de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia	60
Figura 23. Bloque representativo de un ambiente de ríos trezados evidenciado en las unidades 1,2 y 4 de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia	62
Figura 24. Gráfica de los diagramas utilizados para el análisis de procedencia y análisis petrográfico realizado en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia.....	69
Figura 25. Relación entre los diferentes procesos diagenéticos y su asociación a etapas diagenéticas en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo.	72
Figura 26. Evolución tectónica de la Cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 25 M.a. Levantamiento de la Cordillera Central. (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011; Silva et al., 2008)	74
Figura 27. Evolución tectónica de la cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 10 M.a. Migración del arco magmático Pre-Andino (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011).	76
Figura 28. Evolución tectónica de la cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 10 M.a a 8 M.a. vulcanismo de la Cordillera Central y cierre de la Cuenca Amagá (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011).	78
Figura 29. Relaciones entre los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia y los segmentos levantados por Silva (2008) en la sub-cuenca Amagá-Venecia.	79
Figura 30. Relaciones entre los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia y los segmentos levantados por Silva (2008) en la sub-cuenca Amagá-Venecia.	80

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1 Resumen de las Principales Características de los minerales encontrados en las secciones de minerales densos	29
Tabla 2. Resumen de las Principales edades de Circones detríticos para la asociación de procedencia de la Formación Amagá	31
Tabla 3 Descripción del amazón.	47
Tabla 4. Resumen de las principales características y asociaciones de facies observables en los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia (Modificado de Miall, 1996).	57



LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: PETROGRAFÍA

ANEXO 2: IMÁGENES DE LOS MINERALES PRINCIPALES DEL ANÁLISIS DE MINERALES DENSOS PARA LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.

ANEXO 3: CONTEOS PETROGRÁFICOS, ANÁLISIS DE MINERALES DENSOS Y ANÁLISIS DE CIRCONES DETRÍTICOS.

ANEXO 4: RELACIONES ENTRE LAS SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA Y SUB-CUENCA AMAGÁ-VENECIA.



ANTECEDENTES

La Formación Amagá ha sido una de las cuencas sedimentarias que mayor interés despierta en las diversas investigaciones y trabajos geológicos de nuestro país, debido a su contenido de mantos de carbón, su potencial como fuente de energía fósil no convencional i.e gas asociado a carbón, y a la información en cuanto a la paleogeografía y paleo-climatología del neotrópico durante el Cenozoico (Silva et ai, 2008, Sierra y Marín-Cerón, 2012). La Formación Amagá fue descrita por primera vez por Ospina (1911) quien la relaciona con las sedimentitas de la Cordillera Oriental y le otorga una edad Cretácea, sin darle un nombre oficial. Posada (1923) hace una descripción general de las rocas y las denomina Formación Carbonífera de Amagá. Scheibe y Restrepo en 1919 delimitan la unidad y hacen una descripción petrográfica de las rocas de esta Formación. Grosse (1926) publica un extenso tratado el cual describe a la Formación como un conjunto de rocas sedimentarias continentales de edad Terciaria las cuales se diferencian en tres pisos principales de acuerdo con el contenido de carbón y propone como nombre de la unidad “Terciario Carbonífero de Antioquia”. Van der Hammen (1957) adelanta estudios palinológicos en el área y le da una edad Oligoceno-Mioceno la cual se conserva actualmente. González (1980) propone como nombre formal Formación Amagá relacionándolo a los mantos importantes de carbón cercanos al municipio de Amagá - Antioquia y realiza 3 columnas representativas de los tres miembros de la Cuenca Amagá, con el fin de definir con mayor certeza los tres Miembros de la Formación Amagá. Para el Miembro Inferior plantea una secuencia que aflora en la Quebrada Sinifaná, el Miembro Medio lo define en la misma Quebrada y lo diferencia por la disposición cíclica de las areniscas y lutitas con espesor considerable de carbón y por último, el Miembro Superior lo plantea en los municipios de Fredonia y El Plan.

Guzmán (1991) propone denominar formalmente los tres miembros de la Formación Amagá como:

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FE DE ANTIOQUIA.



Miembro Peñitas, el cual está caracterizado por presentar conglomerados con espesores de hasta 100 metros, con sedimentación grano-decreciente hacia los niveles superiores; Miembro Sabaleta, compuesto por intercalaciones de arenita y arcillas con bancos variados de carbones, el tamaño de los granos varía de medio a grueso con cemento silíceo - arcilloso (aproximadamente 350 m de espesor); el Miembro Fredonia asociado a arenitas, lutitas y eventuales estratos delgados de carbón, con un espesor mayor de 1000 m. Sin embargo en la actualidad se definen las unidades como Miembro Inferior, Miembro Medio y Miembro Superior postulados por Grosse en 1926, los cuales son descritos a continuación.

Miembro Inferior: Constituido por conglomerados, areniscas, arcillolitas pizarrosas y delgados mantos de carbón, que reposan discordantemente sobre metamorfitas de bajo grado y rocas volcánicas básicas, mesozoicas. Éste miembro presenta un espesor aproximado de 200 m.

Miembro Medio: Conformado por areniscas, arcillolitas pizarrosas similares litológicamente a las del Miembro Inferior, además de centimétricos a métricos mantos de carbón. El espesor de éste miembro es aproximadamente de 250 metros, localizados en la Quebrada Sinifaná, el cual se encuentra separado del Miembro Inferior por la Falla Piedecuesta, mostrando en algunos sectores contactos gradacionales separados cada uno de los miembros por el inicio o la terminación de bancos carbonosos explotables.

Miembro Superior: Está compuesto por areniscas de color oscuro, arcillolitas de color ocre y se caracteriza por ausencia de carbón. El espesor está por encima de los 1000 m.



Los ambientes depositacionales de La Formación Amagá han sido de gran polémica, Carmona (1997) basado en análisis palinológicos, propone un ambiente fluvial con indicios de intervención marina para los mantos de carbón, Guzmán (1991) y Silva et al (2008) por medio de análisis petrográficos, sedimentológicos y estratigráficos proponen un ambiente de formación en condiciones continentales predominantemente de ríos trezados a meandricos en una cuenca pull-apart la cual fue controlada por el Sistema de Fallas Romeral (Toussaint y Restrepo, 1984) que por su movimiento generó una depresión tectónica que fue aprovechado por los sedimentos para ser depositados.



1. INTRODUCCIÓN

La Formación Amagá es una sucesión sedimentaria de edad Oligoceno-Mioceno depositada a lo largo de una serie de cuencas que siguen el trazo del Sistema de Fallas de Romeral (Sierra y Marín-Cerón, 2012, ECOCARBÓN, 1995). Dicha formación presenta ambientes sedimentarios continentales, asociados a ríos trezados y meándricos (Guzmán (1991) Silva et al (2008)). Estudios anteriores sugieren que cambios en las características secuenciales de la Formación Amagá, en específico en la sub-cuenca carbonífera de Amagá-Venecia, fueron generados por cambios tectónicos a lo largo del noroccidente Colombiano (Silva et al., 2008). Modificaciones en las modas composicionales de areniscas en esta sub-cuenca sugieren que esta cuenca fue limitada por la Cordillera Central y Occidental. Además, estos resultados sugieren cambios climáticos de condiciones de alta precipitación en el Oligoceno a un periodo de baja precipitación en el Mioceno. Esto a su vez unido a cambios tectónicos, generó un control en la ocurrencia de mantos de carbón económicamente explotables (Silva et al., 2008).

Este trabajo presenta el análisis estratigráfico secuencial de la Formación Amagá en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo el cual permitió investigar su posible correlación con el registro sedimentológico de la sub-cuenca Amagá localizada en los municipios de Venecia-Amagá. Análisis petrográficos y estudios de procedencia permitieron el refinamiento de las posibles áreas fuentes de la Formación Amagá, el cual brinda un entendimiento de la probable interacción entre los bloques Cordillera Central, Cordillera Occidental y Panamá-Chocó durante el Oligoceno-Mioceno. Los resultados de este trabajo ayudan a la comprensión de la evolución tectono-estratigráfica de las cuencas presentes a lo largo de la depresión del Cauca y de la paleo-geográfica del norte de Suramérica durante el Oligoceno-Mioceno.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Realizar un análisis estratigráfico secuencial de la Formación Amagá en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo, con el fin de investigar su posible correlación y/o diacronismo con el registro sedimentológico de la sub-cuenca de Amagá-Venecia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Realizar la caracterización estratigráfica secuencial de la sección de la Formación Amagá ubicada en el la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo (al NW de Los Andes).

Realizar el análisis de procedencia de sedimentos de la Formación Amagá en el Sector de Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo por medio de análisis de Minerales pesados y Geocronología.

Efectuar la caracterización petrográfica y diagenética de las rocas sedimentarias de la Formación Amagá en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo a partir de análisis de secciones delgadas.



3. LOCALIZACIÓN

La Formación Amagá se encuentra ubicada en la parte norte de la depresión fluvial longitudinal del Cauca, entre la Cordillera Central y Cordillera Occidental, delimitada al este por las fallas asociadas al Sistema Romeral y al oeste por la Falla Cauca-Almaguer localizadas en franjas alargadas en sentido sur-sureste a nor-noreste paralelas a estas fallas (ECOCARBON, 1995). La Formación Amagá aflora en un área aproximada de 700km², pero la porción comprendida por carbones, en la sub-cuenca de Amagá-Venecia, cubre solamente una superficie de 75 km² (ECOCARBON, 1995).

El área de estudio se localiza en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo (**Figura 1**) y se encuentra distribuida en la región occidental del departamento de Antioquia. La vía de acceso principal parte de la ciudad de Medellín tomando la vía al mar y atraviesa el Túnel Occidente hacia los municipios de San Jerónimo-Santa Fe de Antioquia. La sub-cuenca Amagá se encuentra ubicada en la región suroeste del departamento de Antioquia, la vía de acceso principal parte de la ciudad de Medellín por la autopista sur vía Bolombolo - La Pintada.

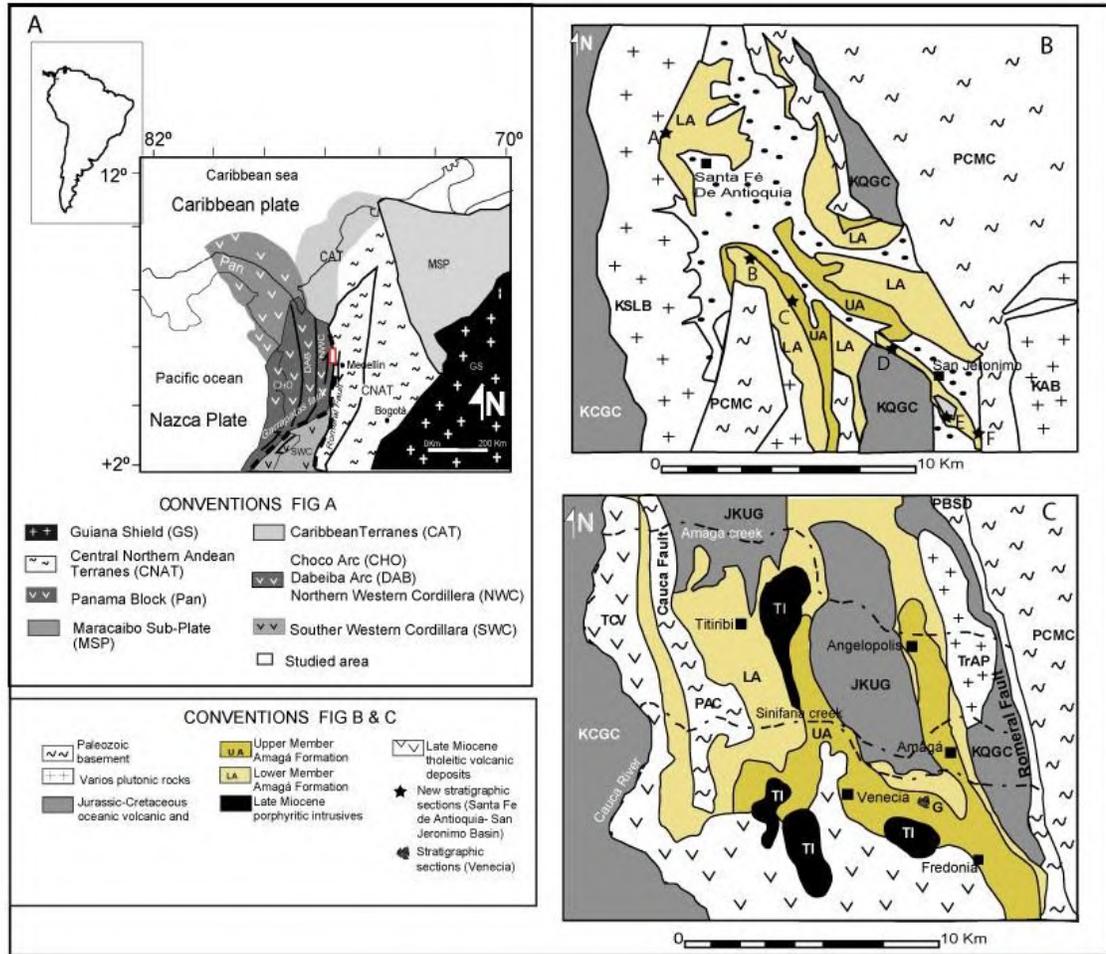


Figura 1. Mapa de Localización del área de estudio (Modificado de Gonzales, 2001 en Silva, 2008). El Mapa Tectono-Estratigráfico de la parte Noroccidental fue modificado de Cediel et al (2003) en Silva (2008). Los puntos en forma de estrellas muestran las secciones levantadas en la zona de análisis A) Margen norte de la Zanja del río La Seca, (UNIDAD 1) (B) SJ (UNIDAD 2), (C) Río Cauca-San Nicolás (UNIDAD 3), (D) Quebrada La Nuarque,(UNIDAD 3) (E) Quebrada Guadacú, (UNIDAD 4) (F) El Cinco Venecia. Otras unidades geológicas fueron mostradas en este mapa como Intrusivos toleíticos del Mioceno Tardío (TI), Formación Combia (TCV), Miembro Superior de la Formación Amagá (TAS), Miembro Inferior de la Formación Amagá (TAI) Complejo Cañasgordas de edad Cretácea (KCGC), Complejo Quebrada-Grande de edad Cretácica (KQGC), Rocas Ultramáficas de edad Jurásico al Cretácico (JKUG), Stock de Amagá (TrAP), Metasedimentitas de Sinifaná (PBSD), Complejo Arquía de edad Paleozoico (PAC),Basamento de la Cordillera Central de edad Paleozoica (PCMC).

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



4. MARCO GEOLÓGICO

4.1 Geología Regional.

Los Andes Colombianos se caracterizan por estar configurados como una cadena montañosa generada por la interacción de la placa continental de Suramérica y las placas oceánicas Nazca y Caribe (Restrepo-Pace, 1995). Las continuas transformaciones generadas en esta área por los diferentes procesos de acreción y subducción oceánica a lo largo del occidente y noroccidente de los Andes se han venido ejecutando desde el Paleozoico (Restrepo-Pace, 1995) dando lugar al origen y evolución de las tres Cordilleras que se encuentran distribuidas en Colombia (Duque-Caro, 1990 y Taboada *et al.*, 2000).

La cadena montañosa Andina Colombiana esta subdividida en dos provincias, Occidental y Oriental las cuales son geológicamente desiguales y separadas por el Sistema de Fallas de Romeral (Restrepo *et al.*, 2009). La provincia Occidental está conformada por terrenos oceánicos acrecionados, evidenciados tanto en el flanco occidental de la Cordillera Central como en la Cordillera Occidental (**Figura 2**), mientras que el área Oriental se compone de un basamento continental que se exhibe principalmente al este de la Cordillera Central (Taboada *et al.*, 2000; Tapias *et al.*, 2006 en Restrepo *et al.*, 2009).



4.2 Marco Estratigráfico

4.2.1 Rocas Ígneas

La actividad ígnea en la zona de estudio está controlada por la aparición de cuerpos identificados en la Cordillera Central. Estos cuerpos se centran en edades Pérmicas, durante la Orogenia Hercínica y se extiende hasta el Cretácico Tardío.

4.2.1.1 Stock de Amagá (TRga)

El Stock de Amagá se encuentra caracterizado por una roca predominantemente maciza, porfídica de composición cuarzomonzonita y granodiorita (Grosse, 1926). Métodos radiométricos arrojan una edad de 221-232 M.a (Triásico). Mineralógicamente se compone por plagioclasas macladas y zonadas, feldespato potásico predominantemente ortoclasa y micas biotitas. Éste cuerpo está en contacto fallado con el Complejo Quebradagrande y sobre el reposan discordantemente las sedimentitas de la Formación Amagá.

4.2.1.2 Diorita de Pueblito (Tdp)

Esta unidad de composición diorítica, presenta una longitud de 57 Km con dirección N 10° W ubicada hacia el sur-occidente de la ciudad de Medellín y mineralógicamente se encuentra compuesta por plagioclasa, hornblenda, además de algunos agregados de clinopiroxenos como augita prismática incolora (Grosse, 1926). La edad de la unidad es Triásica (233 M.a y 236 M.a; Vinasco *et al.*, 2010). Su forma tabular está controlada por el Sistema de Fallas de Romeral y se exhibe en contacto fallado con los Esquistos de Sabaleta.



4.2.1.3 Batolito de Segovia (Jdse)

El Batolito de Segovia de edad Jurásica (199.6-145 M.a), está ubicado en la parte oriental del departamento de Antioquia principalmente al este de la Falla Otú (Álvarez, 1983). Es un cuerpo alargado en dirección norte-sur. Composicionalmente está constituido por doritas, dioritas cuarzosas y localmente gabros hornbléndicos (*Feininger et al., 1972*). Mineralógicamente se caracteriza por presentar cuarzo con extinción ondulante, hornblenda, biotita cloritizadas y circones como minerales accesorios. El cuerpo se presenta preferencialmente en contacto fallado aunque en algunos sectores reposan en discordancia erosiva rocas volcánicas y sedimentarias de edad Cretácica.

4.2.1.4 Gabro de Pueblito (Kigp)

Ésta unidad está caracterizada por presentar rocas de tipo hazburgita a gabro. Los afloramientos se observan en la carretera que lleva al municipio de Angelópolis-Antioquia. Su composición es principalmente asociada a plagioclasas con alteraciones, agregados de zoisita, diópsidos, hornblendas de color pardo, apatitos, ilmenitas, calcita, entre otros. Análisis de K/Ar en hornblenda permite asociar a este cuerpo a una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior (166-130 M.a) (Toussaint y Restrepo, 1978).

4.2.1.5 Stock de Altavista (Kida)

El stock de Altavista se caracteriza por presentar rocas de tipo andesitas, dioritas, tonalitas y gabros en un área que cubre aproximadamente 84 Km². Los cristales de plagioclasa se presentan bien maclados, los feldespatos potásicos muestran intercalaciones con cuarzo, la biotita se presenta de color marrón, cabe mencionar que como productos de alteración se tienen grandes cantidades de clorita, epidota y sericita. Dataciones de Rb/Sr en roca total muestra una afinidad a edades de 77 M.a y 151 M.a (Maya, 1992).



4.2.1.6 **Vulcanitas del Complejo Quebradagrande (Kivqg)**

Botero en 1963 denomina la Formación Quebradagrande, que por sus complicaciones tectónica, variaciones litológicas y estructurales se prefirió llamar Complejo Quebradagrande. La unidad Volcánica para el Complejo Quebradagrande se caracteriza por ser toleítico compuesto por basaltos, espilitas y diabasas (Gonzales, 1980). Se componen de minerales como plagioclasa sódica, augitas, actinolitas, epidotas y hematitas. La edad que se le asigna a la unidad es de Aptiano - Albiano en asociación a fauna encontrada dentro de las sedimentitas que se encuentran intercaladas con las vulcanitas.

4.2.1.7 **Stock de Yarumal (Kigy)**

Las rocas pertenecientes a la Unidad del Stock de Yarumal correspondientes al Complejo Ofiolítico del Cauca, son predominantemente gabroicas, con alto contenido de plagioclasa y augita además apatito, esfena y circón como minerales accesorios. (Hall *et al.*, 1972). Las relaciones estratigráficas le otorgan una edad tentativa de emplazamiento en el Cretácico Inferior.

4.2.1.8 **Gabro de Altamira (Ksga)**

Ésta unidad se encuentra estrechamente relacionada con las rocas volcánicas básicas de la Formación Barroso. Su composición varía de gabros clinopiroxenos, noritas y gabros olivínicos. El gabro de Altamira aflora cerca a la población de Altamira donde recibe su nombre (Restrepo y Toussaint, 1976). Está constituido principalmente por augita, esfena, apatito y magnetita-ilmenita. Análisis de K/Ar en plagioclasa le otorgan una edad Cretácica superior (77,4 Ma) (Restrepo y Toussaint, 1976)

4.2.1.9 **Batolito de Ovejas (Ksto)**

Éste cuerpo se exponen en las localidades del Valle del río Medellín y al oriente del Municipio de Bello y Sopetrán, Antioquía. Presenta una extensión total de 165 Km² (Gonzales, 2001). Su composición principalmente es tonalítica con algunos



cuerpos granodioríticos, que se componen de cuarzo con extinción ondulante, plagioclasas zonadas de composición intermedia y feldespato potásico maclado (Botero, 1963).

4.2.1.10 **Stock de Belmira (Kstb)**

El Stock de Belmira perteneciente a la unidad denominada Batolito Antioqueño, se encuentra ubicado cerca a la población de Belmira donde recibe su nombre. Composicionalmente está dominada por tonalitas que varían a granodioritas, el cuarzo se muestra en mosaicos alargados, extinción ondulante fuerte y abundantes micro inclusiones, la ortoclasa es común. Ésta Unidad se encuentra en contacto fallado con el Complejo Cajamarca.

4.2.1.11 **Batolito de Sabanalarga (ksbs).**

El Batolito de Sabanalarga se encuentra ubicado entre las Cordilleras Central y Occidental. Su composición es principalmente cuarzodiorítica, diorita hornbléndica y gabros hornbléndicos (Álvarez y Gonzales, 1978). Los afloramientos característicos se muestran entre la localidad de Santa Fe de Antioquia y Anzá, mostrando un alto grado de deformación por efectos dinámicos entre las fallas de Tonusco y Sabanalarga. Su composición mineralógica varía en proporciones de plagioclasa, feldespato potásico, clinopiroxenos y hornblendas. Éste cuerpo se encuentra en contacto fallado con los esquistos anfibólicos y cloríticos del Complejo Cajamarca y una importante formación de cornubiana. Hacia la parte de Santa Fe de Antioquia se observa en contacto intrusivo con la Anfibolita de Sucre además de rocas volcánicas y sedimentitas del Grupo Cañasgordas. Las dataciones para esta unidad están basadas en datos de K/Ar que proporcionan una edad de 97 a 91 M.a asociada al intenso magmatismo del Cretácico Tardío en el occidente Colombiano, (Gonzales, 2001).



4.2.1.12 **Formación Barroso (Ksvb)**

Las rocas volcanoclásticas de Barroso perteneciente al Grupo Cañasgordas, afloran en el flanco oriental de la Cordillera Occidental. Geológicamente ésta unidad se encuentra limitada por la Falla Cauca-Patía (Álvarez y Gonzales, 1978) y se caracterizan por ser andesitas y basaltos altamente cloritizados y epidotizados. La edad del Arco volcánico – plutónico que dio origen a la Formación Barroso y a los intrusivos asociados es de 88 a 115 Ma.

4.2.1.13 **Batolito de Mandé (Ksbm).**

El Batolito de Mandé de composición granodiorítica se encuentra localizado en la carretera Bolívar-Quibdó. Microscópicamente la muestra presenta composición cuarzosa, con plagioclasas zonadas y macladas además de biotita con pequeñas alteraciones de clorita. La hornblenda es de color verde-amarillo y el cuarzo presenta ligera extinción ondulante. Como minerales accesorios presenta en su armazón apatito. La edad de la Sección ha sido bastante discutida, análisis en hornblenda (K/Ar) muestra una variación de edades entre 34 y 61 M.a.

4.2.2 **Rocas Metamórficas**

Las rocas paleozoicas asociadas con la zona de estudio, conforman principalmente el núcleo de la Cordillera Central. Son metamorfitas en facies de esquistos verdes-anfibolita, asociadas al Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central (RESTREPO y TOUSSAINT, 1984).

4.2.2.1 **Metasedimentitas de Sinifaná (Pzms).**

Las metasedimentitas de Sinifaná de edad Ordovícico-Silúrico (edad por relación estratigráfica) son rocas de muy bajo grado, encontrándose en el flanco occidental de la Cordillera Central. Ésta unidad se encuentran en contacto discordante con la Formación Amagá en la sub-cuenca Amagá-Venecia y cabalgan sobre ellas rocas volcánicas básicas alteradas. Estas rocas se describen como pizarras arcillosas a filíticas por Grosse (1926) y como metamórficas de bajo grado (Pbsd) por



Gonzales (1976). Es importante hacer referencia que dentro de la composición se encuentran granates altamente fracturados y redondeados.

4.2.2.2 Complejo Cajamarca. (Pz ev+q+cv)

Como se hacía referencia en el párrafo introductorio, el núcleo de la Cordillera Central es principalmente metamórfico, asociado a facies esquistos verdes a anfibolita. Variaciones de eventos metamórfico evidenciados en la parte textural y radiométrica dentro de las rocas encontradas, se asocian a la variación de edades presentes dentro de las rocas del Complejo Cajamarca, las cuales han sido altamente discutidas por muchos autores, atribuyéndole un rango de edad entre 345 y 55 M.a. (MAYA, 1992) agrupándose en tres grupos: 55-75 M.a, 105-130 M.a y 240-345 M.a. Las características litológicas dividen la unidad en cuatro grupos químicos principales (pelítico, básico, calcáreo y cuarzoso) que generan los esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos actinolíticos, esquistos calcáreos, anfibolitas, mármoles, cuarcitas, metamorfitas de bajo grado, esquistos intercalados y gneis feldespático - aluminico todos variando en facies esquistos verdes - anfibolitas. La mayoría de las litologías expuestas muestran altos contenidos de micas como biotita-moscovita y hornblenda. Éste cuerpo se encuentra caracterizado por estar intruido sintectónicamente durante la orogenia Acadiana y Hercínica por estructuras gnéicas expuestas a lo largo de la falla Otú y la falla Espíritu Santo y en el Triásico por plútones como el de Amagá, la Honda y el Buey, dando lugar a una aureola de contacto de composición metamórfica con fuerte desequilibrio termodinámico.

4.2.2.3 Complejo Arquía (Kica).

Ésta unidad ha sido fuente de muchos estudios geológicos a lo largo de la Cordillera Central más predominantemente hacia el Río Cauca. Se encuentra limitada tectónicamente por las fallas Silvia-Pijao y Cauca-Almaguer, además



sobre ella reposan discordantemente las sedimentitas de la Formación Amagá (Restrepo y Toussaint, 1974). El Complejo Arquía reúne a la unidad denominada como Esquistos de Sabaletas (Gonzales, 1980).

4.2.2.3.1 Esquistos de Sabaleta

Los esquistos de sabaleta son localizados en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia. Compuesto principalmente por metabasitas y metapelitas, limitadas al este por la Formación Barroso (Restrepo y Toussaint 1988). Presenta altos contenidos de mica moscovita y hornblenda como principales constituyentes, además de granates, cuarzo y epidota. Se reporta para esta unidad, por método de U/Pb en circones en los esquistos actinolíticos una edad de 72 ± 5 M.a lo que fue interpretado como la edad del evento volcánico que generó el protolito de estos Esquistos de Sabaleta (Vinasco *et al.*, 2008).

4.2.2.4 Metagabro de Yarumal (Kig).

Ésta unidad se presenta como un cuerpo pequeño foliado localizado al este del Stock de Yarumal, con presencia de un ligero metamorfismo regional posterior a su emplazamiento. Se caracteriza por presentar piroxeno transformado por uralitización a hornblenda pardo-amarillenta y bastante saussuritización de la plagioclasa.

4.2.3 Rocas Sedimentarias

El registro sedimentológico de la zona de estudio parte desde inicios del Cretácico hasta secuencias sedimentarias recientes. Esta sedimentación estuvo controlada por cambios tectónicos y climáticos, así mismo fue interrumpida en ocasiones por intenso vulcanismo asociado a la Cordillera Central y Cordillera Occidental además del vulcanismo básico de fondos oceánicos.

4.2.3.1 Complejo Quebradagrande (Ksc).

El Complejo Quebradagrande se encuentra dividido en dos segmentos de rocas uno que agrupa rocas volcánicas y otro que agrupa sedimentos de afinidad oceánica. Se encuentra localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central, al occidente de la Falla San Jerónimo y al este del Sistema de Fallas de Romeral **(Ver Fig. 2)**.

La sucesión sedimentaria está caracterizada por presentar lutitas carbonosas arcillosas con rico material orgánico, grauvacas, areniscas feldespáticas, limolitas, chert intercalado con rocas volcánicas de fondo oceánico, calizas negras y lentes de cuarzo lechoso paralelo a la estratificación o planos de cizalla. La edad Cretácica de la unidad se obtiene por datos paleontológicos que en su mayoría no están basados en estudios detallados y no se conoce la ubicación exacta de los fósiles encontrados.

4.2.3.2 Miembro Urrao (Ksu)

Sobre las vulcanitas de la Formación Barroso se da la depositación de sedimentos turbidíticos de origen terrígeno (Miembro Urrao), los cuales se interdigitan hacia el occidente con sedimentos del Miembro Nutibará de la Formación Penderisco y Grupo Cañasgordas (Álvarez y González, 1978). Litológicamente están caracterizadas por ser bancos de arcillolitas, limolitas con alto contenido de materia orgánica, grauvacas con cemento silíceo, conglomerados con clastos de fragmentos volcánicos y variaciones de chert. Su ambiente de depositación se relaciona a taludes continentales y llanuras abisales en un ambiente transicional marino.

4.2.3.3 Chert Interestratificado y Rocas Clásticas finas (Kslb)

Hacia el tope de la Formación Barroso se encuentra una sucesión sedimentaria predominantemente silícea con contenidos de limolitas silíceas y lentes de chert. Los bancos de chert presentan como característica principal formas ovaladas



asociados a radiolarios mal conservados. Su edad se obtiene a partir de registros fosilíferos que le otorgan una edad Cretácica Tardía. Ésta unidad hace parte de la Formación Barroso del Grupo Cañasgordas.

La sedimentación Cenozoica tanto para la cuenca del Magdalena como para la del Cauca es de afinidad continental, mientras que la cuenca Urabá es predominantemente marina transicional a continental. La depositación continental se caracteriza por presentar mantos explotables de carbón en la región del municipio de Amagá; la cual es una cuenca generada por el movimiento del Sistema de Fallas de Romeral y es cubierta discordantemente por depósitos volcánicos y volcanoclásticos de la Formación Combia, desarrollados por la migración del cinturón magmático hacia el margen occidental de Colombia (López *et al.*, 2006).

4.2.3.4 Formación Amagá (To)

La base del Cenozoico, está conformada por la Formación Amagá correspondiente a un ambiente fluvial, de edad Oligoceno – Mioceno Tardío (Van der Hammen, 1958; Pons, 1984; Aspden *et al.*, 1987; Maya, 1992; Sierra *et al.*, 2011b), la cual se caracteriza por presentar en su base, ricas reservas energéticas de carbón, que se encuentran intercaladas con una representativa secuencia de roca siliciclástica, subdivididas en tres secciones principales basados en los estudios sedimentológicos y petrográficos realizados para esta unidad.

El basamento donde descansa discordantemente las sedimentitas de la Formación Amagá está representada por el Complejo polimetamórfico Pre-Mesozoico de la Cordillera Central, influenciado estructuralmente por fallas de Romeral y Piedecuesta (Restrepo y Toussaint, 1982). La Cuenca Amagá se presenta limitada por un contacto fallado con el Complejo Quebradagrande (Botero y González, 1983) y el Complejo Arquía (Maya y González, 1995), las



cuales presentan una edad Cretácica Temprana (Maya, 1992; Moreno y Pardo, 2003). **(Figura 2)**

4.2.3.5 Sedimentos Cuaternarios (Qa-Qc)

El Valle del Rio del Magdalena, Cauca, Atrato y sus afluentes mayores, presentan depósitos aluviales del Cuaternario, con espesores y grado de compactación muy variables, además de una gran presencia de material aurífero. En las cuencas del Atrato y del Cauca, se han diferenciado los niveles de terrazas más antiguos, pero es el Valle del Rio del Magdalena el principal promotor de la separación, tanto de la Cordillera Oriental como la Cordillera Central. La Cordillera Oriental presenta una divergencia con respecto la Cordillera Central con dirección norte y noreste, se encuentran alineadas paralelamente a la costa Pacífica y ambas son separadas por la depresión intermontaña del Cauca-Patía (Taboada et al., 2000). Las variaciones en la actividad tectónica y climática durante éste periodo, ayudo a la formación de aluviones que rellenan los valles de algunos afluentes principales en el Departamento de Antioquia.

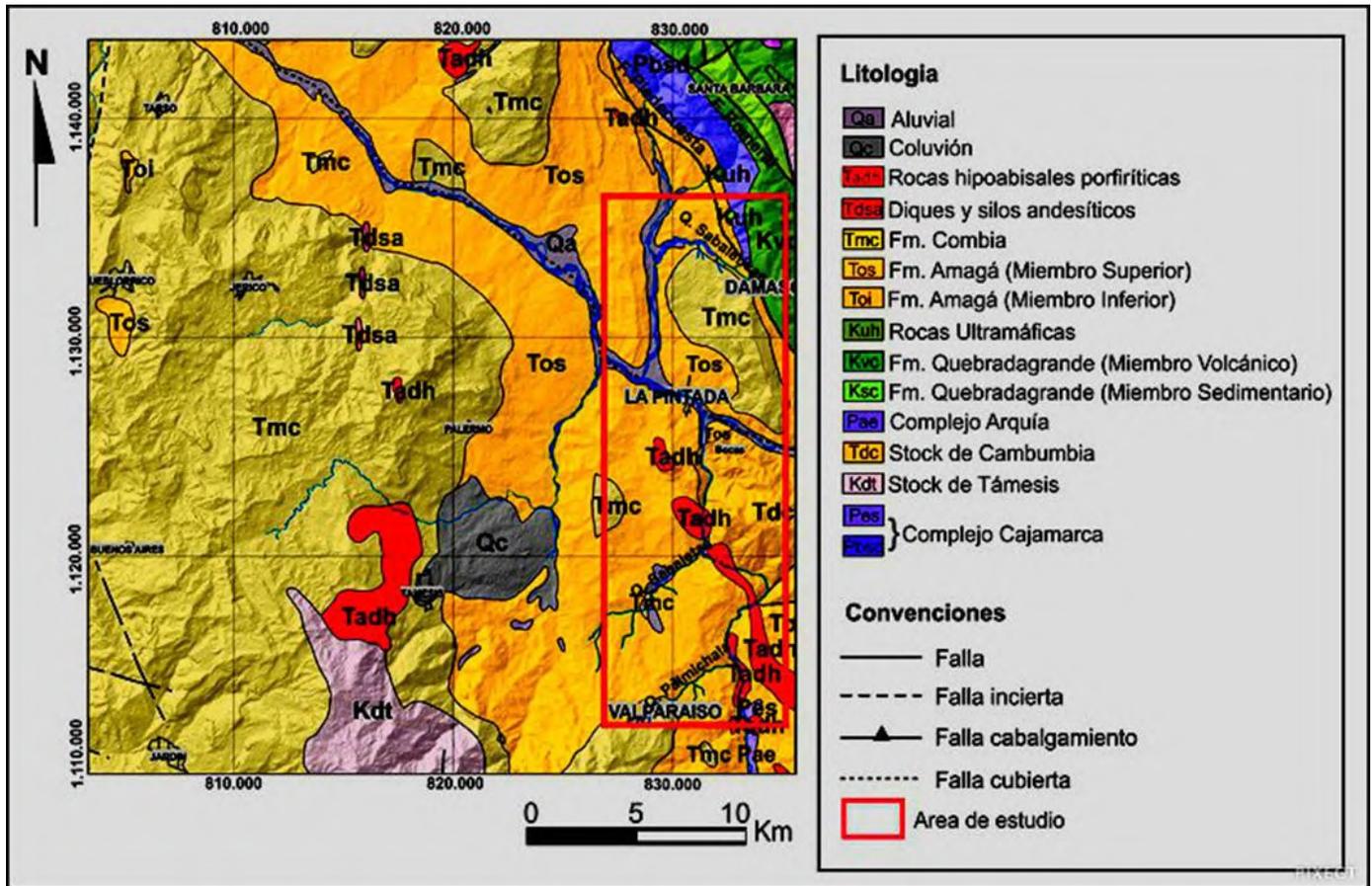


Figura 2 Mapa Geológico del área de la Sub-cuenca de Amagá-Venecia (Modificado de López *et al.*, 2006). Las unidades geológicas fueron mostradas en este mapa como diques y silos andesíticos (Tadh), Formación Combia (Tmc), Miembro Superior de la Formación Amagá (TOS), Miembro Inferior de la Formación Amagá (TOI) Rocas Ultramáficas (Kuh), Complejo Quebrada-Grande miembro Volcánico de edad Cretácica (Kvc) y Complejo Quebradagrande miembro Sedimentario (Ksc), Stock de Cambumbia (Tdc), Stock de Támesis (Kdt), Complejo Arquía de edad Paleozoico (Pes), Coluviones (Qc).



4.3 Geología Estructural

La Cordillera Central estructuralmente está limitada al occidente por el Sistema de Fallas de Romeral, siendo la principal causante de la separación de la Cordillera Andina con la Cordillera Occidental, al este limita con la Falla Palestina – Mulato, la cual delimita la depresión geomorfológica del Valle del Magdalena; y al oriente se encuentra limitada por la Falla Otú – Pericos la cual, según estudios realizados, es la más importante por ser la promotora de la evolución tectónica de la Cordillera Central, además de delimitar geológicamente la Cordillera Central de la Cordillera Oriental. Las unidades relacionadas con estos sistemas de fallas desarrollan una esquistosidad o foliación cataclástica, por metamorfismo dinámico, que se superpone a la esquistosidad o estratificación de las rocas originales que aún se pueden distinguir, por lo cual González (2001) determina que “El intenso plegamiento y fallamiento, los levantamientos y eventos magmáticos que durante las diferentes orogenias afectaron la región, modifican y oscurecen las relaciones estratigráficas y estructurales originales, entre las diferentes unidades litológicas en Antioquia”.

La Cuenca Amagá cuyo origen fue relacionado con la formación a lo largo de grabens y semigrabens, como consecuencia de movimientos de tracción a lo largo del sistema de fallas de Romeral, se caracteriza por presentar alta diversidad climática, además de una gran variedad litológica principalmente representada por sedimentos tectoneomolasa (Gonzales, 2001). El modelamiento del paisaje se debe gracias a la configuración montañosa representativa en la zona, generada por la fuerte actividad tectónica de las cuales son participes los sistemas de fallas que rodean el terreno tanto al oriente como al occidente del área, ocasionando uno de los rasgos estructurales representativos de dicha cuenca.

Según trabajos realizados por Martínez y Ruiz (1984), Toussaint y Restrepo (1984, 1985) y Sánchez (1991), se ha definido la existencia de deformaciones superpuestas de las unidades comprendidas en la zona de la cuenca de Amagá y



sectores aledaños, más precisamente entre el sistema de fallas de Cauca – Romeral, los cuales se han descrito de tipo inverso y de origen compresional, con surgencia en función a un proceso de subducción generado al noroccidente de Colombia.

La Subducción generada al noroccidente Colombiano a partir de la placa Nazca bajo la placa Suramericana en el Mioceno Medio–Tardío, dio lugar a un desplazamiento lateral izquierdo, ejecutando la confinación de la Cuenca de Amagá, acompañada de estructuras compresivas que originaron pliegues y fallas de cabalgamiento en sentido NE (Sierra y Marín-Cerón, 2012). Ésta cuenca muestra la depositación de la sección superior de la Formación Amagá, además de la generación de fallas con dirección NW-SE que controlan el trayecto del Río Cauca afectando las rocas de la Formación Amagá (Sierra y Marín-Cerón, 2012); gracias a la fuerte compresión, para el Mioceno Tardío–Plioceno la dirección de los esfuerzos que habían para el Mioceno Medio–Tardío sufren inversión, generando la rotación de los sedimentos de la sección inferior de la Formación Amagá depositada en el Oligoceno–Mioceno por el desarrollo fallas normales con tendencia NE-SW y la sección Superior de dicha Formación (Sierra y Marín-Cerón, 2012); ayudando al desarrollo de movimientos sinextrales en el sistema de fallas de Romeral

Estructuralmente se puede mencionar entonces, que la Cuenca Amagá de carácter intramontañoso; en su totalidad se encuentra controlada principalmente por el sistema de fallas de Cauca-Romeral, cuya dirección es predominantemente norte-sur; siendo las fallas San Jerónimo, Silvia-Pijao, Cauca Almaguer, Cañasgordas y Sabanalarga las principales implicadas en los esfuerzos que afectan directamente dicha cuenca.(Figura 3)



4.3.1 Falla San Jerónimo.

La Falla San Jerónimo se caracteriza por poner en contacto las rocas continentales Paleozoicas del Complejo Cajamarca al este, con rocas de afinidad oceánica del Complejo Quebrada Grande al occidente (Mejía, 2012), dicha estructura ha sido fuente de estudios por diversos autores debido a los distintivos movimientos que ésta presenta, Grosse (1926) describe esta estructura como una falla inversa que presenta un buzamiento dirigido al este; (Maya y González en 1995) la denomina como una falla de rumbo, teniendo en cuenta que presenta una longitud de 80 Km y su contraste litológico es representativo a lo largo de su trayectoria, mientras que González (2003) según sus estudios le da una dirección de N30°/40° W, con un movimiento vertical y un desplazamiento lateral izquierdo. Partiendo de la información suministrada, se infiere que la falla San Jerónimo posiblemente es una falla sinextrolateral con una componente vertical inversa según estudios realizados por López, Sierra y Ramírez (2006).

4.3.2 Falla Silvia-Pijao.

La Falla Silvia-Pijao es representada en el área de estudio por las fallas Piedecuesta y falla Romeral definidas por Calle *et al.*, (1984a, en Maya y González, 1995); estas dos fallas en compañía de la falla Amagá son las principales causantes de la generación de la paleo-sutura localizada en la Cuenca Amagá según el trabajo realizado por Sánchez (1991), además de estar conformada por varios segmentos a los cuales están asociados importantes cabalgamientos. El origen de esta estructura, es atribuido a diferentes eventos tectónicos, generados durante el transcurso del tiempo y evidenciados en numerables formaciones y en la conformación estructural actual (Sinclinal de Amagá, Anticlinal de Honda), las cuales dan a conocer rasgos morfotectónicos como drenajes desplazados, silletas, lomos de obturación y de presión entre otros, además de un posible movimiento de rumbo con una componente lateral derecha según Paris y Romero (1994).



4.3.3 Falla Cauca-Almaguer.

La Falla Cauca Almaguer de naturaleza desconocida, constituye la separación entre dos provincias geológicas, el oriente y el occidente Colombiano (Moreno y Pardo 2003, en López, 2006) (**Ver Figura 3**). Ésta estructura es una falla inversa con componente lateral izquierdo, que por muchos autores ha sido descrita con un desplazamiento vertical, comprendida entre los tramos asignados como Sabanalarga y Cauca Occidental. De alguna manera esta falla corresponde al límite entre las Formaciones Combia y Barroso (Calle y González, 1980), pero el mayor impacto de la falla Cauca Almaguer es ejercido en las rocas sedimentarias Terciarias de la Formación Amagá y Combia.

4.3.4 Falla Sabanalarga.

La Falla de Sabanalarga se caracteriza por limitar al noroccidente con rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Barroso y al suroriente con rocas metamórficas de la Cordillera Central pertenecientes al Complejo Arquía y Cajamarca. Esta estructura con dirección norte presenta una longitud de 25 Km, se divide en dos brazos sub-paralelos dando lugar a la formación de un graben de varios centenares de metros de ancho, en el cual descansan sedimentos clásticos del Terciario y algunos mantos de carbón. Las fuerzas mecánicas que dieron origen a la falla de Sabanalarga son atribuidas a esfuerzos posteriores que originaron las fallas de Santa Rita y Romeral según Gonzales (2001).

4.3.5 Falla Tonusco.

La Falla Cañasgordas, también llamada como falla Tonusco por Álvarez y González (1978), presenta una longitud aproximada de 50 km; cerca de Cañasgordas tiene dirección N50°W y se extiende desde Girardot a lo largo de los ríos Tonusco y Sucio, hasta Dabeiba.

Las unidades litológicas vinculadas al sistema de fallas de Romeral, se caracterizan por presentar una esquistosidad y foliación representativa, con una



dirección paralela a sub-paralela con respecto a la dirección general de las fallas y de las fracturas que la originan. La foliación y la esquistosidad son generadas a partir de los efectos dinámicos, que afectan algunas rocas ígneas, además de las secuencias sedimentarias y meta-sedimentarias presentes en la zona de estudio (Gonzales, 2001).

4.3.6 Pliegues.

La esquistosidad situadas en las rocas metamórficas se identifica por mostrar una uniformidad en el rumbo; las rocas sedimentarias dan a conocer una clara estratificación, que permite inferir la ausencia de pliegues regionales y sugerir la existencia de pliegues isoclinales de gran magnitud (Barrero *et al.*, 1969); los plegamientos menores de ocurrencia local, son pliegues simétricos, con planos axiales paralelos a la esquistosidad regional, los cuales se exponen en las franjas de los esquistos de los Complejos Cajamarca, Complejo Arquía y en las sedimentitas Cretácicas.

Las sedimentitas de la Formación Amagá muestran pliegues representativos, posiblemente relacionados con la orogenia Andina Mioceno-Plioceno, poseen ejes paralelos a la dirección general de las cordilleras y se encuentran controlados por movimientos verticales a lo largo del sistema de fallas de Romeral, que controla la cuenca de depositación Gonzales (2001).

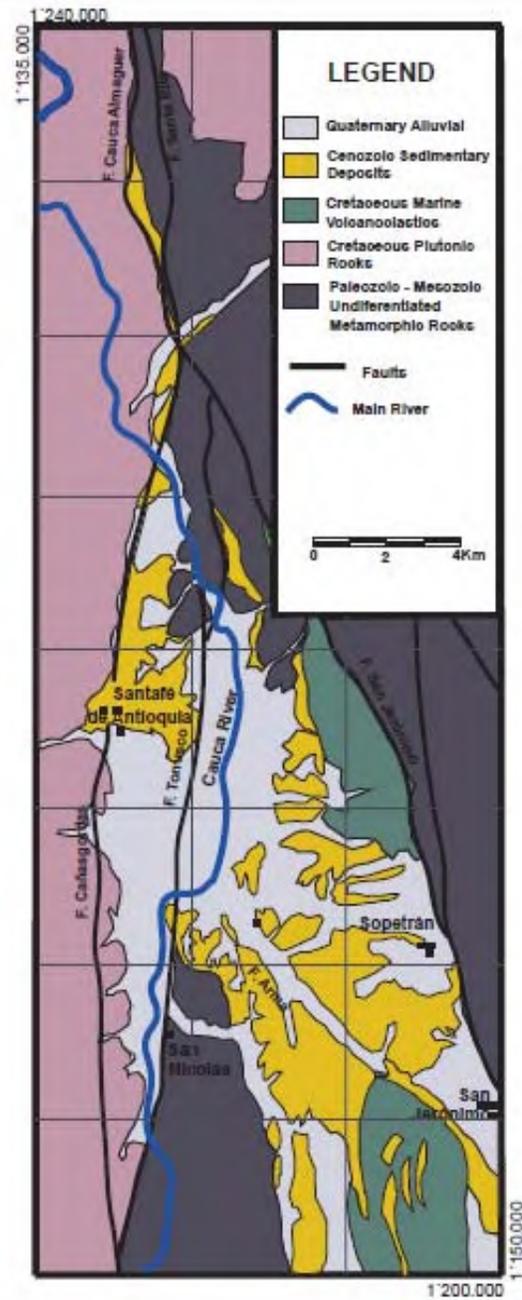


Figura 3 Mapa Estructural del área de la Sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia (Modificado de Pardo 2012). Al occidente se observa en Dirección norte-sur La Falla Cauca-Almaguer y Falla Tonusco; Al oriente se observa Longitudinalmente la falla San Jerónimo. La unidad Sedimentaria de la Formación Amagá se observa en Tonalidades Amarillas.

5. MÉTODOS

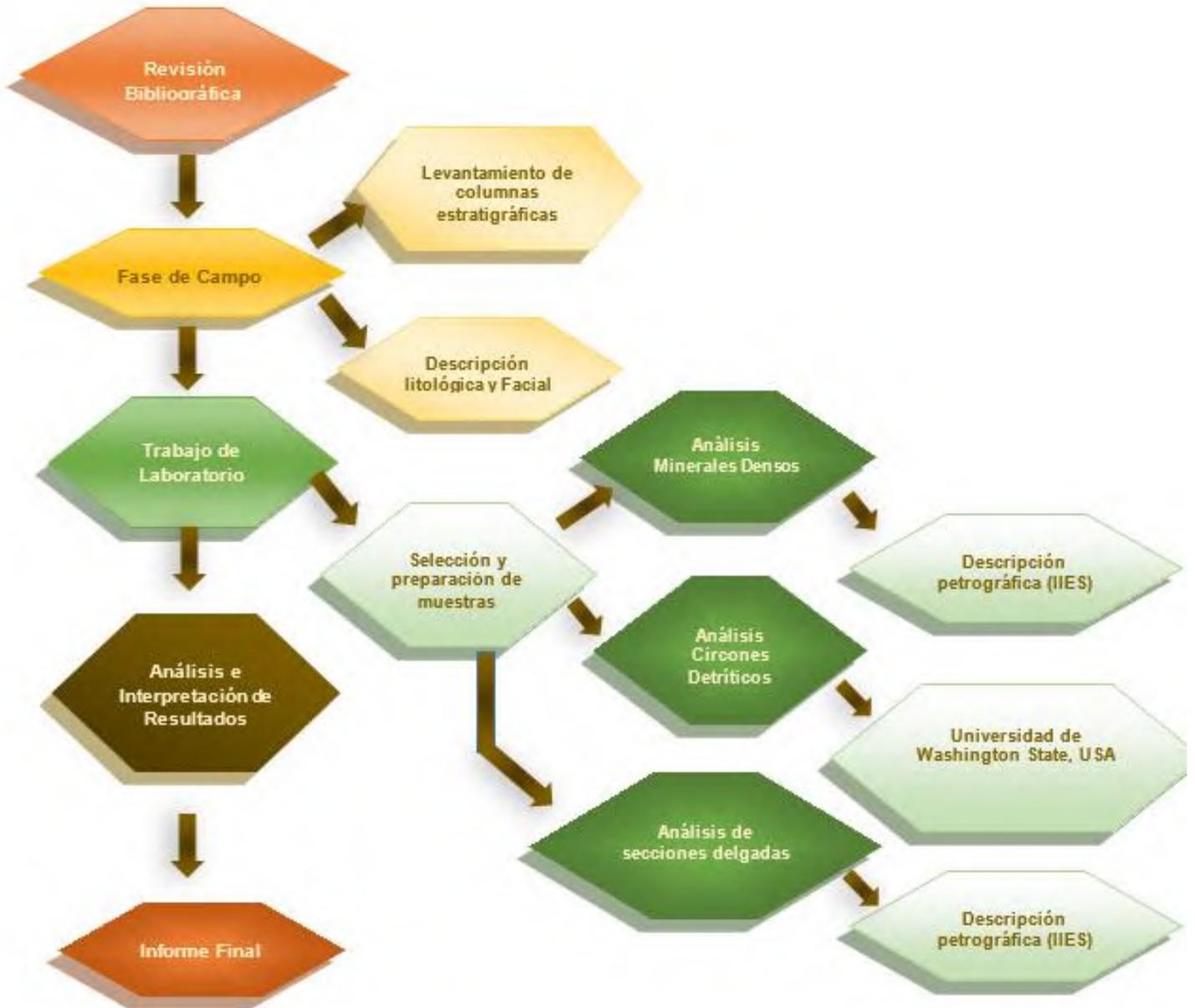


Figura 4 Metodología usada en el Proyecto.



5.1 Fases de Campo y Estratigrafía.

La sucesión estratigráfica de la Formación Amagá se realizó en los municipios de Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo (x: 1'135.000-1'150.000 y: 1'200.000-1'240.000) en el Departamento de Antioquia donde se levantaron 820 metros de espesor medida a una escala 1:200 usando el bastón de Jacobo. Las estructuras sedimentarias fueron descritas y medidas en campo con el objetivo de determinar y relacionar cambios regionales en las tendencias granulométricas, además se recolectaron 86 muestras, las cuales se clasificaron textural y composicionalmente en muestra de mano según Folk (1974). Por medio de esto se determinaron tendencias en los patrones de apilamiento de los sedimentos, los cuales, en conjunto con cambios en la diversidad de facies y asociaciones de facies, fueron usados para definir cambios regionales en el espacio de acomodación (Silva *et al.*, 2008) y para determinar su ambiente de depositación.

5.2 Petrografía.

Se colectaron, procesaron y analizaron 11 muestras de arenisca de la sub-cuenca Santa fe de Antioquia. Se seleccionaron para la elaboración de las secciones delgadas aquellas que presentaban más consolidación y estabilidad, para así garantizar una buena preparación de las muestras y obtener resultados más confiables para la investigación. Además se hizo necesario la utilización de un método de tinción con sodio cobaltinitrito para la identificación de feldespatos y epóxido azul para porosidad.

La fase analítica se llevó a cabo en el Laboratorio Petrográfico del Instituto de Investigación en Estratigrafía de la Universidad de Caldas y consistió en la descripción textural, reconocimiento del material intersticial, el análisis de la composición mineralógica, clasificación de la roca de acuerdo a lo establecido por Folk (1974) y la descripción de propiedades importantes de los minerales. Se tomaron en cuenta un promedio de 400 puntos por cada sección delgada y se creó



un formato especial para la recolección de información y observaciones de las muestras trabajadas (**Figura 5**). Luego se generó el cálculo para plotear los datos en los triángulos de clasificación composicional y en los de ambientes de procedencia. Se usó del programa TriDraw para graficar los resultados en los Diagramas ternarios presentados por Folk (1974), Dickinson (1985) e Ingersoll (1979). Las desviaciones en las características petrográficas de las areniscas fueron utilizadas para apoyar la caracterización estratigráfica además de relacionarlas a los principales cambios en las propiedades estratigráficas y constatar los cambios en el ambiente tectónico.

		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No.	Clasificación	4. Matriz:		
1. Tamaño de grano:		5. Madurez:		
2. Selección:		6. Textura:		
3. Redondez:		7. Contacto Entre Granos:		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino:	Potásico:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino:	Plagioclasa:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas:	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:	Dacitas:	Cemento Pelicular:	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquistos:	Granitos:	Cemento Pelicular:		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita:	Biotita:	Características Petrofísicas		
Clorita:		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:		
Arcillas intergranulares:	Clinozoisita:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota:	POROSIDAD SECUNDARIA		
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:	
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular:	Fenestral	
Detríticos Opacos:	Minerales Pesados:	Moldica:		
OBSERVACIONES:				

Figura. 5 Imágenes del Formato utilizado para el Reporte y análisis de las Secciones delgadas de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia



5.3 Minerales Densos

Son aquellos minerales esenciales o accesorios en las rocas que se identifican por presentar altas densidades. Estos minerales han sido erosionados y transportados a través del tiempo, y se encuentran en rocas sedimentarias como agregados conservando sus características primarias. El método de minerales densos, es útil para la determinación de procedencia, el rastreo de las rutas de transporte sedimentológico, además, indica la acción particular de regímenes hidráulicos, localiza depósitos potencialmente explotables y ayuda al entendimiento de procesos biogénicos.

Para el análisis de minerales densos se debe tomar en consideración tres parámetros importantes. I) El factor hidráulico II) El factor de disolución III) El Factor de abrasión; ya que estas propiedades son importantes en el momento de dar un resultado frente al análisis de granos pesados, pues modifican la morfología y las características del mineral, y pueden generar pérdidas importantes de datos para determinar la proveniencia de los detritos.

Para obtener un buen análisis, es necesario tomar un muestreo exacto que sea cuidadoso y meticuloso. Para éste estudio fue necesario analizar 25 muestras de areniscas cada una con un peso más o menos de 100 g, estas muestras fueron disgregadas manualmente, tamizadas, lavadas, secadas y debidamente rotuladas, las partículas más finas fueron removidas de las arenas sueltas y para la separación de los minerales pesados existentes, se tomaron líquidos con densidades entre el 2,8 y 3,3 g/cm³ acompañado del método de Sedimentación Gravitacional o Separación Embudo, dando lugar a una mezcla entre el material detrítico y el líquido de densidad que seguidamente fue sometido a un lavado con alcohol etílico para la eliminación de los residuos y la generación solo del material particulado; cuando ya se obtuvo la muestra limpia después de una etapa de secado, se añadió el material a una placa usando resina, el residuo se esparció



por toda la placa, se cubrió con un porta objeto y posteriormente se llevó a un microscopio petrográfico para su análisis.

Luego de la determinación del tipo de mineral pesado, los resultados fueron ploteados en un diagrama de barras apiladas y un diagrama pastel para observar la tendencia de la sedimentación y de esta manera llevar a cabo una comparación con la geología regional del país, permitiendo la determinación de las posibles áreas fuentes para la sedimentación de la Cuenca Amagá. Se determinan posibles rocas fuente siguiendo el resumen de la **Tabla 1**.

MINERALES PESADOS				
MINERAL	COMPOSICIÓN	GRAVEDAD ESPECIFICA (g/cm ³)	ROCAS ASOCIADAS MAS COMUNES	RESISTENCIA
Circón	ZrSiO ₄	4.6-4.7	Rocas Igneas especialmente en Granitos, Granodioritas, Monzonitas y Sienitas	Ultraestable
Turmalina	(Na,Ca)(Al,Fe,Li)B ₃ Al ₃ (AlSi ₂ O ₉)(O,OH,F) ₄	3.0-3.25	Frecuentemente en Pegmatitas Graníticas, como material accesorio en rocas igneas y metamórficas	Ultraestable
Rutilo	TiO ₂	4.18-4.25	Granitos, Pegmatitas Graníticas, Gneis, Esquistos Micáceos, Calizas Metamórficas y Dolomitas	Ultraestable
Apatito	Ca ₂ (F,Cl,OH)(PO ₄) ₃	3.15-3.20	Mineral accesorio de rocas igneas y metamórficas, asociado a Filones Hidrotermales y en aureolas de Metamorfismo de Contacto	Estable
Biotita	K(Mg, Fe ²⁺) ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	3,09	Rocas Igneas y Rocas Metamórficas	Inestable
Moscovita	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂	2,83	Rocas Igneas, Sedimentarias y Metamórficas	Inestable
Zoicita	Ca ₂ Al ₃ Si ₃ O ₁₂ (OH)	3,3	Rocas de Metamorfismo Regional de grado Medio	Moderadamente Estable
Clinzoicita	Ca ₂ Al ₃ O(SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH)	3,23	Rocas de Metamorfismo Regional de Grado Bajo a Medio, asociado también a Aureolas de Contacto	Moderadamente Estable
Clorita	(Mg,Fe) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ (Mg,Fe) ₃ (OH) ₆	2,6 - 3,3	Rocas Metamórficas en facies Esquisto Verde o Asociado a Alteraciones de silicatos que contienen Aluminio, Hierro Ferroso y Magnesio	Estable
Epidota	Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	3.35-3.45	Metamorfismo Regional en facies Anfibolita-Epidota, Facies Esquistos Verdes	Moderadamente Estable
Granate	Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	4.25	Asociado a Rocas Metamórficas como esquistos micáceos, esquistos hornblendicos, gneis y algunas rocas igneas	Estable
Ortopx	(Ca,Mg,Fe,Mn,Na,Li)(Al,Mg,Fe,Mn,Cr,Sc,Ti)(Si,Al) ₂ O ₆	3.5	Rocas Igneas Maficas	Inestable
Augita	Ca(Mg,Fe,Al)(Al,Si) ₂ O ₆	3.2-3.4	Lavas Basálticas e intrusivas, peridotitas, gabros y andesitas	Inestable
Hornblenda	Ca ₂ Na(Mg,Fe) ₄ (Al,Fe,Ti) ₃ Si ₆ O ₂₂ (O,OH) ₂	3.2	Constituyente de rocas igneas y metamórficas de grado medio, mineral común de Dioritas y Sienitas	Inestable
Oxihornblenda	NaCa ₂ Fe ₄ Fe(AlSi ₇)O ₂₃ (OH)	3.2	Rocas Volcanicas	Inestable

Tabla 1 Resumen de las Principales Características de los minerales encontrados en las secciones de minerales densos tomado de Danna, 1992



5.4 Análisis de circones detríticos.

3 muestras de sedimento de la Formación Amagá y una muestra tomada de los sedimentos siliciclásticos que suprayacen la unidad (cada una de un peso de 100 gramos), fueron recogidos por muestreo en la sección comprendida del Municipio de San Jerónimo. La mayoría de las muestras pertenecen a sedimentos arenosos ricos en cuarzo. Los circones se extrajeron mediante procesos de separación de minerales pesados convencionales y luego fueron segadas a mano bajo un microscopio binocular.

Los análisis de circones detríticos se desarrollaron en Washington State University, Estados Unidos por el método LA-MC-ICP-MS. Consta de afectaciones laser de una frecuencia de 7.0- 10.0 Hz y una energía del 30-36 % Ca que generan micro puntos sobre los granos de circón lo cual crea un desprendimiento de material gaseoso que combinado con He viaja en un plasma el cual determinara las proporciones de iones encontrados en el mineral que al final fijan la edad posible de éste cristal (Bernhard Bühn, 2009). El procesamiento de los datos obtenidos se filtró estadísticamente mediante el Programa ISOPLOT. Edades de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ y $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ se emplearon para la construcción de fracciones de densidad de probabilidad.

Luego de obtenido los resultados se determinó la mayor población de circones y se comparó con la **Tabla 2** para adquirir un acercamiento más apropiado a la proveniencia de la Formación Amagá para la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo.

CIRCONES			
UNIDAD	TIPO DE ROCA	EDAD (M.a)	AUTOR
Complejo Cajamarca	Gneiss	238–582 (12)	
Batolito Ibague	Granodiorita	166.0± 10.0 (5)	
Batolito Ibague	Granito	169.6± 2.4 (20)	
Cajamarca Complex	Quartzita	231–1163 (30)	
Quebrada Grande	Toba	114.3± 3.8 (7)	
Pluton de Cordoba	Granodiorita	79.7± 2.5 (13)	
Batolito de Buga	Granodiorita	92.1± 0.8 (43)	
Formacion Volcanica	Gabro	99.7± 1.3 (16)	
Unidad La Miel	Gneiss	450–1811 (40)	
Batolito de Antioquia		87.2± 1.6 (16)	
Batolito de Antioquia		93.5± 1.5 (14)	
Granito Permian	Granito	271.9± 3.7 (25)	
Batolito de Buga	Dorita	90.6± 1.3 (20)	
Complejo Ultramafico Bolivar	Pegmatita	95.5± 1.1 (22)	
Complejo Ultramafico Bolivar	Pegmatita	97.1± 2.0 (18)	
Formacion Cisneros	Toba Litica	75.5± 1.6 (29)	
Formacion Combia	Ceniza	5,34 ± 1,4	
Stock Cambumbia	Diorita-tonalita	233.41 ± 3.4	
Batolito de Farallones		11.0 - 12.0	Calle (1980)
Stock de Altavista	Rx Basica	96 ± 0.39	
Stock de Altavista	Rx acida	87 ± 0.53	Correa, 2006
Esquistos verdes de sabaleta	Esquistos Actinolíticos	72 ± 5	
Diorita de Pueblito	Granitoides	233 - 236	
Ortoneis de La Miel		380 ± 8 - 410 ±10	
Monzogranito de Amaga		228±4.5	Vinasco et al, 2006
Complejo Arquia		113 ± 5	Restrepo y toussaint 1976
Litodema Cuarzoso Quebrada Grande		220-300,440-600,1000-1100	Pardo, 2011
Vulcanitas del Quebrada Grande		95, 115,220,270, 460 - 500	Pardo, 2011
Stock de Amaga		228 ± 5	Vinasco et al., 2006)

Tabla 2. Resumen de las Principales edades de Circones detríticos para la asociación de procedencia de la Formación Amagá (Modificado de Villagómez et al, 2011)



6. RESULTADOS

6.1 Rasgos Sedimentológicos y Estratigráficos

6.1.1 Sección Estratigráfica La Zanja – Margen Norte del Río la Seca

La sección estratigráfica de la Zanja, localizada en la margen norte del río La Seca (**Figura 6**), tiene un espesor de 56 metros. Ésta sección consta de estratos sedimentarios sub-horizontales, los cuales reposan discordantemente sobre un basamento ígneo-metamórfico. El registro sedimentario consiste principalmente de arenitas de composición subarcosica, con tamaños de grano grueso a fino. Los estratos están caracterizados por mostrar una baja diversidad facial. Ésta sección exhibe segmentos centimétricos de conglomerados polimícticos altamente amalgamados, compuestos por clastos de cuarzos, cuarcitas y esquistos de tamaños variables (**Figura 6**).

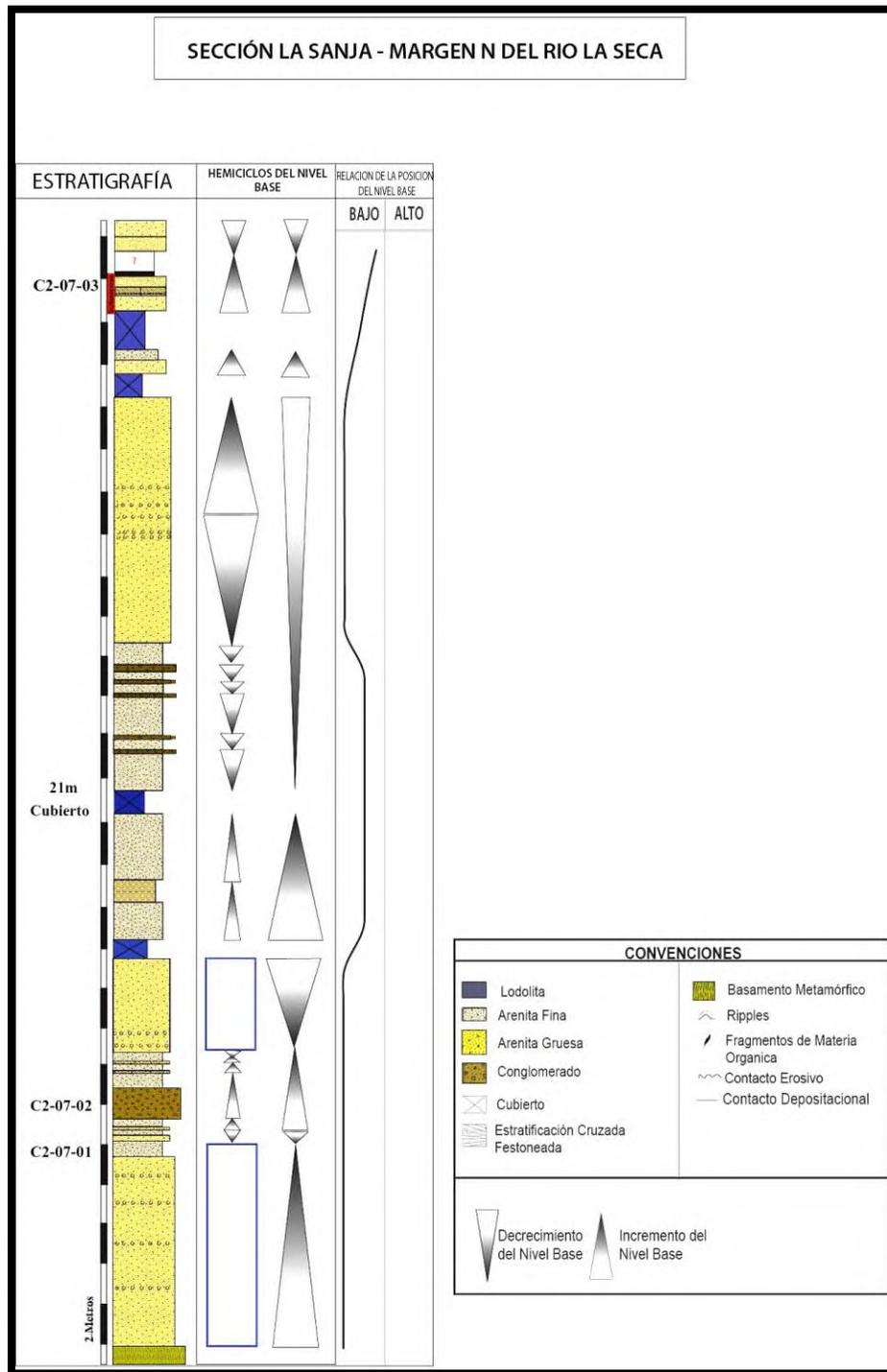


Figura 6 Sección estratigráfica de la Zanja, localizado al margen norte del Río Cauca, correspondiente a la unidad 1 de la sub-cuenca Santa fe de Antioquia.



6.1.2 Sección Estratigráfica del Puente de Santa Fe de Antioquia

La sección del Puente de Santa Fe de Antioquia tiene un espesor de 326 metros. Ésta sucesión consiste de arenitas basales de grano fino y de composición subarcosica, intercaladas con lutitas abigarradas. Es común en éste intervalo, las capas con espesores centimétricos de material fino rico en materia orgánica, las cuales gradan hacia al techo de la sección a arenitas de composición subarcosicas con tamaños de grano grueso principalmente. Algunos segmentos de poco espesor están compuestos de conglomerados polimícticos fuertemente amalgamados. En la sección del Puente son observadas facies sedimentarias tales como: Estratificación cruzada festoneada, estratificación plana paralela, estratificación inclinada y una alta presencia de paleocanales (**Figuras 7, 8, 9 y 10**).

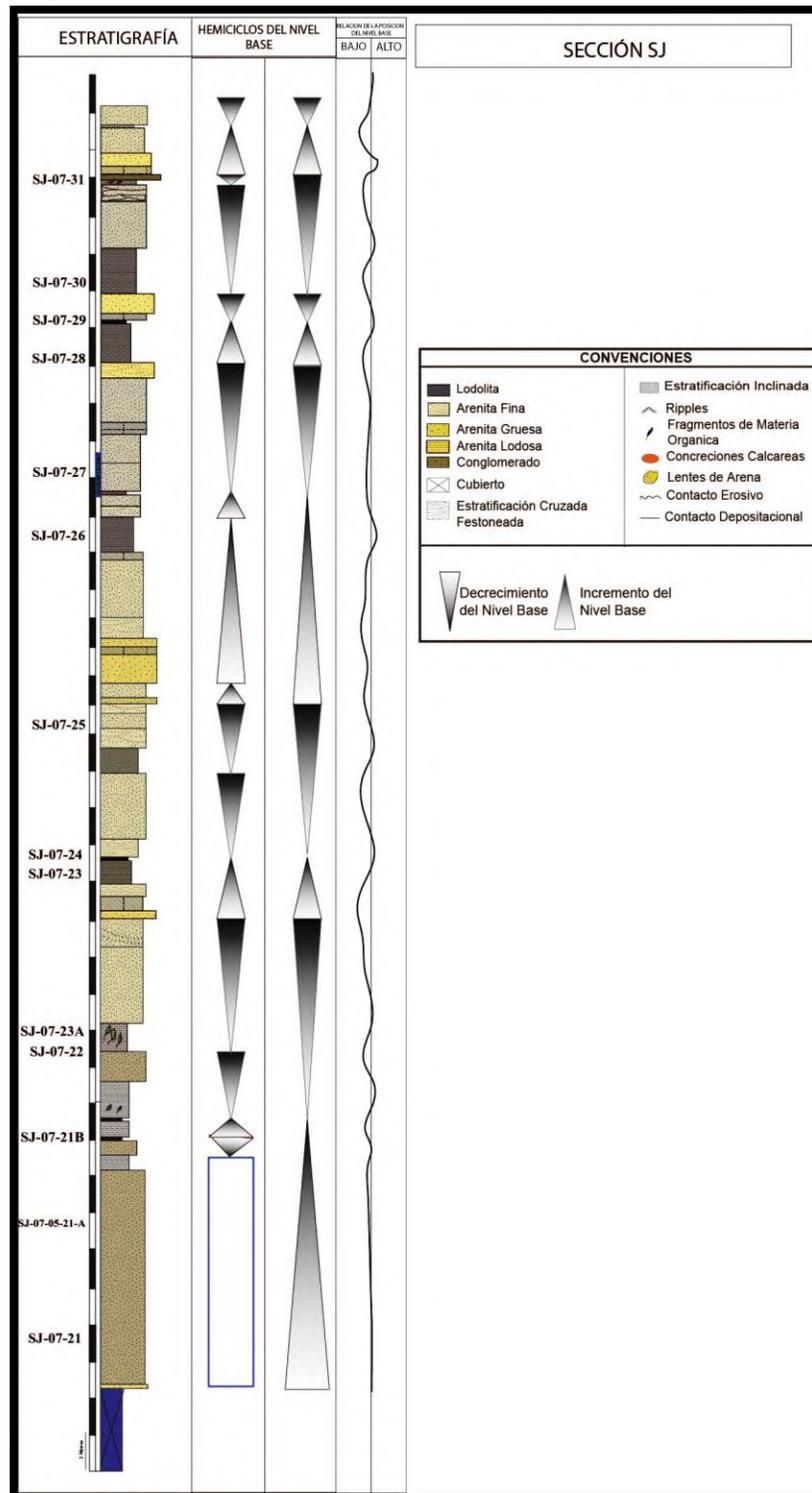


Figura 7 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2, caracterizada por presentar arenas con estratificación cruzada festoneada, limonitas con estratificación laminar y concreciones calcáreas.

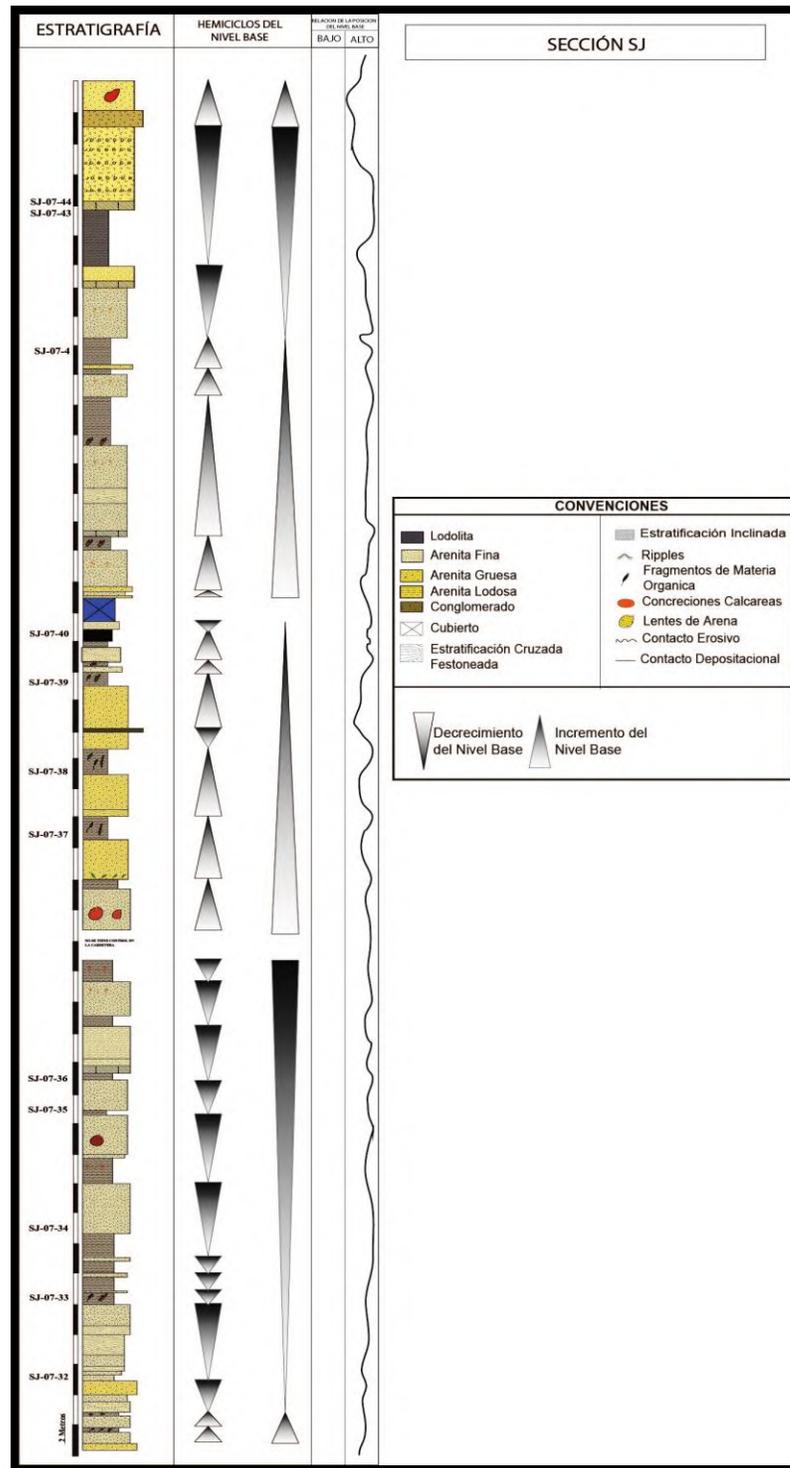


Figura 8 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2, caracterizada por presentar hacia su base lutitas y arenas de grano fino.

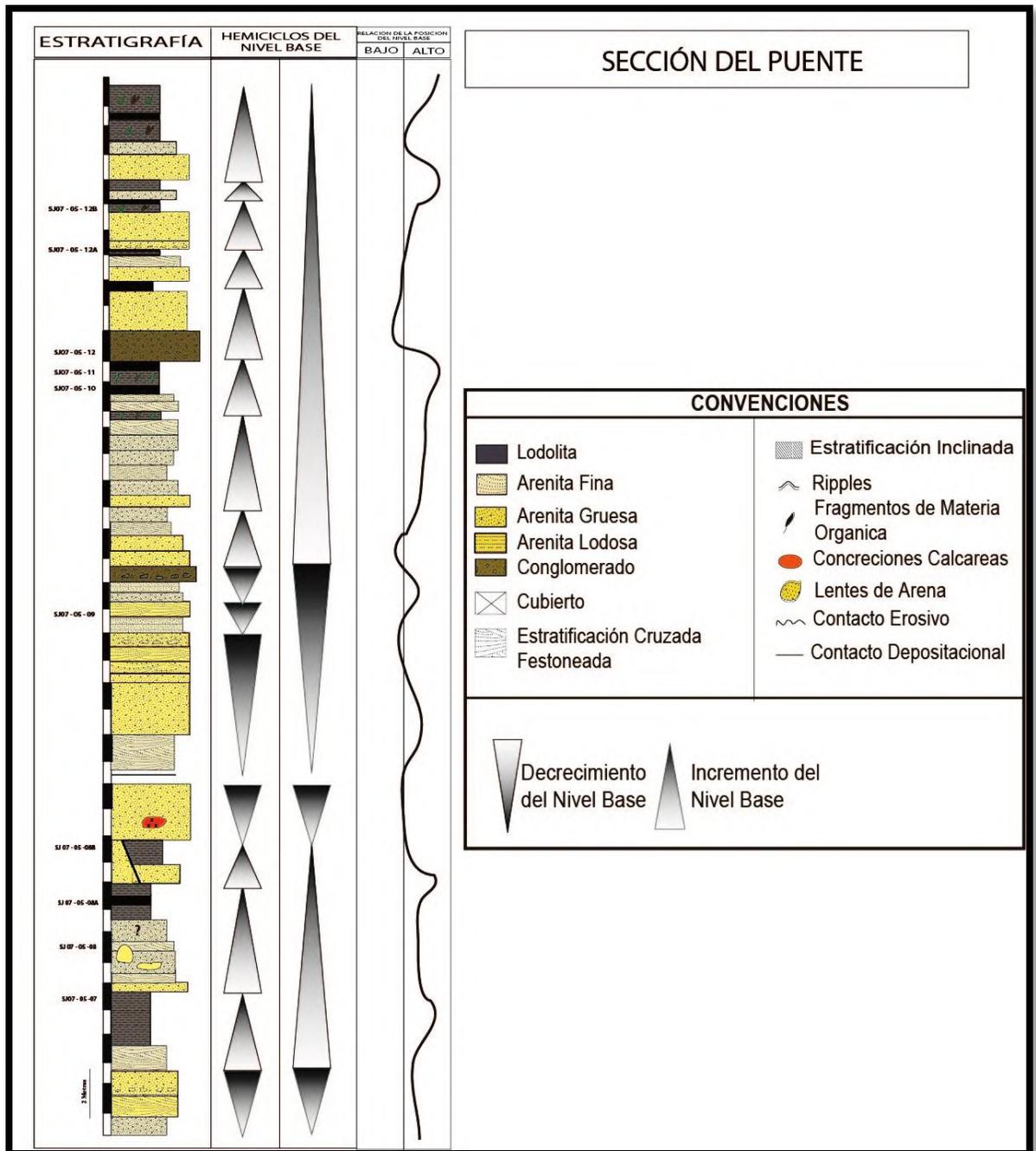


Figura 9 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2, caracterizada por presentar hacia al techo arenas de grano fino evolucionando a grueso, con capas centimétricas de carbón y areniscas con estratificación festoneada cruzada.

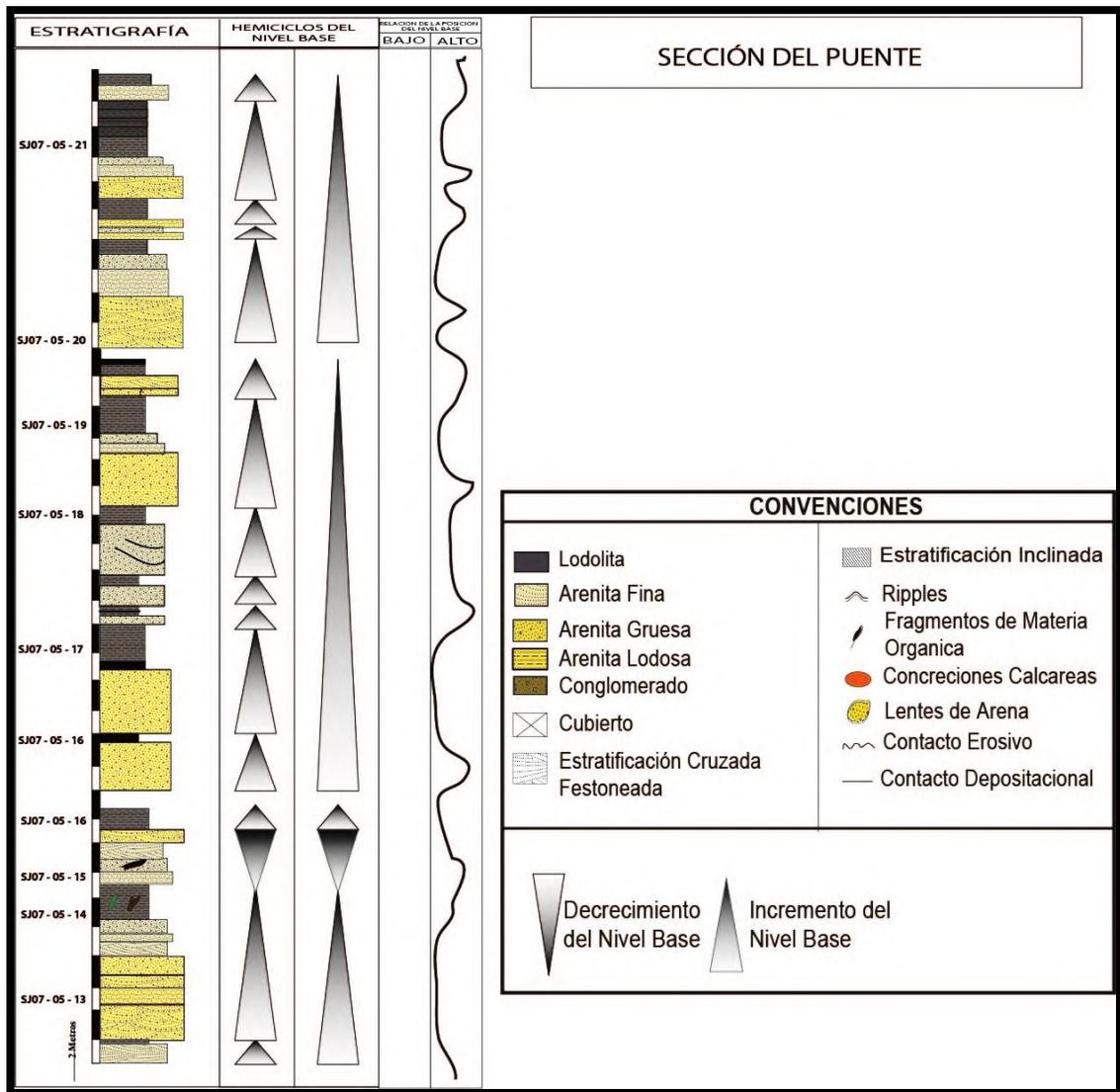


Figura 10 Sección estratigráfica del puente Santa fe de Antioquia perteneciente a la unidad 2, caracterizada por presentar hacia al techo arenas de grano fino, con capas centimétricas de carbón y lutitas con restos vegetales bien preservadas.



6.1.3 Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca.

La **Figura 11** muestra la sección de San Nicolás, la cual presenta un espesor de 56 metros y está compuesta principalmente por litoarenitas feldespáticas consolidadas de tamaños de grano variables entre gruesos y finos. Las areniscas presentan estratificación cruzada festoneada, además de importantes concreciones calcáreas. Las arenitas arcósicas están intercaladas con lutitas abigarradas de coloraciones verdosas y grises, con restos de plantas especialmente tallos y hojas mal conservadas. Esta sección se caracteriza por presentar estratos de limolitas ricas en materia orgánica con vestigios de material vegetal bien preservado, i.e hojas, polen y tallos.

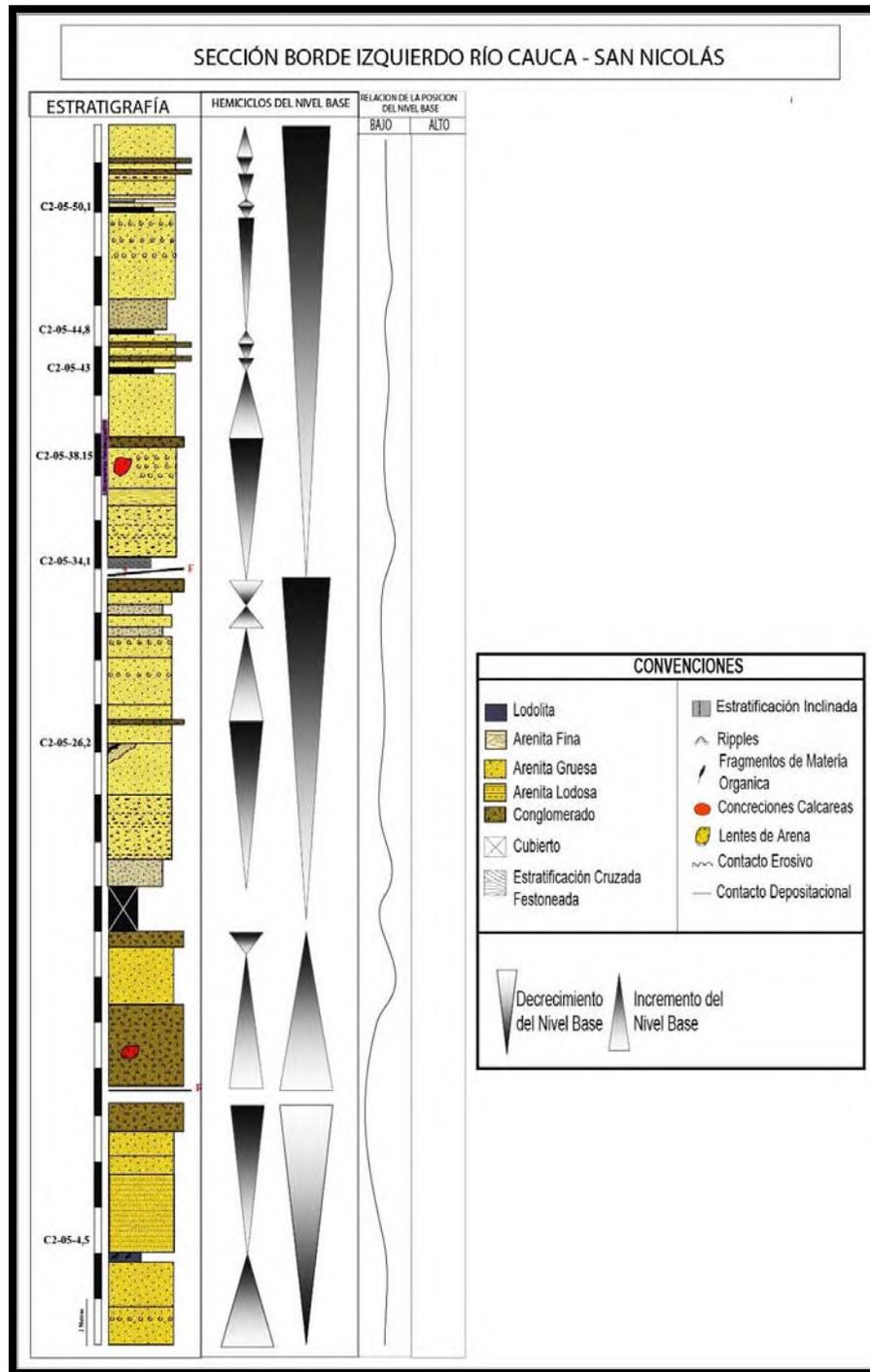


Figura 11 Sección estratigráfica de San Nicolás, localizada al margen izquierdo del Río Cauca perteneciente a la unidad 3, caracterizada por presentar arenas de grano grueso y centimétricas a métricas capas de conglomerados.



6.1.4 Sección Estratigráfica de la Quebrada La Nuarque

La sección de la Quebrada la Nuarque, posee un espesor de 116 metros, el cual se caracteriza por presentar litoarenitas a cuarzo arenitas, de tamaños de granos finos a gruesos y una pobre diversidad de facies. Es común la presencia de paleocanales altamente amalgamados con estratificación plana paralela. En algunas capas de arenitas de la secuencia estratigráfica de la Quebrada La Nuarque se observan niveles de limolitas verdes con restos vegetales mal conservados. **(Figuras 12 y 13)**

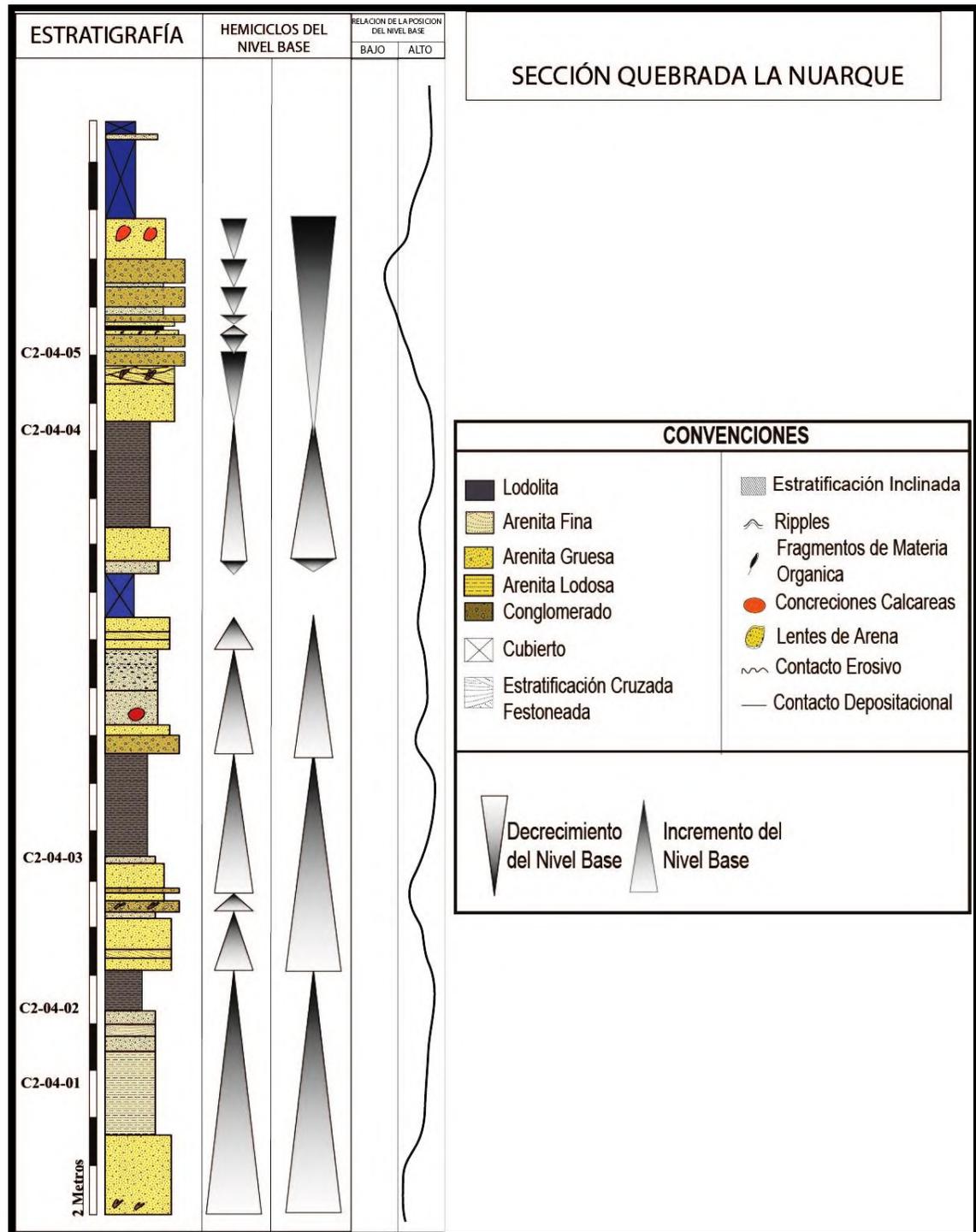


Figura 12 Sección estratigráfica de la Quebrada la Nuarque correspondiente a la unidad 4, caracterizada por presentar hacia su base lutitas y arenas de grano fino y evolucionando a grueso.

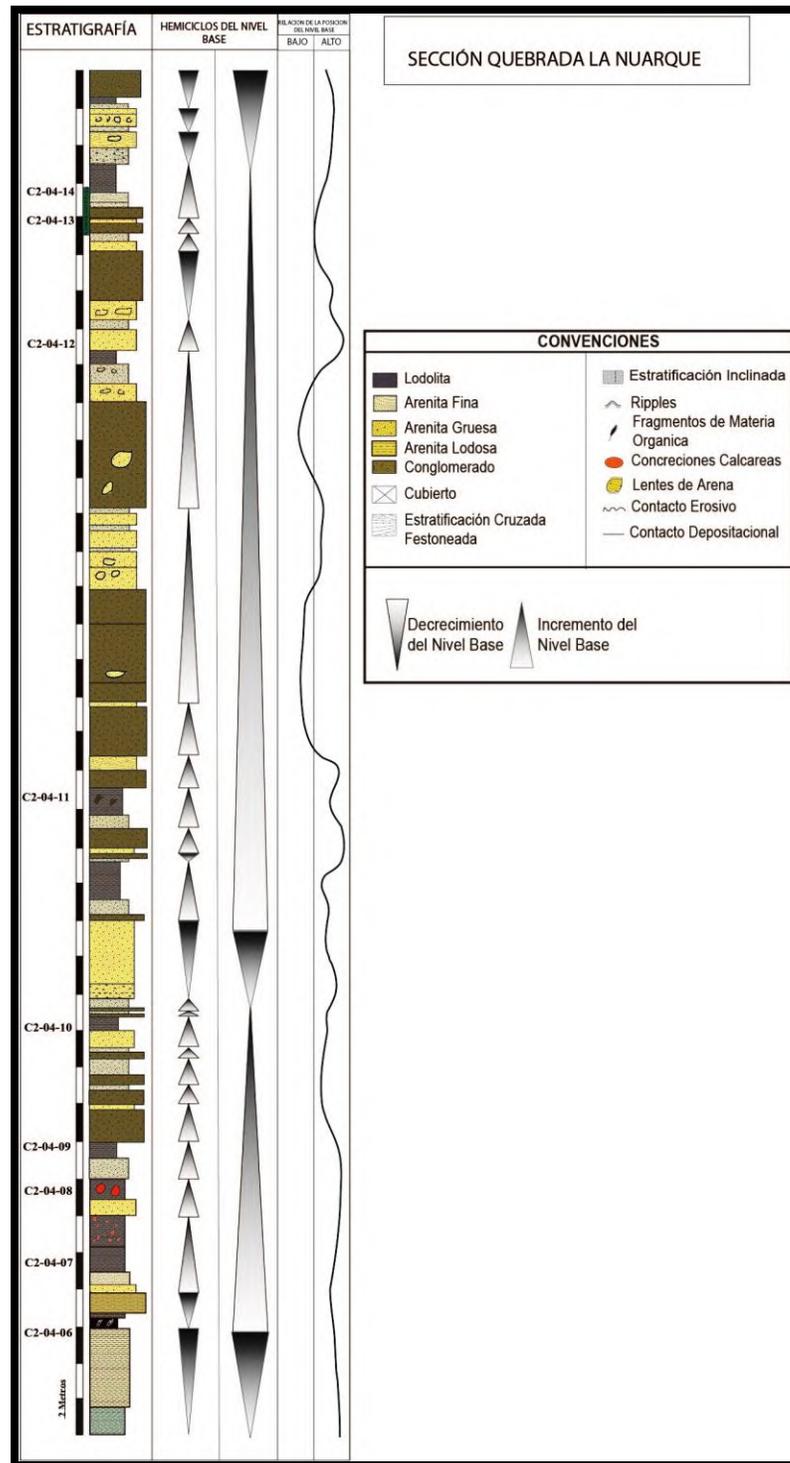


Figura 13 Sección estratigráfica de la Quebrada la Nuarque correspondiente a la unidad 4, caracterizada por presentar hacia su base lutitas y arenas de grano fino y evolucionando a grueso con concreciones calcáreas.



6.1.5 Sección Estratigráfica de la Quebrada Guadacú (Municipio de San Jerónimo).

La sección Quebrada Guadacú presenta 72 metros de espesor y se encuentra constituida predominantemente por litoarenitas de color crema de tamaño de grano grueso (**Figura 14**). En la parte media de la sección de la Quebrada Guadacú algunas areniscas son de color azulado. Tanto las arena de color crema y las de tonalidades azulosas se caracterizan por ser altamente friables, propiedad que se hace continúa a lo largo de la secuencia estratigráfica. Cabe mencionar que las arenitas presentes en el área de estudio se caracterizan por mostrar en algunos sectores, intraclastos de lodo, concreciones calcáreas, restos de material vegetal pobremente conservado y canales amalgamados altamente agradacionales con superficies erosivas.

Los conglomerados del área superior de la sección Guadacú, se caracterizan por presentar areniscas conglomeráticas compuestas por fragmentos de cuarzo, además de líticos sedimentarios, metamórficos y de diferentes tipos de rocas volcánicas como tobas andesíticas. Estos conglomerados se identifican por tener formas lenticulares y un alto grado de amalgamiento. En ocasiones están intercalados con niveles delgados de limonitas y lutitas grises que presentan madera carbonizada de tamaño considerable y hojas mal conservadas.

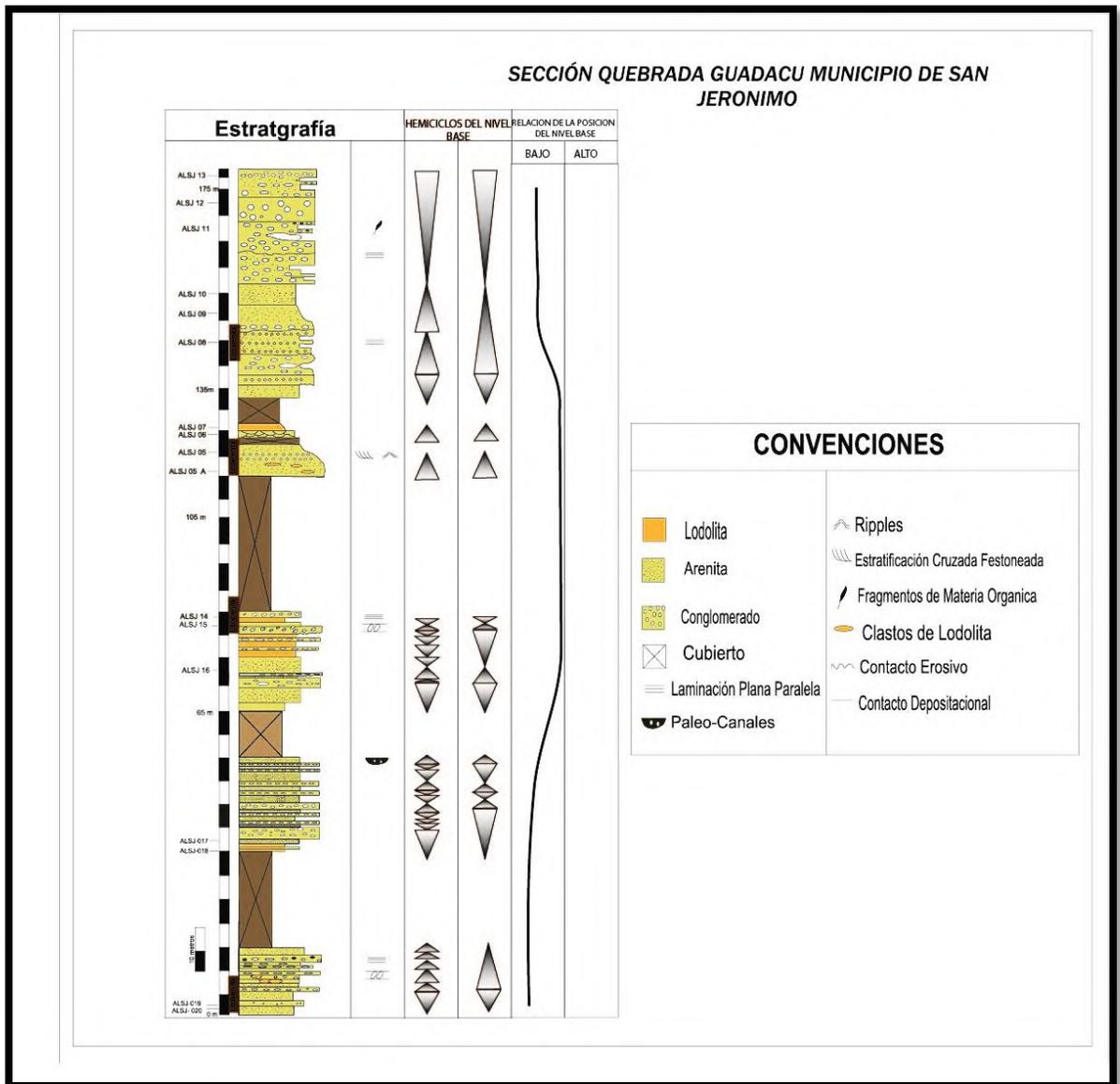


Figura 14 Sección estratigráfica de la Quebrada Guadacú perteneciente a la unidad 4, caracterizada por estar compuesto de arenas de grano grueso, además de centimétricas a métricas capas conglomeráticas.

6.1.6 Sección Estratigráfica de Sabana Larga

La sección estratigráfica de Sabana Larga (**Figura 15**) tiene un espesor de 60 metros. Muestran como característica fundamental la presencia de conglomerados del orden de metros. También presenta arenas de tamaños gruesos altamente amalgamadas y baja presencia en las facies sedimentarias de tamaño fino.

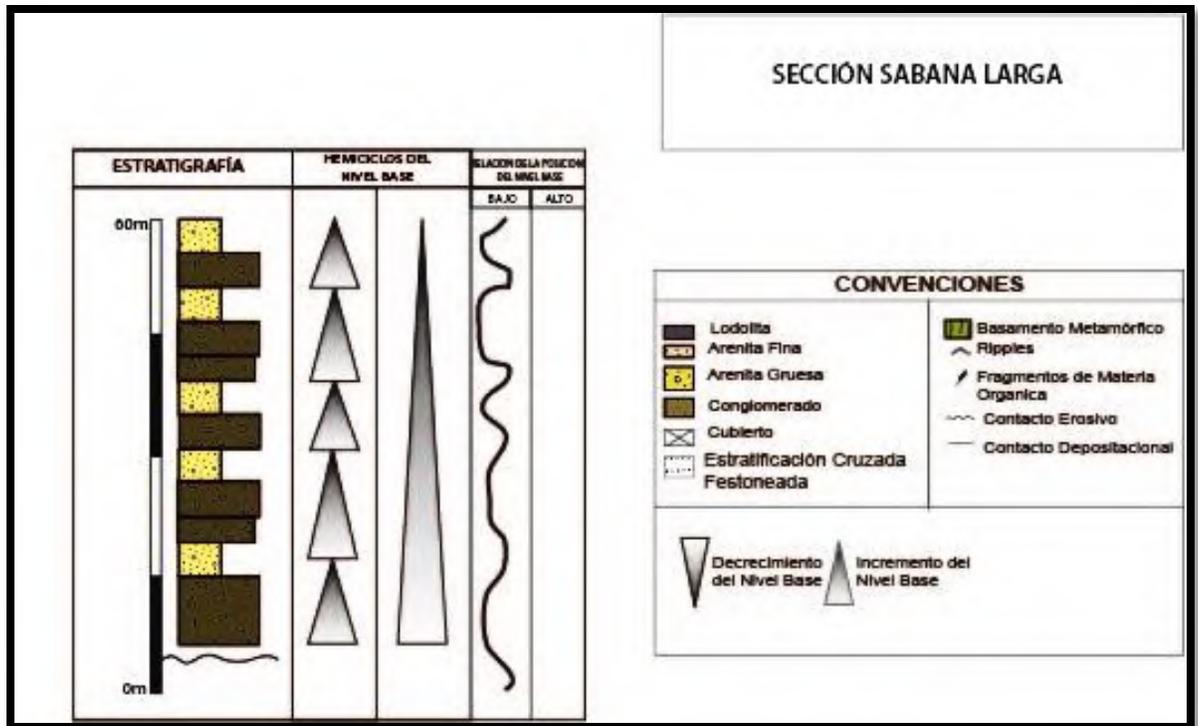


Figura 15 Sección estratigráfica de Sabana Larga perteneciente a la unidad 4, caracterizada por presentar un alto predominio de capas conglomeráticas.

6.2 PETROGRAFÍA.

11 Muestras de arenisca de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia- San Jerónimo fueron analizadas y ploteadas en los diagramas de Dickinson (1985), Folk (1974) e Ingersoll y Suczek (1979). Se realizó el reconocimiento textural, composicional y diagenético de las diferentes muestras. La descripción relevante de propiedades importantes de los minerales observados en las secciones delgadas se resume en la **Tabla 3**.

CODIGO	NOMBRE	OBSERVACIONES
Qm	Cuarzo Monocristalino	Cuarzo con extinción ondulante, fracturados, algunos fragmentos presentan bahías en sus bordes y corrosión por carbonatos.
Qp	Cuarzo Policristalino	Los tamaños de granos son predominantemente arena fina, algunos con contactos cóncavos/convexos y suturados además de granos con pequeña orientación y alargamiento de minerales en una dirección preferencial
Ch	Chert	Variiedad micro cristalina y tipo calcedonia de sílice con una textura bastante homogénea y de aspecto sucio en nicoles paralelos
Fk	Feldespató Potásico	Presentan tinción amarilla en nicoles paralelos. Tabulares con bordes subangulares a angulares algunos presentan claramente el maclamiento de la Microclina
Fp	Feldespató Plagioclasas	Presencia de diferentes grados de meteorización incluyendo fragmentos euhedrales a subeuhedrales tabulares maclados y algunos casos con superficie sericitizada sobre el cristal.
Lme	Lítico Metamórfico tipo Esquisto	Fragmentos líticos bandeados con micas y algunos con cristales de cuarzo orientados en una dirección preferencial. Los granos son subangulares a subredondeados . Algunos de estos granos presentan componentes grafitosos sobre la dirección de bandeamiento
Ls	Líticos sedimentarios	Fragmentos líticos granulares con presencia de cuarzo en gran cantidad, algunos presentan buena selección y baja proporción de arcilla, varían de sub redondeados a redondeados. En las secciones de San jerónimo se pudo observar un aumento considerable en Líticos sedimentarios tipo Limo de colores pardos oscuros.
Lp	Líticos Plutónicos	Fragmentos líticos bastantes corroídos y alterados, algunos son difíciles su reconocimiento debido a su presentación no homogénea dentro de la sección. Compuestas esencialmente por plagioclasas, cuarzo y feldespató potásico.
Lv	Líticos Volcánicos	Fragmentos con texturas porfíricas en la que se distinguen cristales embebidos en una matriz, algunos con alta presencia de Anfíboles con alteración a Clorita y plagioclasas. Sus bordes son subangulares.
Om	Otros minerales	La sección se caracterizó por presentar fragmentos de minerales metamórficos como lo es la Clinozoisita/Zoisita la cual se observó de forma subeuhedral, minerales ígneos como lo son el olivino y el piroxeno con sus caras bien definidas, además de clorita y mica moscovita con deformación mecánica.

Tabla 3 Descripción del armazón.



6.2.1 Características Petrográficas de las Secciones Estratigráficas de la Zanja – Margen Norte del Rio la Seca y el Puente de Santa Fe de Antioquia

Dos areniscas fueron analizadas en las secciones estratigráficas de la Zanja y la sección del Puente de Santa Fe de Antioquia. Estas areniscas (muestras C2-0703-32, SJ-07-27) tienen una composición de subarcosa según Folk (1974) (**Figura 16 y 25**), con una morfología angular a subangular. Se presenta cuarzo monocristalino (Qm) con bahías hacia sus bordes y extinción ondulante (**Tabla 3**), además se observan fragmentos de cristales de plagioclasas y feldespatos potásicos con tinción amarilla de sodio cobaltinitrito. (**Tabla 3**). En sus características texturales muestra una clara evidencia de ser areniscas inmaduras por presentar porcentaje de arcilla mayor al 5%, además texturalmente están entre arenas finas a medias. Se observa reemplazamiento de cuarzo por carbonato, contactos cóncavos/convexos y mica con deformación mecánica. (**Anexos 1**)

6.2.2 Características Petrográficas de la Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca

En la sección de San Nicolás se analizó una muestra de arenisca, la cual se caracteriza por estar constituida por minerales como Qm (Cuarzo Monocristalino), Qp (Cuarzo Policristalino), Fp (Feldespato Plagioclasa) y Fk (Feldespato Potásico) en menor cantidad y un buen porcentaje de Ls (Lílicos Sedimentarios) (**Ver Tabla 3**). Estos componentes sugieren una composición de Litoarenita Feldespática (Folk, 1974) (C2-05-38.15). En sus características texturales está entre arenitas de tamaño fino a medio, con una morfología subangular. Ésta litoarenita Feldespática



se caracteriza por presentar alto contenido de cemento carbonatado en los intersticios de los minerales. **(Anexos 1)**

6.2.3 Características Petrográficas de la Sección Estratigráfica de Quebrada la Nuarque

Las areniscas de la sección Quebrada la Nuarque son principalmente cuarzoarenitas a sublitoarenitas de tamaño de grano grueso **(Figura 16 y 25)**. Éstas areniscas presentan alto grado de compactación, además de un predominio de contactos longitudinales puntuales y cóncavos/convexos. Estas rocas presentan procesos de cementación pelicular poiquilotópica preferencialmente en carbonatos que en algunos casos se ve reemplazando al cemento silíceo, siendo de baja proporción del cemento sintaxial en el silíceo y de forma pelicular en el ferruginoso, la fase de reemplazamiento esta evidenciada en el cambio de cuarzo y plagioclasas por carbonato y un neomorfismo agradante de las arcillas y carbonatos. **(Anexos 1)**

6.2.4 Características Petrográficas de la Secciones de la Quebrada Guadacú (Municipio San Jerónimo) y Sabana Larga

Las areniscas de las secciones Quebrada Guadacú y Sabana Larga son principalmente litoarenitas (Muestras Alsj-08, Alsj-13, Alsj-14, Alsj 19) de tamaño de grano grueso **(Figura 16 y 25)**. Estas areniscas presentan alto grado de compactación y contactos principalmente cóncavos/convexos. Una de las características importantes que se observó en el análisis, es la presencia de matriz arcillosa alcanzando hasta el 30% de total de la muestra. Las litoarenitas se

caracterizaron por presentar, corrosión de cuarzos y plagioclasas por carbonatos, deformación mecánica en micas, cloritización de líticos ígneos y micas, y pigmentación de óxidos de hierro (hematita) en detritos como plagioclasas, micas, cemento carbonatado y líticos. (**Anexos 1**).

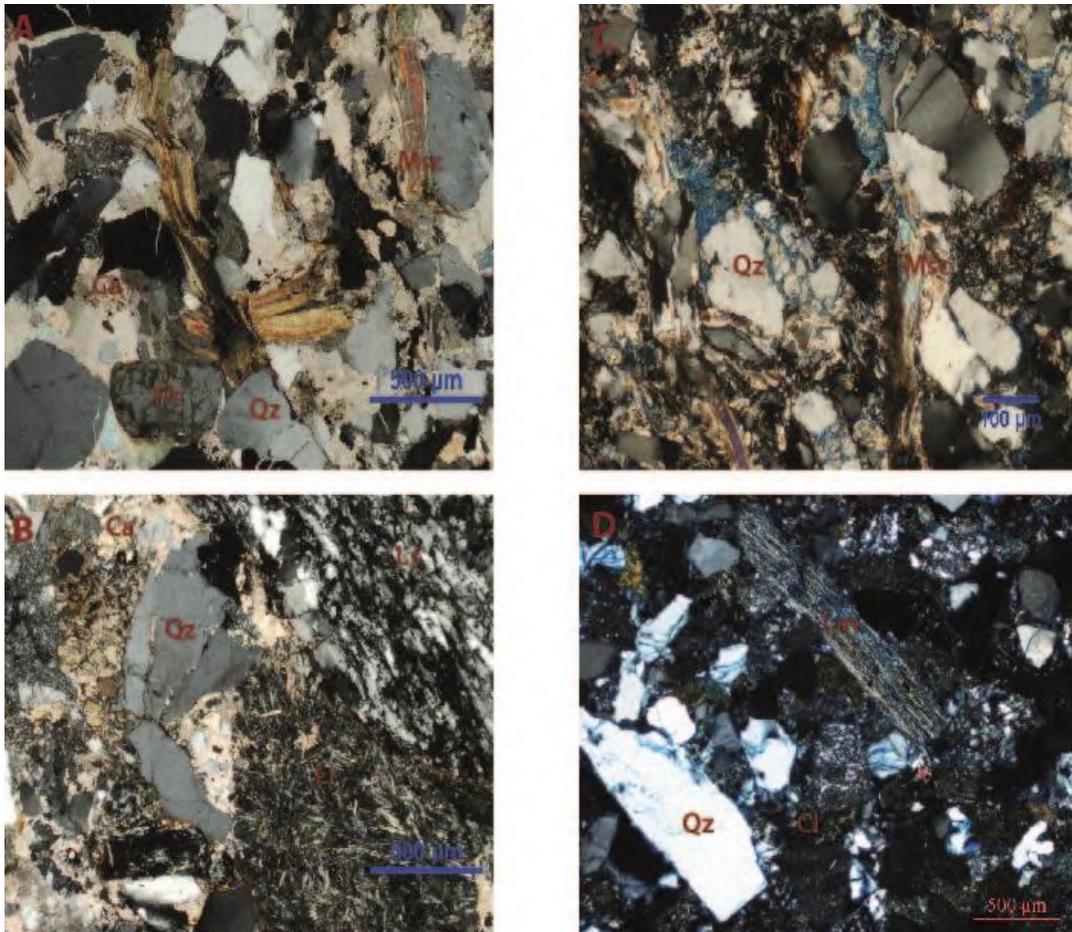


Figura 16 Microfotografía de los Análisis petrográficos realizados para detritos de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia. A) Sección delgada denominada Sj 07-27 (Unidad 1) donde se puede observar corrosión de carbonatos a cuarzos, cloritización de micas biotitas, y fracturamiento en granos de plagioclasa y cuarzos. B) Sección delgada denominada C2-05-38.15 (Unidad 3) se observan en la parte inferior derecha líticos plutónicos, en la parte superior derecha lítico sedimentarios cuarzoso con presencia de materia orgánica, corrosión de cuarzos por carbonatos y alto fracturamiento en minerales C) Sección delgada denominada C2-04-16 (Unidad 3) se observa alta presencia de arcilla de color amarillo de forma pelicular, granos de cuarzo con contactos cóncavos-convexos y micas cloritizadas. D) Sección delgada denominada ALSJ-08 (Unidad 4) se observan granos metamórficos subredondeados, cuarzo monocristalino subangulares y presencia de cemento silíceo

6.3 MINERALES PESADOS

14 muestras de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia- San Jerónimo fueron procesadas y analizadas para determinar los porcentajes de minerales pesados, cada uno de los resultados se plotearon en un diagrama apilado que muestra la evolución de porcentajes de minerales densos para la sub-cuenca (**Figura 17**). Además 4 secciones de las muestras recolectadas fueron analizadas para geocronología. Ver anexo 2.

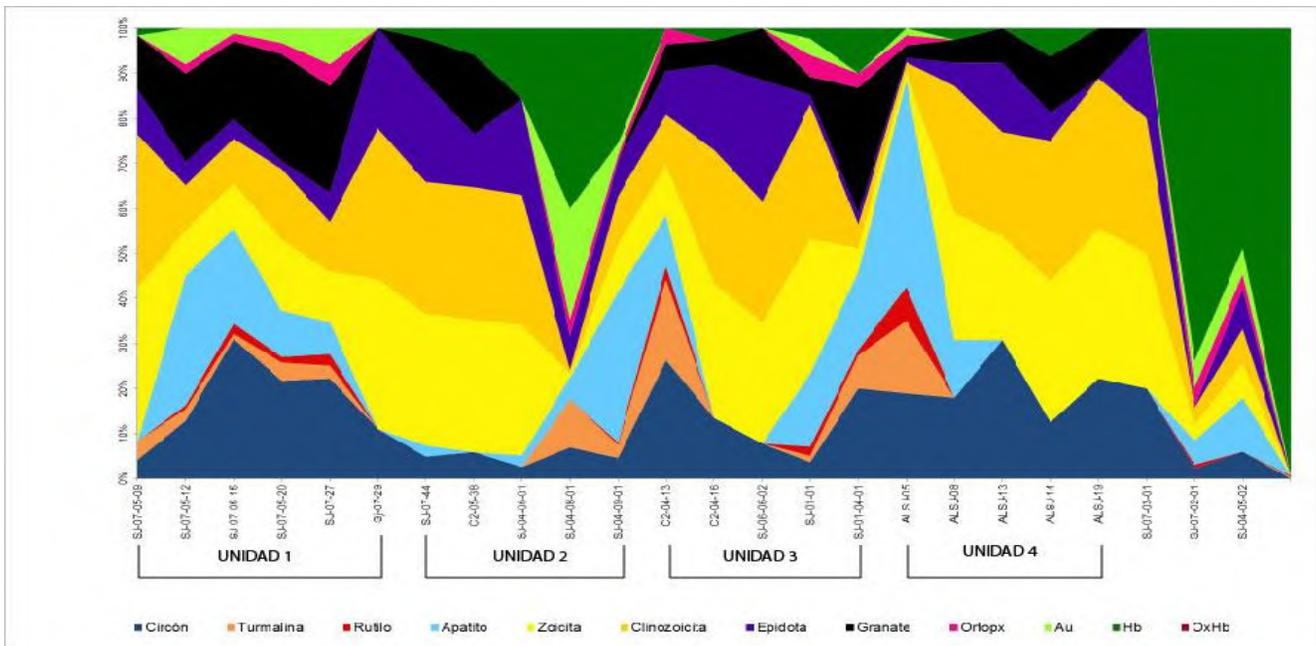


Figura 17 Representación gráfica de la compilación de los resultados obtenidos del análisis de minerales densos para la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia, se muestra tres eventos principalmente ígneos asociado a aumento en la cantidad de circones, turmalina, rutilo y piroxenos además de tres eventos asociados a rocas metamórficas asociados a un porcentaje alto en granates, clinozoisita-zoisita, y epidota.

6.3.1 Minerales Pesados Para la Sección Estratigráfica de la Zanja – Margen Norte del Rio La Seca y la Sección Estratigráfica del Puente de Santa fe de Antioquia (Unidad 1).

Los minerales pesados de la secciones estratigráficas La Zanja y El Puente, presentan como mineral principal el circón, identificándose por su morfología euedral y prismática incolora (**Ver anexo 2**). Éste mineral se presenta con un porcentaje que alcanza hasta el 30%, el cual incrementa hacia la sección de la vereda de San Nicolás (**Ver Figura 18**).

Como constituyentes adicionales se observan minerales estables importantes como granates, ortopiroxenos, rútilos y apatitos. Estos muestran generalmente morfologías subredondeadas a subangulares. Las areniscas presentan minerales inestables como biotitas, moscovita y cloritas que alcanzan porcentajes hasta del 50%.

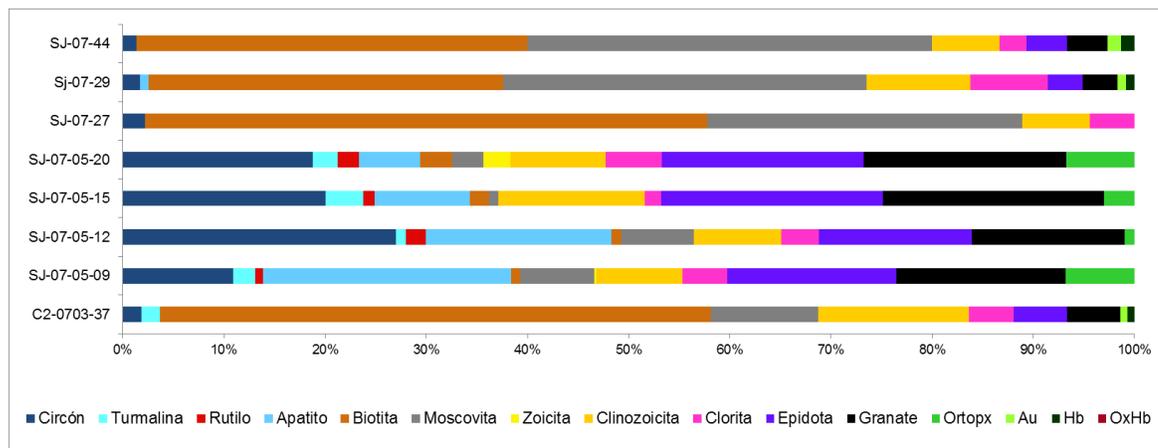


Figura 18 Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de Quebrada la Seca y El Puente localizados en el municipio de Santa fe de Antioquia.

6.3.2 Minerales Pesados Para la Sección Estratigráfica de la Vereda San Nicolás – Margen Izquierdo del Rio Cauca. (Unidad 2)

Las areniscas de la sección estratigráfica de la vereda San Nicolás muestran una clara disminución del circón. Se observan minerales como granates, clinozoisita-zoisita y epidota alcanzando un porcentaje hasta del 40% (**Figura 19**). La morfología de estos minerales es principalmente angular a subangular. (**Anexos 2**)

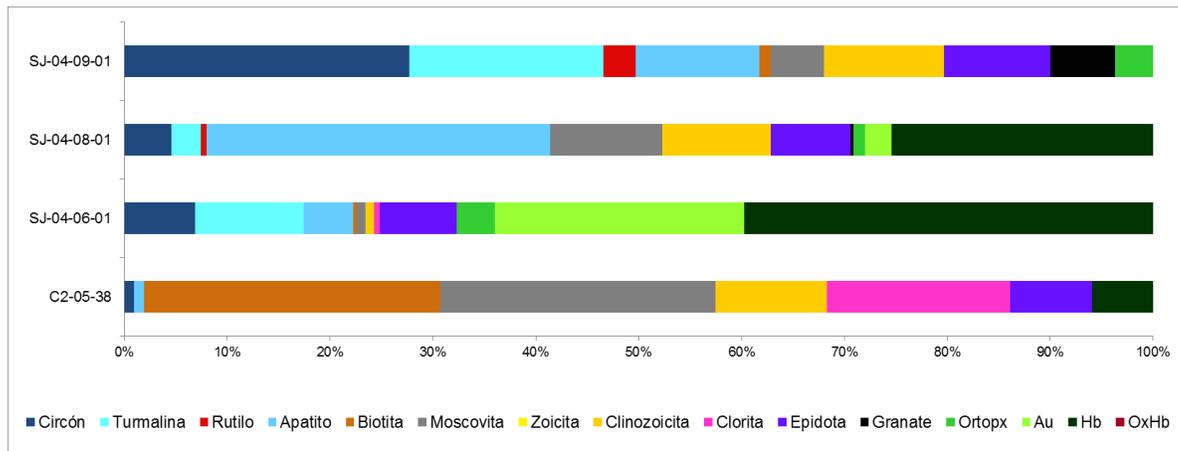


Figura 19. Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de San Nicolás localizada al margen izquierdo del rio Cauca.

6.3.3 Minerales Pesados Para la Secciones Estratigráficas de la Quebrada la Nuarque, Quebrada Guadacú y Sabana larga (Unidad 3 y Unidad 4)

Los minerales densos de la sección “Quebrada la Nuarque” están composicionalmente constituidos por minerales estables como apatito, epidota, granate y circón con un porcentaje que alcanza hasta el 20%. Se observa minerales inestables como clorita, biotita, moscovita y piroxenos (**Figura 20**). La morfología de sus granos se muestra subangular (**ver anexos 2**).

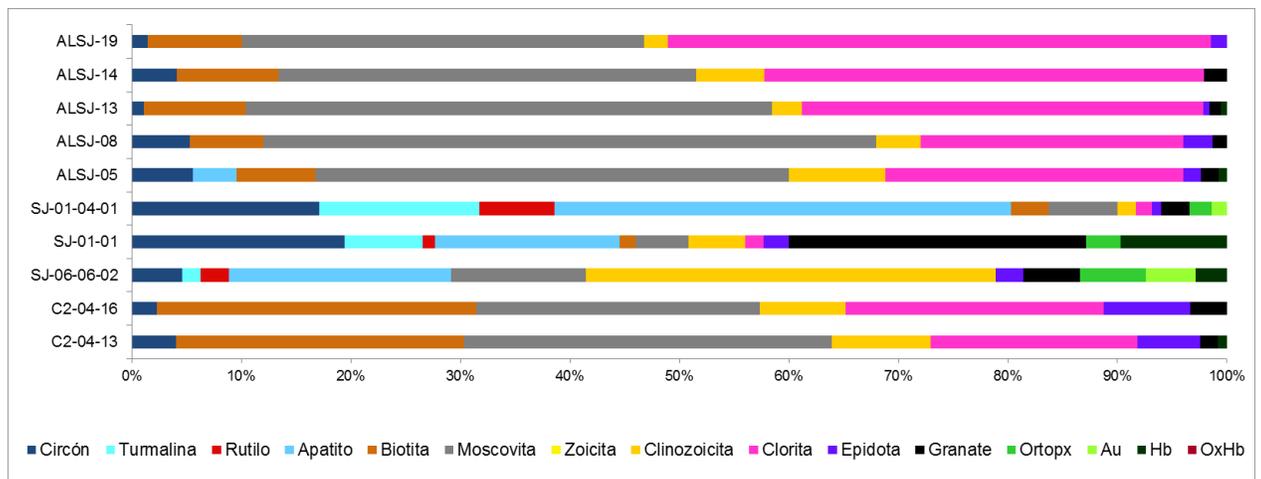


Figura 20. Resultado de los análisis para minerales pesados de la sección de Quebrada la Nuarque y la sección Quebrada Guadacú (San Jerónimo).



6.4 GEOCRONOLOGÍA U-Pb en CIRCONES DETRITICOS

Los resultados del estudio de 400 granos de circones evidencian una concordancia de edades entre las 4 muestras analizadas que no difieren en más de 1.7 M.a, (**Figura 21**). Estos análisis obtenidos exhiben 5 edades sustanciales las cuales se dan a conocer a continuación:

1. Las sedimentitas de las unidades entre los sectores del Puente de Santa Fe de Antioquia y La Quebrada Guadacú muestran unos picos de edades marcados entre los 260 M.a a 233 M.a (Pérmico-Triásico)
2. La sección de la Quebrada Guadacú en el Municipio de San Jerónimo muestra unos importantes picos de Edad Jurásica a Cretácico Inferior (160 Ma-90 M.a)
3. Las areniscas pertenecientes a la secuencia estratigráfica levantada en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia muestra un claro pico sobresaliente de edades entre los 75 M.a- 72.0 M.a (Cretácico Superior)
4. El Segmento Superior (Unidades 3 y 4) de la Formación Amagá en la cuenca de estudio muestra unas edades principales entre los 53 M.a y 25 M.a.

Por último cabe resaltar que en la muestra SJ070512 perteneciente a la sección denominada El Puente de Santa Fe de Antioquia (Unidad 1) exhibe que alrededor del 10% de los granos presentan valores entre los 498.5- 433.2 M.a (Ordovícico - Silúrico), aislando un posible error y siendo un valor considerable para ser tomado en cuenta, esta edad reflejaría un quinto cuerpo aportante para la formación de la Unidad Sedimentaria de Amagá.

Las proporciones de circón U-Pb en los grupos de edad detríticos de cada muestra, se resumen en el **Anexo 2**.

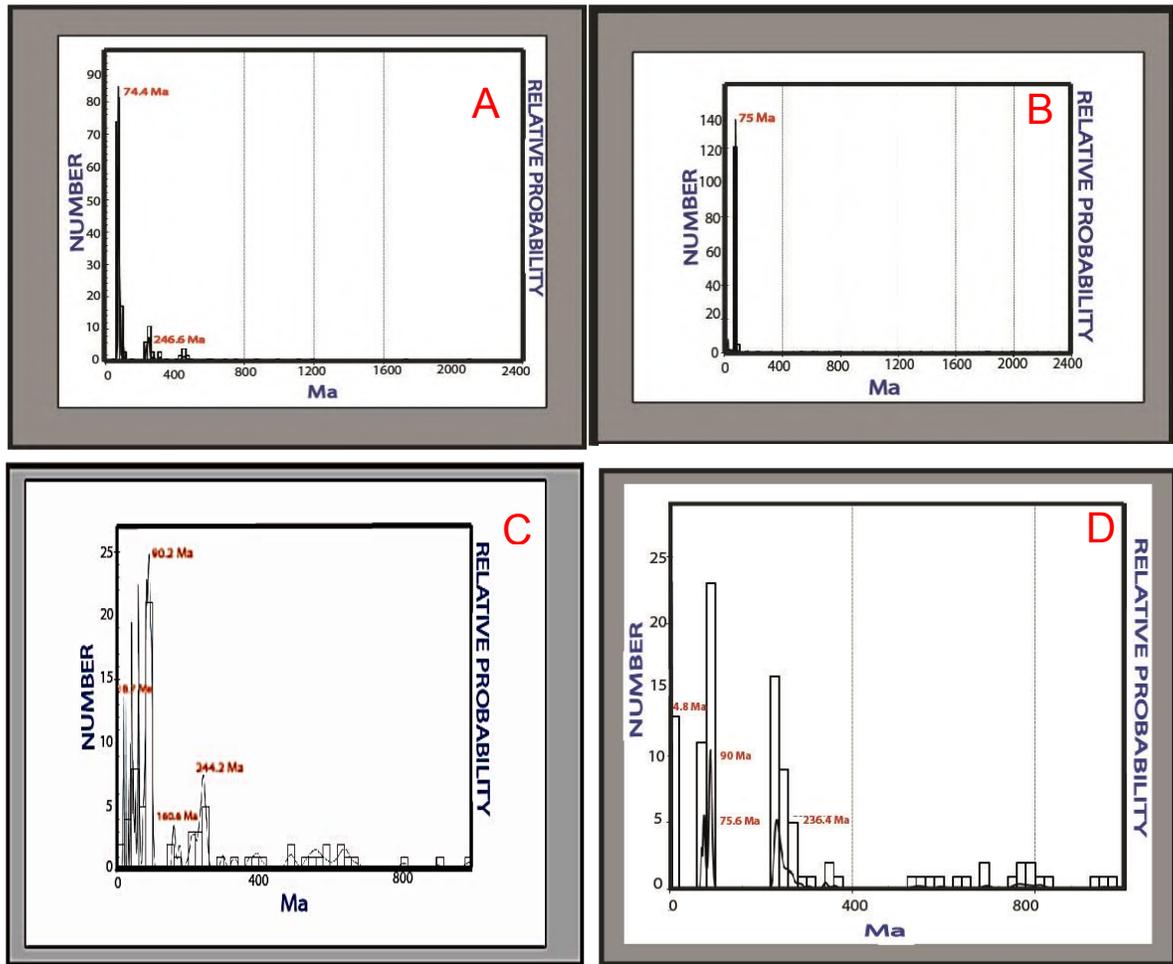


Figura 21 Edades obtenidas a partir de circones adquiridos en la cuenca Santa fe de Antioquia. A) Sección denominada Sj-07-0512 (Unidad 1) B) Sección denominada Sj-04-06-01 (Unidad 2) C) Sección denominada 06-06-02 (Unidad 3) D) Sección denominada 07-03-01 (Unidad discordante de la Formación Amaga)

7. DISCUSIÓN

7.1 AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN

El estudio de la Formación Amagá partió de un mapeo superficial en el área comprendida entre los Municipios de Santa Fe de Antioquia y San Jerónimo (**Figura 1**). Se determinaron cuatro tipos de unidades geológicas presentes en la sub-cuenca, diferenciando cada una de ellas por las características composicionales, granulométricas, faciales y patrones de apilamiento de los sedimentos. A continuación se exponen los ambientes depositacionales que se interpretaron para cada segmento levantado.

CODIGO DE FACIES	FACIES	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	INTERPRETACIÓN
Fl	Arena fina, Lodo.	Fina Laminación en estratos metricos	Depositos de Llanura Aluvial
Gh	Gravas masivas clastosoportadas	Estratos Horizontales masivos de espesores centimetricos a metricos	Regimen de Flujo Alto.
Gcm	Grava masiva clasto soportada	Gravas masivas clastosoportadas, algunos presentan casi 3 metros de espesor	Flujo de detritos pseudoplástico (carga de fondo inercial, flujo turbulento)
Gm	Gravas masivas	Estratos Horizontales algunos presentan imbricación	Flujo de detritos plástico (alta resistencia, viscoso)
Sh	Arena, fina a muy gruesa. Puede ser guijarrosa	Laminación horizontal, particionada o de corriente	Regimen de Flujo de Medio a Alto.
Sm	Arenas Masivas	Arenas gruesas metricas sin estructuras sedimentarias apreciables	Flujo de detritos rico en clastos (alta resistencia) o flujo de detritos pseudoplástico (baja resistencia)
Sp	Arena, fina a muy gruesa. Puede ser guijarrosa	Estratificación cruzada planar de centimetrica a metrica	Estructuras sedimentarias barras transversales o lingüiformes
St	Arena, fina a muy gruesa. Puede ser guijarrosa	Arenas con estratificación cruzada festoneada alcanzando hasta un metro de espesor	Regimen de Flujo Bajo.

Tabla 4. Resumen de las principales características y asociaciones de facies observables en los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia (Modificado de Miall, 1996).

7.1.1 Unidad 1 (Sección Estratigráfica La Sanja – Margen Norte del Río la Seca)

Esta unidad aflora en la sección Quebrada La Seca en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia partiendo de un contacto discordante con el basamento poli-metamórfico de la Cordillera Central. Ésta unidad presenta 374 metros de espesor y muestra una clara asociación de facies típicas de ríos trezados como facies Gcm, Sm, Gm, entre otras. La sección Quebrada La Seca está caracterizada por areniscas masivas (Sm) de espesores métricos con finas capas de gravas clastosoportadas masivas en niveles conglomeráticos (Gcm) con escasas secuencias granodecrecientes, poca preservación de facies sedimentarias de baja energía y una ausencia marcada de diversidad de facies (**Figura 6**). Se evidencia una clara presencia de canales amalgamados con un patrón de apilamientos agradacional que se pueden relacionar a periodos energéticos altos (Miall, A.D., 1996; Ramón & Cross, 1997).

7.1.2 Unidad 2 (Sección Estratigráfica del Puente de Santa Fe de Antioquia)

La Unidad 2 de la Formación Amagá (297 metros de espesor), se divide en la sección de El Puente, está caracterizada por presentar hacia su base areniscas masivas (Sm), areniscas con estratificación cruzada festoneada (St), concreciones calcáreas casi métricas en algunos estratos y una importante evidencia de facies sedimentarias de baja energía evidenciándose en lodolitas grises con laminación plana paralela (Fl) y contenido de materia orgánica principalmente tallos y hojas mal conservadas, además patrones pequeños de gravas masivas clastosoportadas (Gcm) (**Ver Tabla 4**). Es importante destacar que la unidad muestra una marcada diversidad de facies y una conservación de elementos geomorfológicos, lo que indica que hay un importante cambio en los patrones de



deposición pasando de facies asociadas a ríos trenzados a canales mucho más sinuosos tipo meándricos.

Ésta unidad a comparación de la Unidad 1 presenta más facies granodecrecientes (**Figuras 7, 8, 9 y 10**). Las facies encontradas en la zona muestran una asociación clara a ambientes de tipo de zonas de pantano o llanura de inundación, point bar y canales meándricos amalgamados (**Figura 22**). El tope de la unidad presenta areniscas con estratificación inclinada (Sp) y arenisca masiva (Sm) (**Tabla 4**). Es importante hacer referencia que en ésta sección no existen grandes mantos de carbón, sólo intercalaciones centimétricas de limolitas ricas en materia orgánica.

AMBIENTE DE RÍOS MEÁNDRICOS

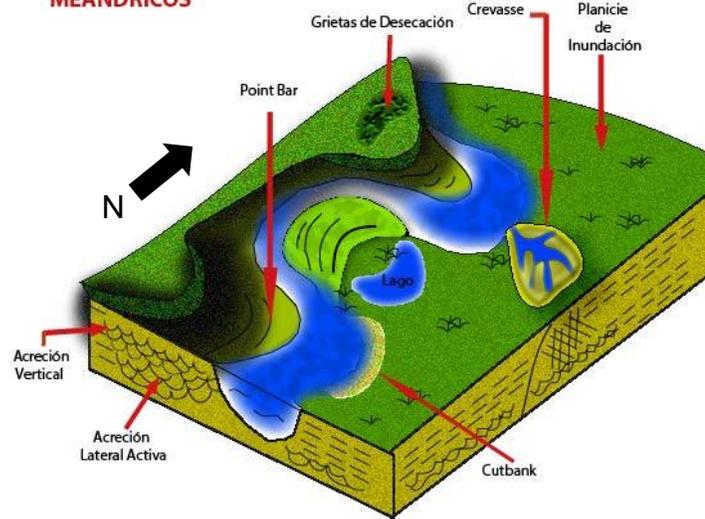


Figura 22. Bloque representativo de un ambiente de ríos meándricos evidenciado en las unidades 2 y 3 de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia

7.1.3 Unidad 3 (Sección Estratigráfica de San Nicolás – Margen Izquierda de Río Cauca y Sección Estratigráfica de la Quebrada la Nuarque)

La Unidad 3 presenta como características fundamentales la baja diversidad de facies y la pobre preservación de elementos geomorfológicos en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo. Para el segmento levantado en el borde izquierdo del Río Cauca en la población de San Nicolás (**Figura 1**), se identificaron las facies Gh (gravas clastosoportadas, con leve estratificación horizontal) Gm (gravas clastosoportadas masivas), Sm (areniscas masivas), Sh (areniscas con laminación plana paralela) y St (areniscas con estratificación cruzada festoneada) (**Tabla 4**). Éste conjunto de facies se hace similar a los reunidos en un estilo fluvial de río trenzado (Miall, 1996) con canales altamente agradacionales en condiciones de un nivel de base bajo (**Figura 11**).

Ésta unidad presenta un cambio de dominio, pasando de facies asociadas a ríos trezados a características faciales asociadas a ríos meándricos. La sección de la Quebrada la Nuarque (**Figura 13**) está representada por la presencia de canales altamente amalgamados hacia la base y agradacionales hacia el techo. La unidad exhibe asociaciones de facies características de ríos con alta sinuosidad y patrones de depositación de canales que generalmente muestran secuencias Gh (4 metros aproximadamente), Gm (50 Cm a 1 metro), Sm (2-5 metros), St (50 cm) y Sh, (1 metro aproximadamente) con algunos fragmentos de materia orgánica y llanuras de inundación con asociaciones de facies finas como Fl (2-5 metros)(**Tabla 4**), así mismo un moderado rango de conservación de los rasgos morfológicos.

7.1.4 Unidad 4 (Sección Estratigráfica de la Quebrada Guadacú, Municipio San Jerónimo)

Al finalizar la Unidad 3 se tiene unas importantes facies asociadas a un predominio de energía baja intercalados con cintas de lodolitas con materia orgánica al techo. La Unidad 4 presenta facies mucho más gruesas tipo Sm y Gm con espesores que alcanzan hasta los 8 metros.

Los conglomerados del área superior del segmento de La Quebrada Guadacú, se caracterizan por exponer clastos de tamaños variables, compuestos por fragmentos de cuarzo, líticos sedimentarios, metamórficos e ígneos asociados a rocas volcánicas como tobas andesíticas y dacíticas. Estos conglomerados clastosoportados presentan matriz arenosa, en un alto grado de amalgamiento, acompañados de niveles delgados de limolitas y lutitas grises con registros de madera carbonizada mal conservada.

La ausencia de elementos geomorfológicos y la baja preservación de las diversidades faciales en la cuenca, acompañado por un patrón de sedimentación

alto, indica que la fase más superior de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia-San Jerónimo está marcada por un ambiente altamente energético en canales poco sinuosos, así el dominio que presentaba a principios de la sedimentación de la unidad 3 relacionado a ríos netamente meandriiformes fue cambiando a un ambiente dominado por ríos trenzados (**Figura 23**).

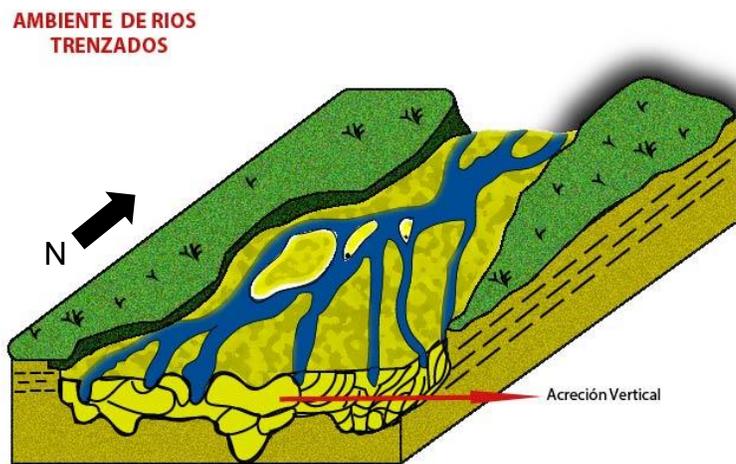


Figura 23. Bloque representativo de un ambiente de ríos trenzados evidenciado en las unidades 1,2 y 4 de la Sub-cuenca Santa fe de Antioquia



7.2 ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Variaciones en las características sedimentológicas y estratigráficas de las sucesiones sedimentarias en cuencas continentales están ligadas principalmente a el espacio de acomodación (A) versus el contenido de material detrítico aportante a la cuenca (S), lo que generará un control directo en el cambio del nivel base estratigráfico dentro de la cuenca de interés. Diferencias en las relaciones de A/S se pueden relacionar con cambios tectónicos y/o climáticos que controlaron y afectaron las principales características de sedimentación y depositación en las cuencas siliciclásticas continentales, además de ser utilizada como herramienta para la predicción de ocurrencia de hidrocarburos dentro de un área de estudio (Schumm, 1993, Cross, 1988, Ramón & Cross, 1997 en Silva, 2008).

Estudios sobre los cambios de A/S y por lo tanto cambios en el nivel base, han demostrado que durante periodos donde el nivel base se mantiene de moderado a alto se tienen un registro simétrico con variedad en el registro de facies sedimentarias, además de una buena preservación de rasgos geomorfológicos, lo cual es atribuido a una alta tasa de subsidencia bajo condiciones de un decrecimiento en el contenido de aporte de detritos a la cuenca y un patrón de transporte de baja energía. Cuando el nivel de base estratigráfico es medio a bajo y el aporte de sedimento es controlado por una alta energía se genera un bajo espacio de acomodación. Esto resulta en poca preservación de elementos geomorfológicos y estructurales y en un engrosamiento granocreciente en la forma de apilamiento de los sedimentos, lo que genera baja simetría en el registro estratigráfico (Ramón & Cross, 1997).

Variaciones en la posición del nivel base y por tanto del espacio de acomodación y el aporte de sedimentos (A/S) a lo largo de la cuenca de Santa Fe de Antioquia –



San Jeronimo se definieron mediante el reconocimiento de los indicadores sedimentológicos y estratigráficos arriba enumerados.

La unidad 1 se caracterizó por ser predominantemente asimétrica en los ciclos estratigráficos y por poca preservación de facies y elementos geomorfológicos en la sección. Estas características sugieren condiciones moderadas a bajas de A/S. La presencia predominante de grandes paquetes de sedimentos arenosos gruesos asociados a canales amalgamados en contacto erosivo con sedimentos finos en pequeña escala, muestran una asociación altamente agradante con pequeñas variaciones locales en las condiciones de A/S.

La Unidad 2 muestra una simetría de los ciclos estratigráficos grano-crecientes y grano-decrecientes. Se observa alta preservación facies de condiciones de bajas de energía (lutitas verdes y grises ricas en materia organica). Estas características sugieren un periodo donde el aporte de sedimentos disminuye y la subsidencia aumenta, generando más espacio de acomodación para los sedimentos (**Figuras 7,8, 9 y 10**). Es importante destacar que esta unidad presenta concreciones calcáreas bien preservadas, las cuales pudieron resultar de la exposiciones sub-aéreas de las sucesiones en un momento donde la migración lateral de los canales era rápida a través de la cuenca (Silva *et al.*, 2008).

La parte basal de la Unidad 3 presenta una disminución de las condiciones de A/S respecto a la Unidad 2 (**Figura 11**). Los canales se vuelven agradacionales y se observa una disminución en la diversidad de facies y elementos geomorfológicos. Esto se ve reflejado en la asimetría de los ciclos estratigráficos. Estas características soportan la caída del nivel base a lo largo de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo. El bajo espacio de acomodación estaría acompañado de un aumento en el aporte de detritos, como sugerido por la reducción de sedimentos finos y aumento de facies de alta energía asociados a ambientes de ríos trenzados.



La parte superior de la Unidad 3 presenta un aumento moderado de las condiciones de A/S. Esto es sugerido por el aumento en la diversidad de facies sedimentarias y elementos geomorfológicos (**Figura 11**). El aumento de sedimentos genera que los ciclos estratigráficos se muestren principalmente simétricos en asociación con canales agradacionales.

La parte más superior de la Formación Amagá (Unidad 4), muestra una desaparición casi completa de facies sedimentarias asociadas a llanuras de inundación y presenta un predominio de granos conglomeráticos clastosoportados masivos y areniscas conglomeráticas sin elementos geomorfológicos visibles, característica que se relaciona a canales trenzados de alta turbulencia. Estas características sugieren una constante disminución en las condiciones de A/S y por tanto una disminución en el nivel base estratigráfico.

Sobre la Formación Amagá en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia reposan discordantemente sedimentos con canales agradacionales simétricos. La relación discordante entre esta unidad y la Formación Amagá, unido a la presencia de ciclos grano-decrecientes y de facies de alta energía se relacionó a una reactivación en la subsidencia de la cuenca la cual generó un nuevo periodo de generación de espacio de acomodación alto aporte de sedimentos.



7.3 PROCEDENCIA

Estudios anteriores sugieren que los aportes de sedimentos para la Cuenca Amagá provienen de unidades metamórficas como el Complejo Quebradagrande, Complejo Arquía, Complejo Cajamarca, Meta-sedimentitas de Sinifaná y rocas ígneas provenientes de stocks ácidos de la Cordillera Central como el Plutón Triásico de Amagá y la Diorita de Pueblito (Guzmán, 1991).

Según los resultados de los análisis petrográficos realizados en areniscas de las cuatro unidades de la Formación Amagá, unido al análisis de sus modas composiciones de minerales densos y análisis geocronológicos U-Pb de circones detríticos, se evidencian cambios importantes en el aporte y depositación de los sedimentos.

La Unidad 1 presenta un aporte rico en feldespatos potásico y cuarzo monocristalino (textura de embahamiento y extinción ondulante). Texturalmente se observan granos con una morfología subangular, lo que indica que el área de aporte se encontraba cercana al momento de la depositación. Los análisis de minerales densos arrojaron alto contenido de circones, apatitos, turmalina, rutilo, granate, ortopiroxeno y augita, característica que permite asociar al segmento de la Quebrada La Seca a fuentes predominantemente ígneas ricas en aluminio. Lo anterior se puede corroborar con los triángulos de Dickinson (1985) e Ingersoll y Suczek (1979) los cuales muestra detritos provenientes de sedimentos continentales de basamentos cristalinos levantados asociados a Orógenos de Arco (Ingersoll y Suczek, 1979.). Las edades U-Pb de los circones detríticos marcan un pico predominante a 75 Ma. Se sugiere que la Cordillera Occidental, i.e. las tobas de la Formación Barroso, como posibles fuentes de sedimentos (**Figura 24**). A pesar que no se tienen edades U-Pb para las tobas de la Formación Barroso, esta ha sido correlacionada con la Formación Espinal que registra circones de esas edades (**Tabla 2, (Villagomez, 2011)**). Sin embargo no



se descarta la posibilidad de que existan aportes de plútones ácidos de la Cordillera Central (ej. Stock de Amagá). Es importante mencionar que la presencia alta de granates se asocia a la erosión de las anfibolitas del Complejo Arquía.

Las Unidades 2 y 3 van gradando de areniscas subarcosicas a litoarenitas feldespáticas ricas en cuarzo monocristalino. Algunos granos de cuarzo presentan textura en ajedrez. Morfológicamente los granos se presentan subangulares a subredondeados. Adicional a esto, se observó un incremento en minerales como clinzoisita-zoisita y epidota, además una clara disminución de minerales accesorios como el apatito y el circón, seguido de una ausencia de minerales ígneos como augita, ortopiroxeno, rutilo, y turmalina. Estas características encontradas en las unidades estudiadas se asociaron a la exhumación de una nueva fuente, que se interpretó por sus características composicionales como una unidad metamórfica cercana.

La Unidad 2 representa una transición de un aporte netamente ígneo hacia la base gradando a una mezcla de fuentes (metamórficas e ígneas) hacia la Unidad 3, lo que se puede ratificar en los esquemas de Dickinson (1985) como perteneciente a un Orógeno Reciclado que comprende entornos tectónicos variables, en los cuales, las rocas metamórficas han sido fuertemente plegadas, falladas y levantadas constituyéndose como principal área fuente. Se sugiere que para esta sección la Formación Barroso tenía un control especial en el aporte de circones detríticos, pero no se descarta la posibilidad de aportes metamórficos asociado al Complejo Arquía. Los análisis de U-Pb de Circones detríticos de las areniscas de la Unidad 2 indica un pico predominante en 75 Ma.

Las Unidades 3 y 4 son clasificadas composicionalmente como cuarzoarenitas y litoarenitas con un enriquecimiento de cuarzo tanto monocristalino como policristalino, presentando una morfología subredondeada a redondeada. Para las areniscas analizadas se evidencia un incremento en los líticos ígneos, metamórficos y sedimentarios lutíticos, mostrando un cambio composicional.



Según los estudios generados para los minerales pesados, la parte superior de la Unidad 3 de la Formación Amagá, presenta un aumento en circones, apatitos, turmalina, rutilo, hornblenda, ortopiroxeno, augita y una ausencia de granates, permitiendo interpretarse como un control ígneo hacia el tope de la Formación Amagá. Variaciones composicionales se observan en la Unidad 4, presentando un incremento en epidota, granate y clinozoisita-zoisita, presentando un descenso en apatitos, rutilos y turmalinas, los cuales permiten argumentar que hacia finales de la unidad 4 los minerales muestran una afinidad predominantemente metamórfica.

Las Gráficas de Ingersoll y Suczek (1979) (**Figura 24**), muestran una afinidad de Arco Magmático y Zonas de subducción, mostrando un aumento en fragmentos sedimentarios y metamórficos. Como fuente clave en las unidades 3 y 4, se empieza a presentarse una variabilidad en edades de circones, permitiendo determinar que las edades en circones detríticos de 440 M.a se asociaron a rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Cajamarca, el aumento sedimentos y chert se asoció al Complejo Quebradagrande (90 M.a) y la presencia de minerales ígneos y circones de 53 Ma se asociaron con el Batolito de Mandé (36-56 M.a (Montes, 2012) permitiendo dar un primera evidencia del choque entre el Bloque Panamá-Chocó con el noroccidente Colombiano en la Cuenca Amagá.

Las observaciones anteriores permiten asociar a la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia San Jeronimo una afinidad principalmente de Cratón Interior para la parte basal gradando a un Orógeno Reciclado para la sección superior, lo cual puede deberse a las características de formación Pull-Apart de la cuenca. Así mismo, se sugieren dos posibles rejuvenecimientos de la cuenca, los cuales se ven evidenciados como un aporte constante de una fuente metamórfica en la parte inferior de la Unidad 3 y a finales de la Unidad 4 de la Formación Amagá y dos aportes mixtos (fuentes ígneas y metamórficas), evidenciándose en las unidades 1-2 y a finales de la unidad 3 de la Formación Amagá.

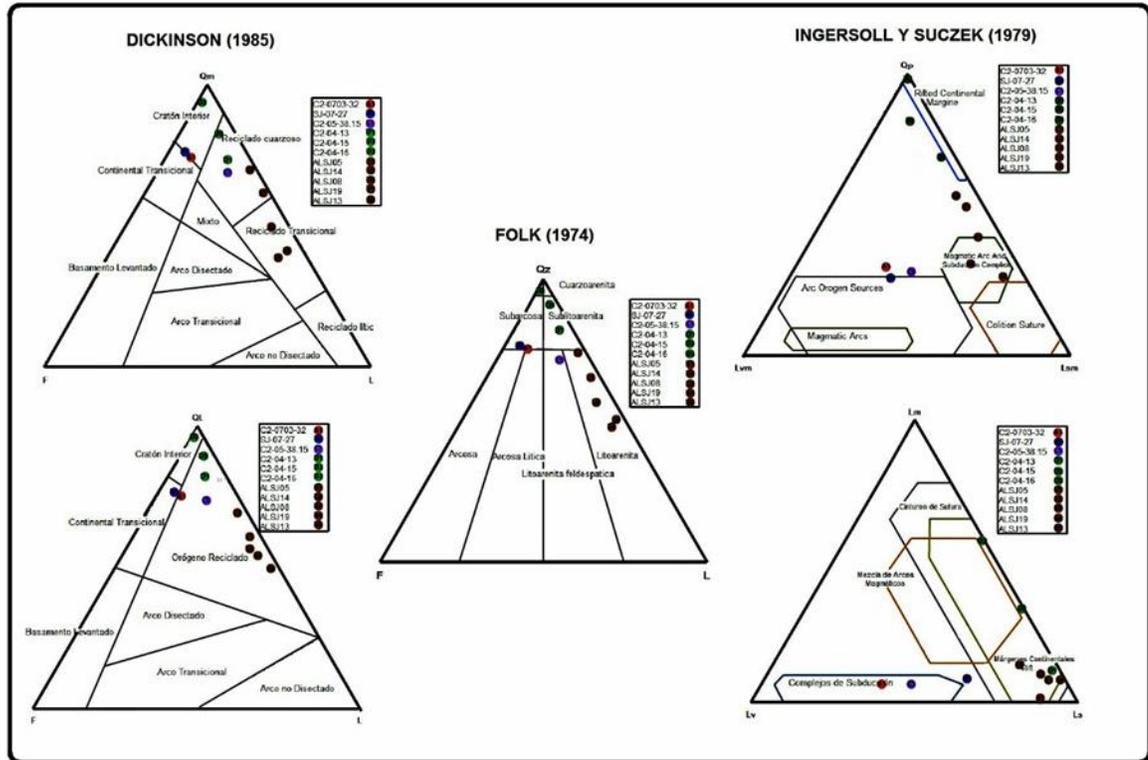


Figura 24. Gráfica de los diagramas utilizados para el análisis de procedencia y análisis petrográfico realizado en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia. Se usó los Diagramas de Dickinson (1985) para determinar ambientes sedimentarios, Diagramas de Folk (1974) para caracterización petrográfica y Diagramas Ingersoll y Suczek (1979) para Ambientes de Procedencia.

7.4 DIAGENESIS.

Las areniscas de la Formación Amagá presentan cemento pelicular silíceo y ferruginoso, además de deformación mecánica de micas, contactos cóncavos-convexos y cloritización de micas y líticos volcánicos (**Ver tabla 3**) lo que sugiere una relación de etapa eogénica, asociado a condiciones óxicas, con precipitación de sílice y hierro que se produce a partir de aguas subterráneas con elementos que provienen de la disolución de granos de feldespatos y minerales ferruginosos en profundidades someras dentro de la cuenca (Boggs,1992). Como evento anóxico dentro de la etapa eogénica, se tiene la precipitación de clorita como un evento de alteración de líticos volcánicos y micas.

Un contenido importante de cemento carbonatado en la mayoría de muestras de la Formación Amagá, se observa reemplazando el cemento silíceo. Éste proceso es el resultado del incremento en la profundidad, lo que origina una percolación de aguas meteóricas que afectan y disuelven elementos como silicatos y materia orgánica, las cuales en condiciones oxidantes se precipita como carbonatos (evento mesogénico). Un aumento considerable en las proporciones de carbonatos con respecto a los detritos existente, se evidencia en la corrosión y metasomatismo de granos presentes en las cuatro unidades levantadas.

La formación de arcilla dentro de las muestras colectadas se relaciona principalmente en función de la composición de las aguas intersticiales y un aumento en la temperatura de la cuenca, aunque cabe recalcar que, una alta proporción de minerales ferromagnesianos, feldespatos y vidrios volcánicos presentes en las muestras, ayudaron a la generación de grandes cantidades de arcillas dentro de las secciones.

A finales de la etapa mesogénica, se evidencia como un aumento probable en la subsidencia del área, lo que permitió una reducción de los espacios porales,



aumentando la compactación y un crecimiento de minerales que generó el neomorfismo agradante que se observa en carbonatos y arcillas.

La etapa tardía (Telogenésis) en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia se observa una disolución de los carbonatos formando porosidad vugular, existe recristalización de las arcillas y hay un aumento en las concentraciones de hierro, lo cual se hace evidente en las pigmentaciones tanto del cemento carbonatado, granos de cuarzo, los fragmentos de líticos y los planos de foliación de las micas.

Se observa con gran interés la presencia de concreciones calcáreas a nivel de afloramiento lo que se interpreta como una respuesta a condiciones de climas cálidos-húmedos en condiciones de gran presencia de carbonatos procedentes de la desintegración de silicatos, principalmente asociado a plagioclasas cálcicas, dentro de las aguas que regían en el momento de la depositación.

Algunas de las características diagenéticas de la Formación Amagá en el área de Santa Fe de Antioquia son similares a las observadas en la sub-cuenca de Amagá-Venecia (Guzmán, 1997). En la cuenca de Amagá existen evidencias de cementos silíceos y la presencia de sericita (Guzmán, 1997; Correa y Silva 1999). Estas características, unidas a la presencia de mantos de carbón, pueden estar asociadas al enterramiento y calentamientos locales en la sub-cuenca de Amagá, resultante de la intrusión de cuerpos hipoabisales volcánicos en esa zona. Se sugiere por tanto que a pesar que la Formación Amagá en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo tuvo el mismo potencial de acumulación de materia orgánica que la sub-cuenca de Amagá-Venecia, dado su afinidad genética estratigráfica secuencial; la ausencia de Carbones en la sub-cuenca estudiada se debe a la falta de una maduración termal.

La **Figura 25** resume las etapas diagenéticas en las diferentes secciones delgadas analizadas.



7.5 RELACIÓN ENTRE LAS SUB-CUENCAS AMAGÁ-VENECIA Y SANTA FE DE ANTIOQUIA

Para explicar la relación y evolución geológica en la Cuenca Amagá durante el Cenozoico, se tuvieron en cuenta antecedentes teóricos y características que permitieron establecer el desarrollo geológico del área, partiendo de los cambios del nivel base y las variaciones que presentó la cuenca al determinar espacios de acomodación versus la cantidad de detritos suministrada. Es importante mencionar que la relación de las sub-cuencas se generó a partir de las características similares que ambas sub-cuencas presentan y es necesario que para futuras investigaciones, se realicen estudios detallados de biomarcadores, con el fin de limitar mejor las interpretaciones relacionadas con las sub-cuencas estudiadas.

7.5.1 UNIDAD 1

El levantamiento tectónico de la Cordillera Central y Occidental para el Oligoceno (Van der Hammen, 1958), provocó un descenso en el espacio de acomodación (**Figura 26**), registrando una baja preservación de elementos geomorfológicos y ausencia de facies de baja energía en la Unidad 1 de ambas sub-cuencas (**Figura 29**). Este comportamiento generó un sistema fluvial de ríos trenzados, el cual se caracterizó por presentar canales amalgamados y baja preservación de estratos carbonosos. Para la Unidad 1, ambas sub-cuencas muestran un sistema hidráulico similar, asociado a un nivel de base bajo y un registro de estratos conglomeráticos y arenosos gruesos.

Los circones detríticos y el análisis de minerales densos tomados en la Unidad 1 de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia muestran una clara afinidad con la Cordillera Occidental asociado a las tobas de la Formación Barroso (75 Ma) y alta presencia de granates provenientes de las metamorfitas del Complejo Arquía (Anfibolitas).

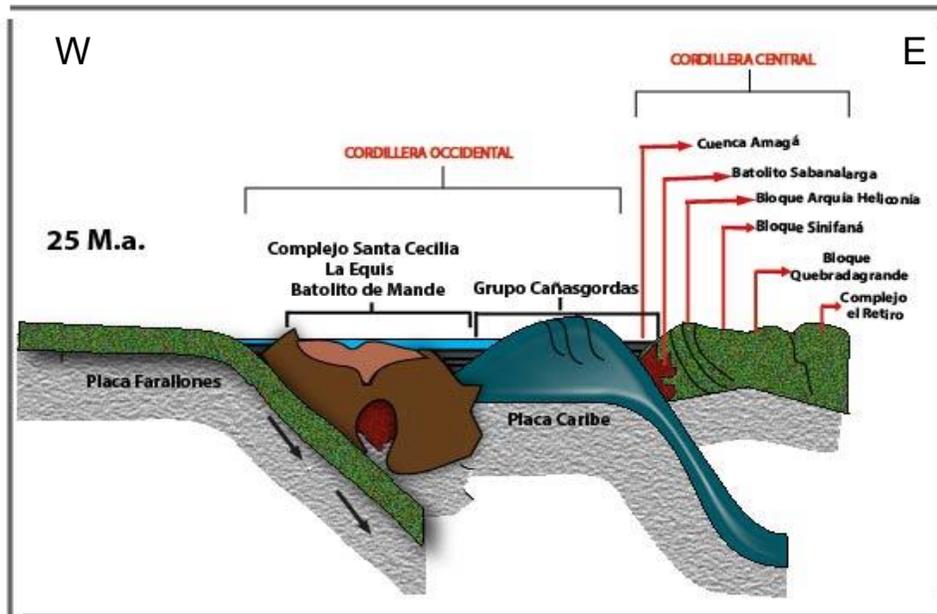


Figura 26. Evolución tectónica de la Cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 25 M.a. Levantamiento de la Cordillera Central. (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011; Silva et al., 2008)

7.5.2 UNIDAD 2

Como se puede observar en la **Figura 29** la relación entre ambas sub-cuencas parte del mismo arreglo del nivel base, con ciclos largos de alta resolución (Alto A/S). Ésta resolución de los ciclos evidencia un comportamiento similar en las variaciones de A/S en toda la cuenca, mostrando un aumento considerable en el espacio de acomodación, una diversidad de facies y una preservación de elementos geomorfológicos dominados por ambientes mucho más sinuosos asociados a ríos meándricos y presentando secuencias asociadas a llanuras de inundación o zonas pantanosas.



Las modas composicionales de las areniscas muestran un predominio de detritos con alto contenido de esfena, micas, feldespatos y piroxenos aportantes de la Cordillera Central en el sector de Amaga-Venecia (**Figura 30**)(Guzmán, 1991), mientras que para la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia se sigue viendo una marcada influencia de la Cordillera Occidental, con contenidos importantes de apatitos, piroxenos, hornblendas y circones de edades de 75 M.a.

Éste segundo estado en la evolución de la cuenca se ve controlado por la migración del Arco Magmático Pre-Andino toleítico (**Figura 27**) en el Oligoceno-Mioceno Temprano (Cediel, 2003 en Silva, 2008) el cual generó altas tasas de subsidencia en la cuenca y afectó de manera importante el sector de Amagá-Venecia, generando grandes espacios de acomodación que permitieron la preservación de los mantos de carbón. Hacia la parte de Santa Fe de Antioquia la influencia del Arco Magmático fue limitado, permitiendo que los canales se presentaran más arenosos y sin la preservación de mantos económicamente explotables.

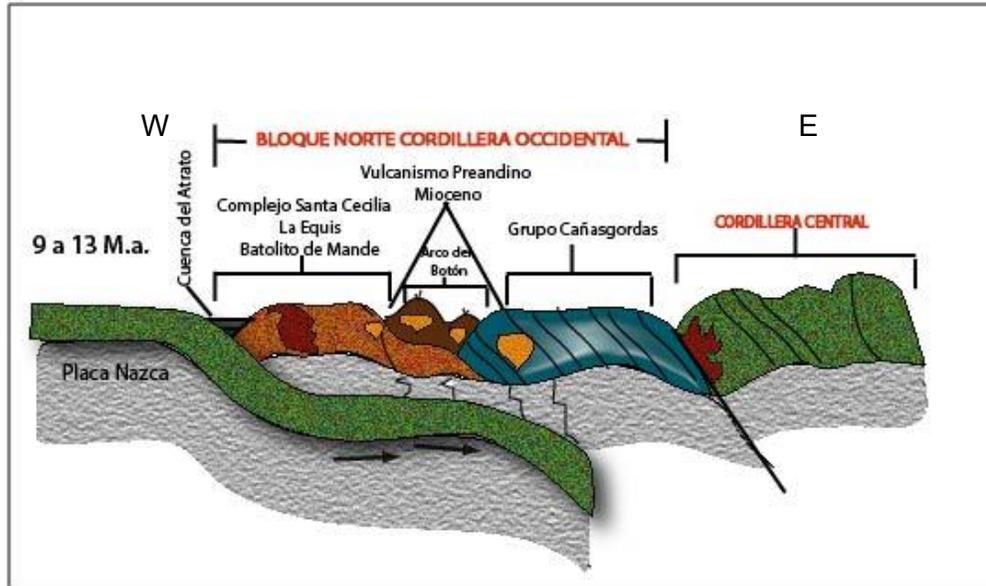


Figura 27. Evolución tectónica de la cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 10 M.a. Migración del arco magmático Pre-Andino (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011).

7.5.3 UNIDAD 3

La Unida 3 muestra un dominio fluvial de ambientes trenzados para ambas sub-cuencas. La resolución de los ciclos estratigráficos es mucha más baja y de corta duración en la sub-cuenca Amagá-Venecia, mientras que la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia presenta ciclos más extensos y de alta resolución.

Las modas composicionales en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia muestran detritos provenientes de Arcos Orogénicos mientras que la sub-cuenca Amagá se asociaba más a condiciones ambientales de Rift Marginal Continental con un control de detritos proveniente de la Cordillera Central. En éste estado la evolución de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia muestra un cambio en el tipo de



procedencia, perdiéndose del registro sedimentológico minerales como granates, epidotas y clinozoisita-zoisita (**Figura 30**), interpretándose como un control fuerte de unidades ígneas posiblemente de la Cordillera Occidental.

7.5.4 UNIDAD 4

La etapa final de sedimentación de la Formación Amagá viene marcada por una pequeña apertura en el espacio de acomodación de los sedimentos en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia, el cual no es evidenciado en la sub-cuenca Amagá-Venecia. Ésta pequeña subsidencia en la cuenca muestra un nivel de base mucho más alto proporcionando condiciones importantes para la preservación de diversidad de facies especialmente finas, con estratos lodosos y preservación de lodolitas con materia orgánica.

Hacia la parte superior de la Unidad 4 en ambas sub-cuencas se muestra una importante variación en las condiciones de nivel base, observándose un retroceso del nivel base, representados por estratos mucho más arenosos y conglomeráticos con poca preservación de elementos geomorfológicos.

Ésta unidad es de vital importancia ya que ambas cuencas muestran en sus características modales de las areniscas, una similitud en el ambiente de depositación. Ambas cuencas están controladas por un ambiente de Rift Marginal Continental; los circones empiezan a ser similares en ambas cuencas, presentando en común edades entre los 90 y 53 millones de años (**Figura 29**), lo que se interpreta como el resultado de la exhumación al norte de las rocas que ya venían aportando desde sus inicios a la sub-cuenca Amagá-Venecia y habían sido opacadas por el registro de la Cordillera Occidental en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia.

En esta etapa se registra un aporte tanto de la Cordillera Central como Occidental a la cuenca Amagá hasta finalizar su periodo de depositación en el Mioceno Tardío (Van der Hammen, 1958). Es importante establecer que los esfuerzos

tectónicos compresionales que se venían dando para la época con el cierre del istmo de Panamá y la subsidencia de la Placa Nazca bajo la Suramericana (**Ver Figura 28**) origen que la cuenca se encontrara en su pico máximo de baja subsidencia generando así estratos importantes de conglomerados clasto soportados y areniscas gruesas.

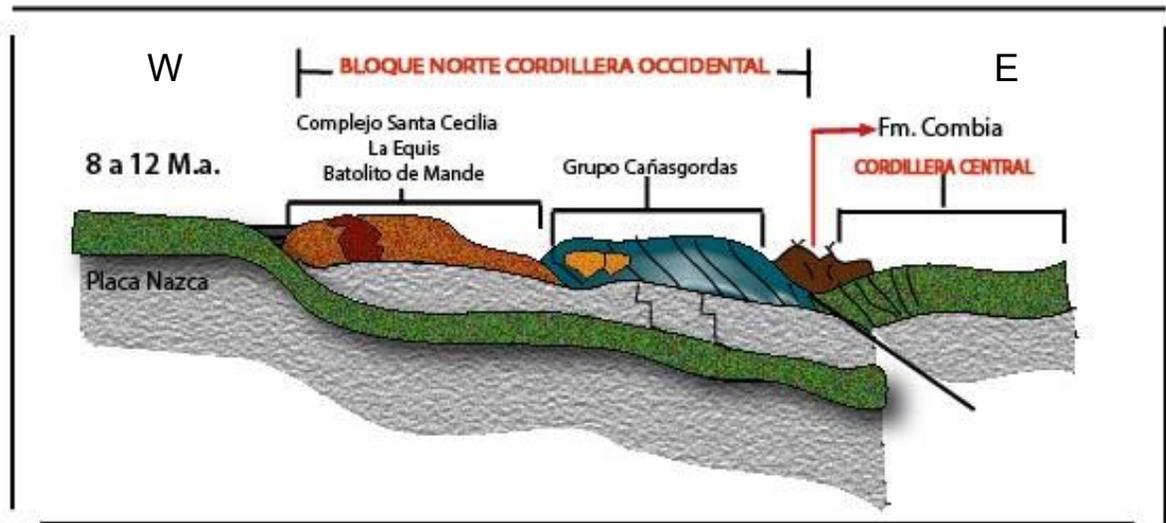


Figura 28. Evolución tectónica de la cuenca Amagá. Sección Estructural de la Cordillera Central y Cordillera Occidental aproximadamente 10 M.a a 8 M.a. vulcanismo de la Cordillera Central y cierre de la Cuenca Amagá (Modificado de Rodríguez y Zapata, 2011).

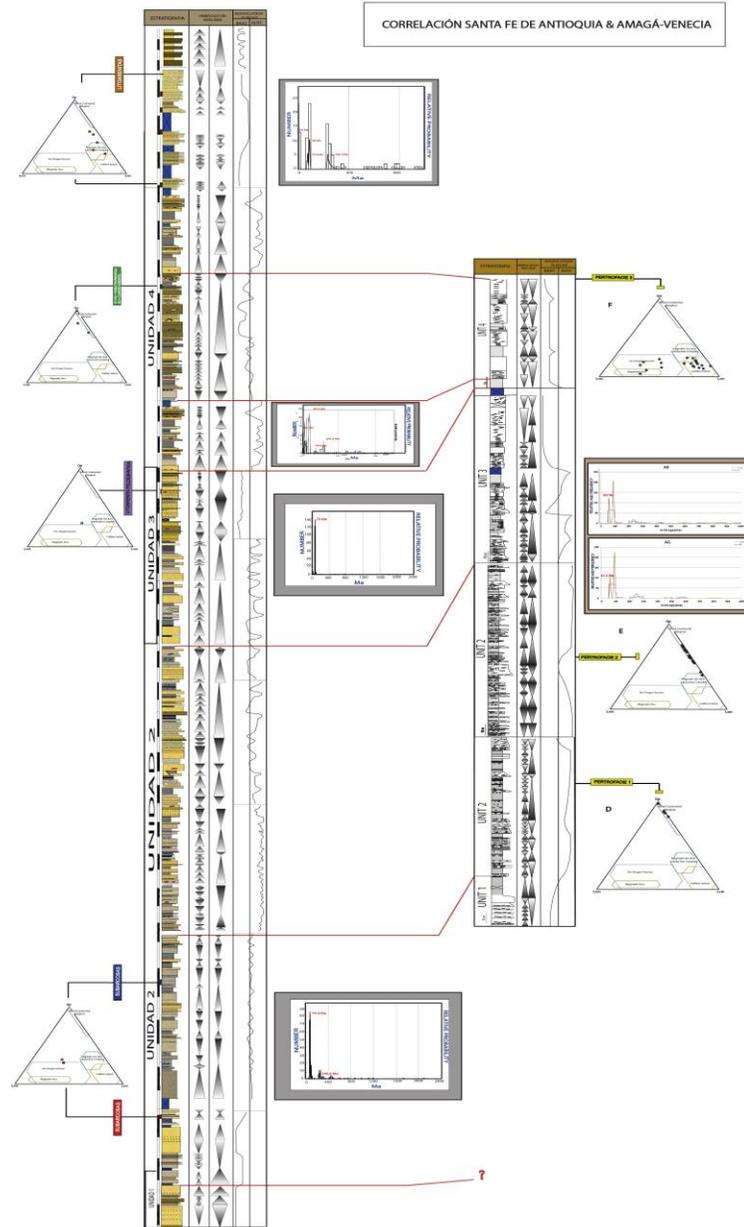


Figura 29. Relaciones entre los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia y los segmentos levantados por Silva (2008) en la sub-cuenca Amagá-Venecia. Se puede Observar la Utilización de los Triángulos de Suczek e Ingersoll (1979) para determinar relaciones composicionales y los diferentes Diagramas de Circones (Ver anexos 4). Se aclara que la secciones mostradas no son continuas, se relacionaron según sus cambios granulométricos, cambios del nivel base, y presencia de circones detríticos. Se hace necesario realizar estudios biológicos para determinar las posiciones estratigráficas correctas de los segmentos.

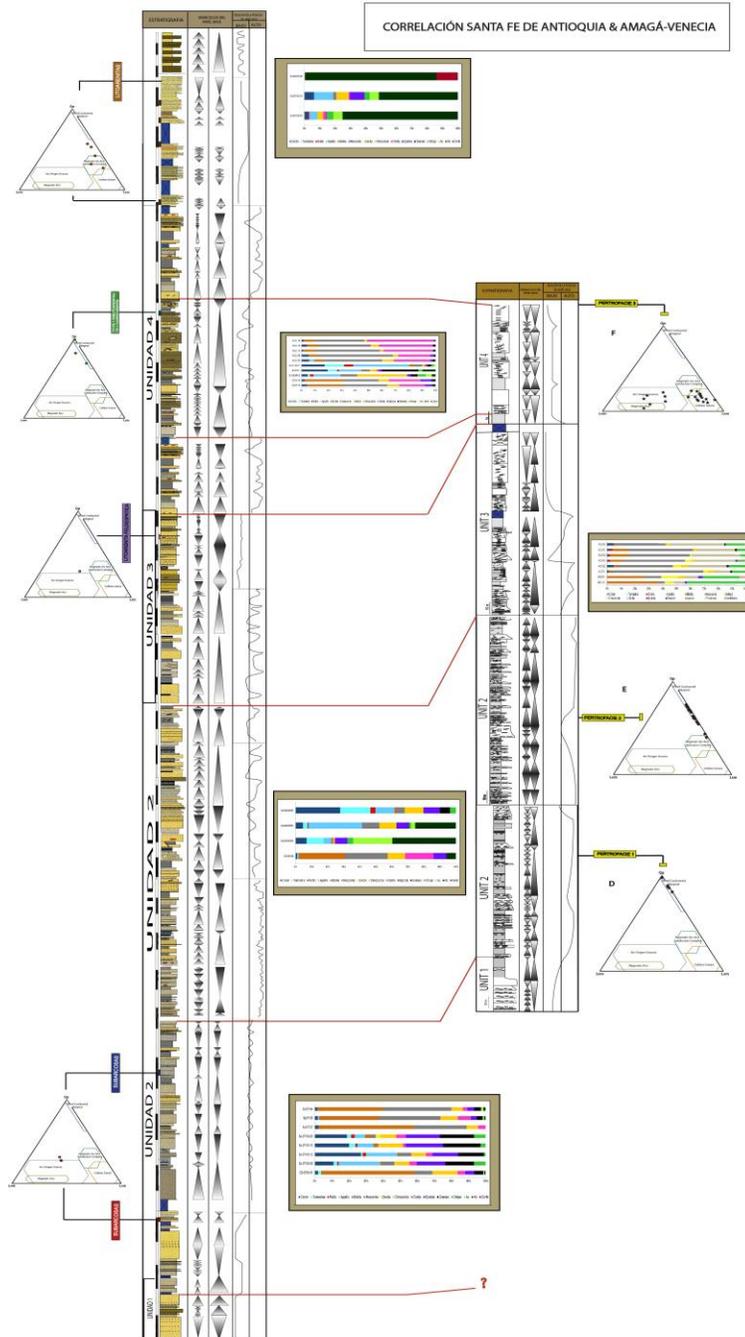


Figura 30. Relaciones entre los segmentos levantados en la Sub-cuenca Santa Fe de Antioquia y los segmentos levantados por Silva (2008) en la sub-cuenca Amagá-Venecia. Se puede Observar la Utilización de los triángulos de Suczek e Ingersoll (1979) para determinar relaciones composicionales y los diagramas de minerales densos para ambas cuencas (Ver anexos 4). Se aclara que la secciones mostradas no son continuas, se relacionaron según sus cambios granulométricos, cambios del nivel base, y presencia de circones detríticos. Se hace necesario realizar estudios biológicos para determinar las posiciones estratigráficas correctas de los segmentos.



8. CONCLUSIONES.

- ✚ Al realizar la caracterización de la Estratigrafía Secuencial en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia, se pudo determinar 4 momentos de evolución de la cuenca: El primer estado controlado por el levantamiento de las Cordilleras Central y Occidental permitiendo un control hidrológico de ríos trezados. La Unidad 1 se caracteriza por presentar bajo espacio de acomodación y un nivel base de moderado a bajo (A/S bajos). Posteriormente la Unidad 2 muestra un importante aumento en el espacio de acomodación de la cuenca (A/S altos), caracterizada por un incremento en la diversidad de facies y el bajo predominio de estratos arenosos gruesos, además, presentar alta resolución y simetría de los ciclos en un control fluvial asociado a ríos meandriformes y formación de zonas de pantano y llanura de inundación. Ésta relación en el espacio de acomodación marca el pico máximo de subsidencia de la cuenca. La Unidad 3 muestra una transición de condiciones altas en el espacio de acomodación a condiciones mucho más estrechas, dominada por la escases de elementos geomorfológicos y la presencia de ciclos mucho más asimétricos y de baja resolución. Hacia la sección superior de la Unidad 3 existe un pequeño incremento en el espacio de acomodación de la cuenca el cual no fue evidenciado en la sub-cuenca Amagá-Venecia. Ésta pequeña subsidencia viene caracterizada por ciclos asimétricos de baja resolución, mostrando la variabilidad de cambios tectónicos y climáticos que dominaban la época. El estado final de la evolución de la cuenca viene registrado en la Unidad 4, marcado por el registro más importante de bajo espacio de acomodación. El ambiente dominante fue de ríos trezados. La diversidad de facie es casi nula y presenta estratos métricos de sedimentos conglomeráticos clastosoportados masivos. Esto se pudo asociar a los cambios tectónicos



activos que se venían presentando a lo largo del noroccidente del Bloque de los Andes.

- ✚ Tomando en cuenta la propuesta de Dickinson (1985) se puede plantear una evolución general de las tectofacies, según la posición estratigráfica. En la parte inferior (Unidad 1 y 2) se nota una asociación de cratón interior trascendiendo en la parte superior (3 y 4) a orógeno reciclado cuarzoso y a orógeno reciclado transicional.
- ✚ La procedencia de los sedimentos de la Formación Amagá en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia viene marcado por un predominio de fuentes de la Cordillera Occidental, especialmente asociado a tobas de la Formación Barroso que se evidencia en el pico de 75 M.a en los análisis de circones y se extienden hasta finales de la sedimentación.
- ✚ La transición de cratón interior a orógeno reciclado puede deberse a los movimientos tectónicos a lo largo del sistema de fallas Cauca-Romeral, lo que produjo hacia la parte de las unidades 3 y 4 un marcado evento de exhumación de varias fuentes que se pudieron evidenciar en los datos recolectados. Se puede decir que la clara manifestación metamórfica viene por los detritos de rocas anfibólicas y esquistosas provenientes de los Complejos Arquía y Cajamarca (Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central), la gran cantidad de chert sin rasgos biológicos se asociaron a los sedimentos oceánicos del Complejo Quebradagrande y una fase magmática que se marca con el pico de 53 M.a se asocia al Batolito de Mandé.



- ✚ Composicionalmente las muestras de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia se ubican en los campos de subarcosas, sublitoarenitas, litoarenitas feldespáticas y cuarzoarenitas, observándose un claro predominio de sublitoarenitas
- ✚ La interpretación de la paragénesis diagenética determinó que las sedimentitas de la Formación Amagá en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia, registro 3 fases diagenéticas (eodiagénesis, mesodiagénesis y telodiagénesis). Sin embargo la ausencia de evidencias de alta telodiagénesis, como por ejemplo la presencia de sericitización, en las sedimentitas sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo es una marcada diferencia con aquellas de la sub-cuenca de Amagá-Venecia
- ✚ Como conclusión general se puede determinar que existe una correlación marcada en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia con la sub-cuenca Amagá-Venecia. Además la correlación de la estratigrafía secuencial entre la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia y Amagá-Venecia levantados por Silva et al (2008) muestran similitudes en cuanto a los cambios que se vienen presentando en el nivel base y la disposición de ciclos estratigráficos en ambas cuencas. Según Guzmán (1991) la cuenca Amagá-Venecia tectofacialmente se comporta de cratón interior en la parte inferior notándose hacia el techo una transición a orógeno reciclado cuarzoso y orógeno reciclado transicional como se evidenció en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia. Diagenéticamente se presenta una similitud importante entre las dos sub-cuencas. La similaridad en ambientes depositacionales y la relación genética sugerida por la estratigrafía secuencial en las dos sub-cuencas sugiere que la Formación Amagá en la sub-cuenca de Santa Fe de Antioquia – San Jerónimo presento un potencial de acumulación de materia orgánica similar a la sub-cuenca Amagá-Venecia. La ausencia en la presencia de mantos de carbón explotables pudo estar relacionada por



tanto a la falta de condiciones espaciales, termales/diagenéticas para dicha generación.



9. RECOMENDACIONES.

- Realizar análisis bioestratigráficos para determinar las edades de depósitos. Se ve necesario realizar análisis de marcadores biológicos o técnicas avanzadas para la determinación de la edad del depósito y así limitar mejor la relación entre ambas sub-cuencas.
- Es recomendable hacer un muestreo mucho más detallado en ambas sub-cuencas para realizar dataciones U-Pb en los circones detríticos de la Formación Amagá y así ayudar a esclarecer mejor la procedencia de los detritos en la cuenca.
- Se recomienda llevar a cabo análisis de multi-elementos y catodoluminiscencia para esclarecer los procesos diagenéticos que puedan explicar muchas de las propiedades petrofísica de las sucesiones siliciclásticas, y pueden determinar así, la ocurrencia o no de mantos de carbón económicamente explotables.



10. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, E. & González, H., 1978. Geología y geoquímica del Cuadrángulo 1-7 (Urrao). Informe 1761, 347p., Mapa Escala 1: 100.000. INGEOMINAS, Medellín. Asamblea Departamental de Antioquia, 1918, Ordenanza 16, Archivo Histórico Departamental, Medellín.
- Aspden, J., McCourt, W., Brook, M., 1987. Geometrical control of subduction-related magmatism: the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of western Colombia. *Journal of the Geological Society of London* 44, 893–905.
- Barrero, D., Álvarez, J. & Kassen, T., 1969. Actividad ígnea y tectónica de la Cordillera Central de Colombia durante el mesocenoico, *Boletín Geológico*, INGEOMINAS, 18 (1-3): 145-173.
- Botero, G. (1963) Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia. En: *Anales Facultad de Minas*. 1963, no 57, 101p.
- Boggs, S. (1987) *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Merrill, Ohio. 784 pp. Burley et al, 1985.
- Bühn, B., Pimentel, M., Matteini, M., Dantas. 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2009) 81(1): 99-114.
- Calle, B., González, H., de la Peña, R., Escorce, B. & Durango, J., 1980. Mapa preliminar de la Plancha 166 (Jericó) Escala 1:100.000. INGEOMINAS, Informe 1822, 232p.



- Carmona, I. (1997). Algunas consideraciones sobre la Petrología de la Formación Amagá. Boletín de Ciencias de la Tierra No. 12, p. 18-38.
- Cediel, F., Shaw, R., Caceres, C., 2003. Tectonic assembly of the northern andean Block. In: Bartolini, C., Buffler, R., Blickwede, J. (Eds.), The Circum-gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics, vol. 79. AAPG Memoir, pp. 815–848.
- Correa, L., Silva, J., 1999. Estratigrafía y Petrografía del Miembro Superior de la Formación Amagá en la Sección El Cinco-Venecia-Q. La Sucia. Proyecto de Grado Universidad EAFIT, Medellín, 47 p.
- Cross, T., 1988. Control on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, USA. In : Wilgus, G., Hastings, B., Ross, C., Posamentier, H., Van-Wagoner, J., Kendall, C. (Eds.), Sea-level change. An Integrated Approach, Vol 42. SEPM Special Publication pp. 371-389.
- Dickinson, W. R. Tectonics and Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special publication No. 22, 204 p. 1974.
- Duque-Caro, H., 1990. El Bloque Chocó en el Noroccidente Suramericano: Implicaciones Estructurales, Tectonoestratigráficas y Paleográficas. Boletín Geológico de Ingeominas, 31 (1), 47 - 71.
- Ecocarbón, 1995. Sistema de Clasificación de Recursos y Reservas de Carbón, ECOCARBON. Amagá: Biblioteca Ecocarbón.
- Folk, R. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin, Texas: Hemphill. 182 p. 1974.
- González, H. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). Bol. Geol. INGEOMINAS. Vol. 23 (1), 174 p. 1980.



- González, H., 1993b. Rocas ortopiroxénicas de afinidad chornoquítica en el Complejo Puquí. VI Congreso Colombiano de Geología. Memorias I: 434-453 Medellín.
- González, H., 2001. Mapa Geológico de Antioquia, INGEOMINAS, Colombia, pp. 163-170.
- González, H., 2003. Neis de Samaná Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. INGEOMINAS, 19 p. Bogotá.
- Grosse, E. El Terciario Carbonífero de Antioquia. Berlín: Dietrich Reimer. E. Vohsen. 321 p. 1926.
- Guzmán, C. A. 1991. Condiciones de depositación de la Formación Amagá entre Amagá y Angelópolis. Tesis de Postgrado en Ciencia y Técnica del Carbón. U. Nal. Facultad de Minas. Medellín. 213 p.
- Guzmán, 2007. Estudio diagenético preliminar de la formación Amagá. Bol.Geol. INGEOMINAS Vol 26 (1).
- Ingersoll y Suczek, C. A. Plate Tectonics and Sandstone Composition. Bull. Am. Assoc. Petro. Geol. No 63. p. 2164-2182. 1979.
- López, A., Ramírez, D., y Sierra, G.M., 2006. Vulcanismo Neógeno en el suroccidente antioqueño y sus implicaciones tectónicas. Boletín de Ciencias de la Tierra, 19, 27 - 42.
- Miall, D., 1985. Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth-Science Reviews 22, 261–308.



- Martínez, A. & Ruiz, O. 1984. Fases tectónicas súper-puestas en la sección Amagá - Bolombolo (Antioquia Colombia). Tesis de pregrado. Facultad de Minas. Medellín. 175p.
- Maya, M., 1992. Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia. Boletín Geológico Ingeominas. Volumen 32 (1-3). p. 127-188. Santafé de Bogotá.
- Maya, M. y González, H., 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de los Andes Colombianos. Boletín Geológico Ingeominas.
- Mejía, E. 2012. Características Cinemáticas y Condiciones de Deformación de un Segmento de la Falla Palestina al NE del Volcán del Ruiz. Tesis de Maestría en Ciencias – Geología. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado en Mayo 20 de 2013. Página web. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/7110/1/194721.2012\(a\).pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/7110/1/194721.2012(a).pdf).
- Montes, C., Cardona, R. Silva, C.A., 2012. Evidence for middle Eocene and younger land emergence in central Panama: Implications for Isthmus closure. Geological Society of America Bulletin 2012; 124, no.5-6;780-799.
- Moreno, M. y Pardo, A., 2003. Stratigraphical and sedimentological constrains on western Colombia: implications on the evolution of the Caribbean Plate, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. F. Blickwede, eds., The CircumGulf of Mexico and the Caribbean: hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics, American Association of Petroleum Geologist, memoir 79, pp. 891-924.
- Ospina, T. Reseña sobre la geología de Colombia y especialmente de Antioquia. Medellín: La Organización. 102 p. 1911.
- Paris, G. y Romero, J., 1994. Fallas Activas en Colombia. Boletín Geológico de INGEOMINAS. Bogotá. Vol. 34 No. 2-3. pp. 3 - 26.



- Pilger, R., 1983. Kinematics of South America subduction zone from global plate reconstructions. Geodynamics of the eastern Pacific region. Caribbean and Scotia arcs. American Geophysical Union. Geodynamic Series 9, pp. 113–126.
- Pilger, R., 1984. Cenozoic plate kinetics, subduction and magmatism South American Andes. Journal of the Geological Society of London 141, 793–802.
- Pons, D. 1984. La flore du Bassin Houiller D'Antioquia. (Tertiare De Colombie). 109 Congres Natural des societes Sarvantes, Dijon. pp 37-56.
- Posada, J. Notas sobre la Formación Carbonífera de Amagá. Anales Escuela Nal. de Minas. Medellín, Vol. II(13), p. 232-237. 1913.
- Ramírez C., M.L. & Ramírez V., H. (1992): Diagénesis y origen de los carbonatos del Cretácico Superior en el Valle Superior del Magdalena. Subregión Huila - Colombia.
- Ramón, J., Cross, T., 1997. Characterization and prediction of reservoir architecture and petrophysical properties in fluvial channel sandstone's, Middle Magdalena Basin, Colombia. Ciencia, Tecnología & Futuro 1, 19-47.
- Restrepo, J. & Toussaint, J. 1976. Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia. Boletín de Ciencias de la Tierra N° 6, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, pp. 1-18.
- Restrepo, J. J., Ordóñez-Carmona, O., 2009. The Quebradagrande Complex: A Lower Cretaceous ensialic marginal basin in the Central Cordillera of the Colombian Andes. Journal of South American Earth Sciences 28 (2): 204-205.
- Rodríguez G. y Zapata G. 2011. Características del plutonismo Mioceno en el segmento norte de la Cordillera Occidental e implicaciones tectónicas en el



modelo geológico del noroccidente colombiano. Bol. Ciencias de La Tierra. No 31.

Sánchez, L. H., 1991. *Factores tectónicos que intervinieron en la configuración de la cuenca carbonífera de Amagá*. Maestría tesis, Universidad Nacional de Colombia. 209p.

Scheibe, R., 1919. Geología del Sur de Antioquia. Comp. Est. Geol. Colombia. Bogotá. p. 97-167.

Schumm, S., 1993. River response to base level change: Implications for sequence stratigraphy. *Journal of Geology* 101, 279-294.

Sierra G., Silva, J., Correa, L., 2004. Estratigrafía secuencial de la Formación Amagá. Bol. Ciencias de la Tierra 15, 9-22.

Sierra, G., 2011. Análisis de poblaciones de circones datados por el método de huellas de fisión provenientes de la cuenca carbonífera de Amagá. XIV Congreso Latinoamericano de Geología XIII Congreso Colombiano de Geología p.467 – 467.

Sierra, G.M. and Marín-Cerón, M.I., 2012. Amagá, Cauca Patía Basin. In *Petroleum Geology of Colombia*. Editor. Fabio Cediel. Vol (2) Fondo Editorial Universidad EAFIT. (Restrepo-Pace, 1995)

Silva, J.C., Sierra, G.M., and Corre, L.G., 2008. Tectonic and climate driven fluctuations in the stratigraphic base level of a Cenozoic continental coal basin, northwestern Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 26, 369 - 382.

Taboada, A., Rivera, L.A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip H., Bijwaard, H., Olaya, J., y Rivera, C., 2000. Geodynamics of the northern Andes:



Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, (19) 5, 787 - 813. Tapias et al., 2006.

Toussaint, J.F., Restrepo, J.J., 1984. Fallamientos superpuestos del sistema Cauca-Romeral en los alrededores de Medellín. Conferencia sobre Riesgos Geológicos, No. 1, Valle de Aburrá, Memorias, 18p.

Toussaint, J. F. y Restrepo, J.J. Fallamientos superpuestos del Sistema de Fallas Cauca Romeral en los alrededores de Medellín. I Conferencia sobre riesgos geológicos del Valle de Aburrá. (Memorias) Medellín, 1984.

Toussaint, J., 1993. Evolución geológica de Colombia. Tomo I: Precámbrico-Paleozoico. Universidad Nacional de Colombia. 229 p. Medellín.

Van Der Hammen, T. 1956 a. Descripción de algunos géneros y especies de pollen y esporas fósiles. *Boletín Geológico (Bogotá)*, 5: 187-203.

Van Der Hammen, T. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano y tectogénesis de los Andes Colombianos. *Bol. Geol. Bogotá*, Vol 6. No. 2, p. 67- 128, 1958.

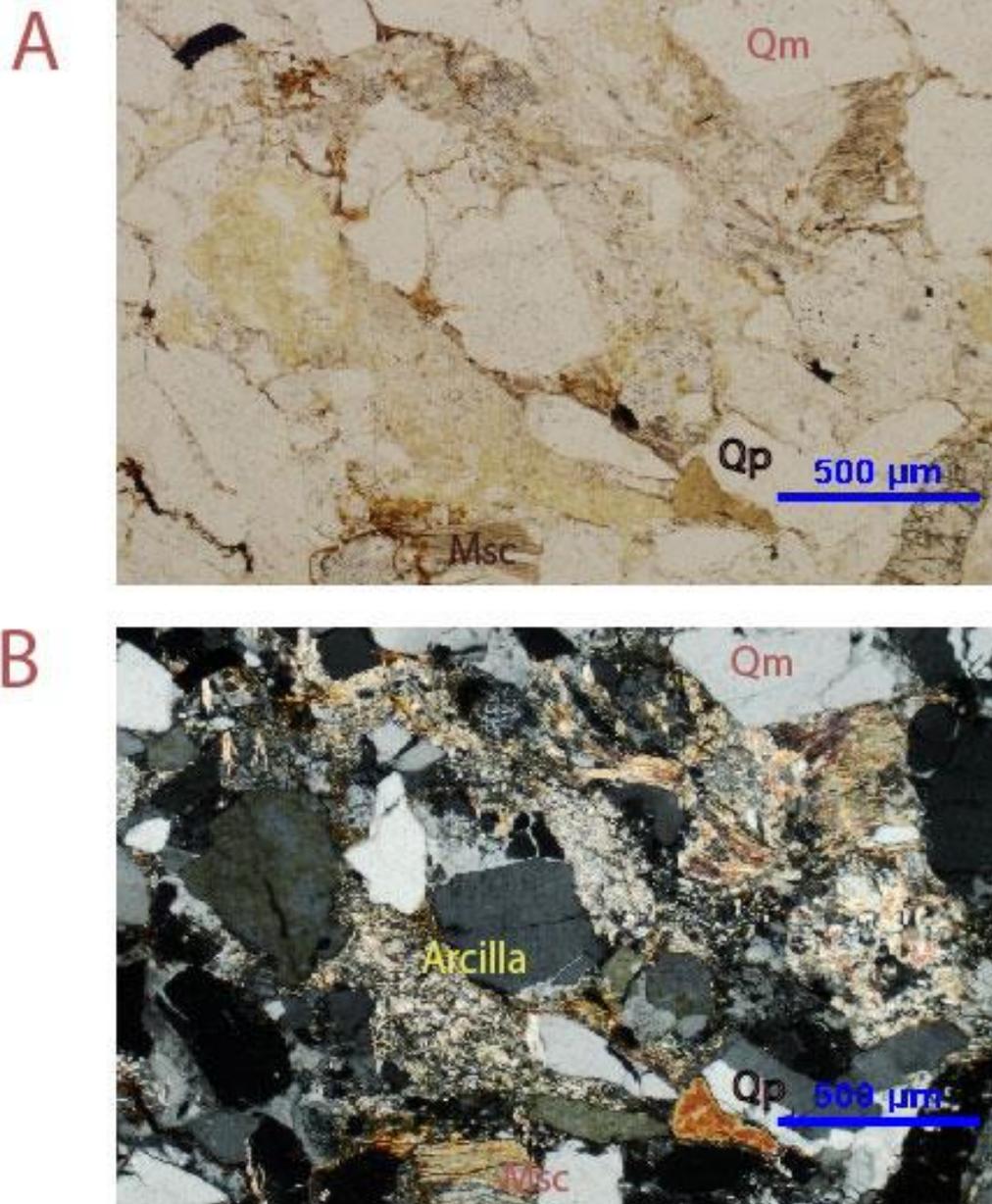
Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W. & Beltrán, A., 2011. Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central Cordilleras of Colombia, *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2011.05.003.



ANEXOS

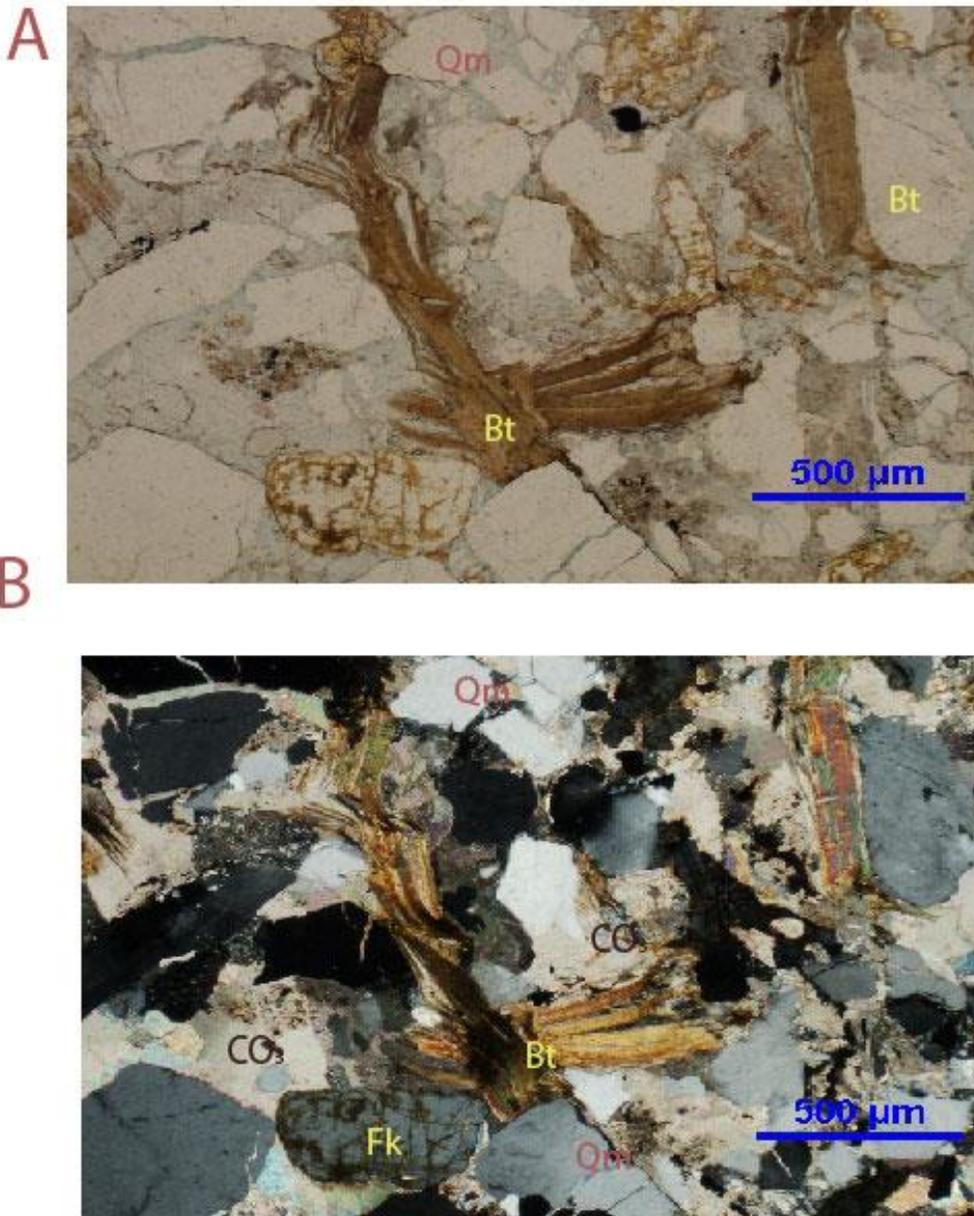
**ANEXO 1
PETROGRAFIA
(FORMATO DE CLASIFICACIÓN Y MICROFOTOGRAFÍAS DE LA SECCIÓN
DELGADA)**

 PROYECTO INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ESTRATIGRAFÍA IIES UNIVERSIDAD DE CALDAS-COLOMBIA		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		 UNIVERSIDAD DE CALDAS LUMINA SPARGO
Características de Texturales				
Muestra No. C2-0703-32	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmaduro		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Sub Angular - Angular		7. Contacto Entre Granos:		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino: 439	Potasico: 71	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino: 22	Plagioclasa: 34	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular: 13	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas: 17	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:	Dacitas: 26	Cemento Pelicular: 59	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquistos: 3	Granitos:	Cemento Pelicular: 81		
MICAS		Metasomatismo: 10		
Muscovita: 18	Biotita: 28	Características Petrofísicas		
Clorita: 12		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 6		
Arcillas intergranulares:	Clinoziosita: 2	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Glauconita:	POROSIDAD SECUNDARIA		
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:	
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular:	Fenestral	
Detriticos Opacos: 1	Minerales Pesados:	Móldica:		
OBSERVACIONES: Cemento Basal de Carbonatos, Deformación Mecánica en Micas, Clorización de micas, metasomatismo de cuarzo por carbonato, metasomatismo de plagioclasa por carbonatos, micas con pigmento ferruginoso, neoformismo agradante en carbonatos, cemento silíceo metasomatizado por carbonatos, corrosión en cuarzos y plagioclasa por carbonatos.				



Anexos 1.1 Microfotografía de la Sección C2 0703-32 del segmento denominado Quebrada La Seca en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa cemento ferruginoso pelicular de coloración parda, acompañado de minerales opacos de color negro y minerales incoloros en Primera Configuración B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), Fragmentos Ígneos con metasomatismo de arcilla, micas con deformación mecánica (Msc), cuarzo policristalino (Qp) y alta presencia de arcilla que le da una calidad inmadura a la muestra.

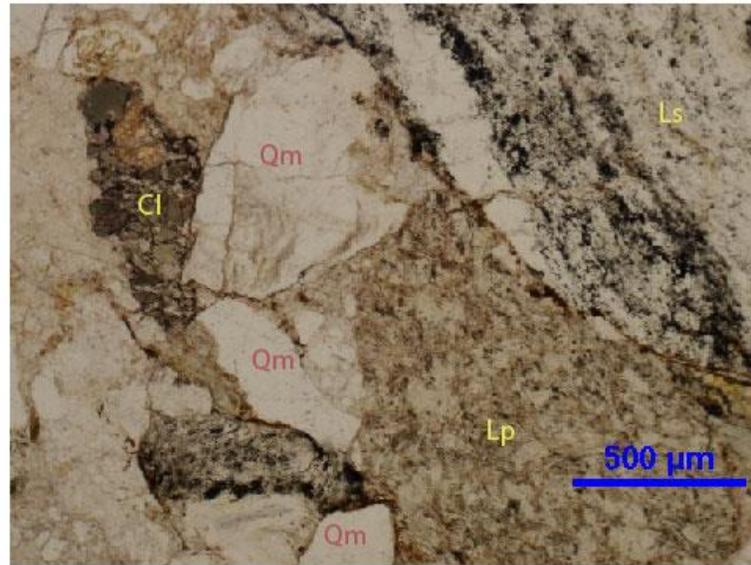
		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. SJ-07-27	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Subangular - Angular		7. Contacto Entre Granos:		
Características de Composición				
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino:323	Potasico:67	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino:6	Plagioclasa:13	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:3	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas:5	Andesitas:2	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:10	Dacitas:7	Cemento Pelicular:	Cemento Pelicular:204	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:6	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquistos:2	Granitos:	Cemento Pelicular:		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita:11	Biotita:72	Características Petrofísicas		
Clorita:33		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:		
Arcillas intergranulares:	Clinozoisita:2	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota:1	POROSIDAD SECUNDARIA		
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:	
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular:2	Fenestral	
Detríticos Opacos:	Minerales Pesados:	Mòldica:		
OBSERVACIONES: Metasomatismo de Cuarzo por Carbonatos, Carbonato Basal, Corrosión por Carbonatos, Cemento Silíceo metasomatizado por carbonato, micas con pigmentos de óxidos de hierro, deformación mecánica en micas, micas cloritizadas, neoformismo agradable en carbonatos, metasomatismo de micas por cementos ferruginoso, cemento carbonatado cementando los poros.				



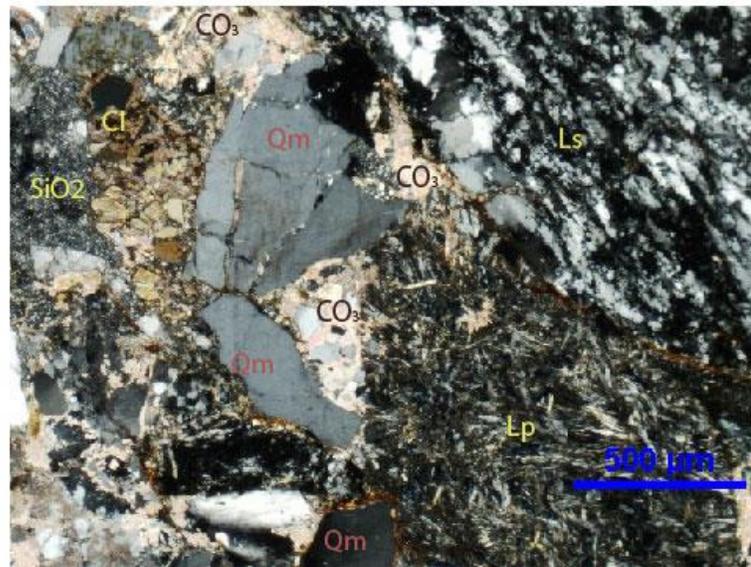
Anexos 1.2 Microfotografía de la Sección SJ 070-27 del segmento denominado Quebrada La Seca en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa cemento carbonatado Basal de coloración levemente azulosa, acompañado de minerales opacos de color negro y minerales incoloros en Primera Configuración además de mica biotita levemente cloritizada y presentando deformación mecánica B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), micas con deformación mecánica (Bt), cuarzo monocristalino (Qm) con corrosión por carbonatos (CO₃) hacia los bordes y feldespato potásico (Fk) altamente fracturado.

		PROYECTO	
		REPORTE PETROGRAFICO	
Características de Texturales			
Muestra No. C2-05-38.15	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa	
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmaduro	
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas	
3. Redondez: Sub Angular - Angular		7. Contacto Entre Granos:	
Características de Composición			
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>	
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS
Monocristalino:189	Potasico:32	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Policristalino:99	Plagioclasa:15	Cemento Basal:	Cemento Basal:
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:14	Cemento Pelicular:
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS
Arenitas:20	Andesitas:8	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:
Cherts:	Dacitas:1	Cemento Pelicular:54	Cemento Pelicular:153
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:50
Limolitas:		ARCILLA	
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:	
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:	
Esquistos:9	Granitos:8	Cemento Pelicular:55	
MICAS		Metasomatismo:	
Muscovita:10	Biotita:8	<i>Características Petrofísicas</i>	
Clorita:38		POROSIDAD PRIMARIA	
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 9	
Clinozoisita: 5	Circón: 2	Intrapartícula:	
Bioclastos:	Glaucónita:	POROSIDAD SECUNDARIA	
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:7
Piroxenos:	Carbonatos:203	Vugular:2	Fenestral
Detriticos Opacos:	Carbón:4	Mòldica:	
OBSERVACIONES: Metasomatismo de Cuarzo por Carbonato, Metasomatismo de Micas por Oxidos de Hierro, Micas Biotitas con proceso de Cloritización, Arcillas sobre Fracturas, Micas con Deformación Mecánica, Cemento Basal Carbonatado reemplazando el Cemento Siliceo, Metasomatismo de Plagioclasas por Carbonato.			

A



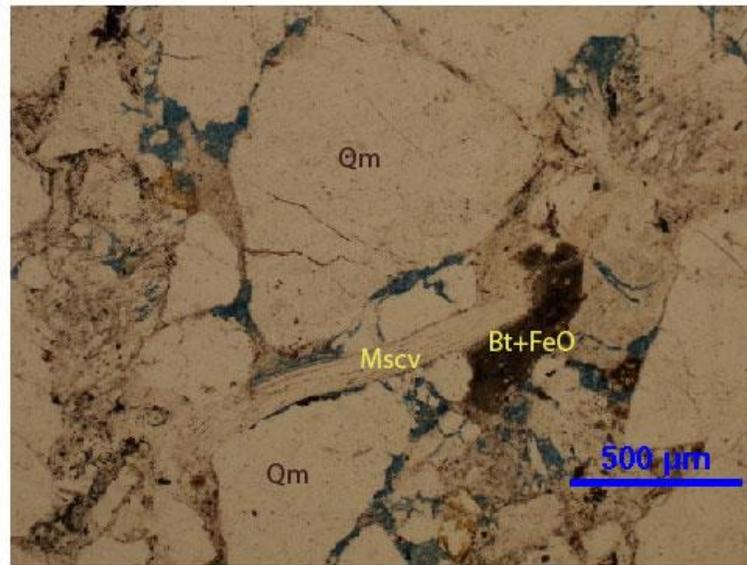
B



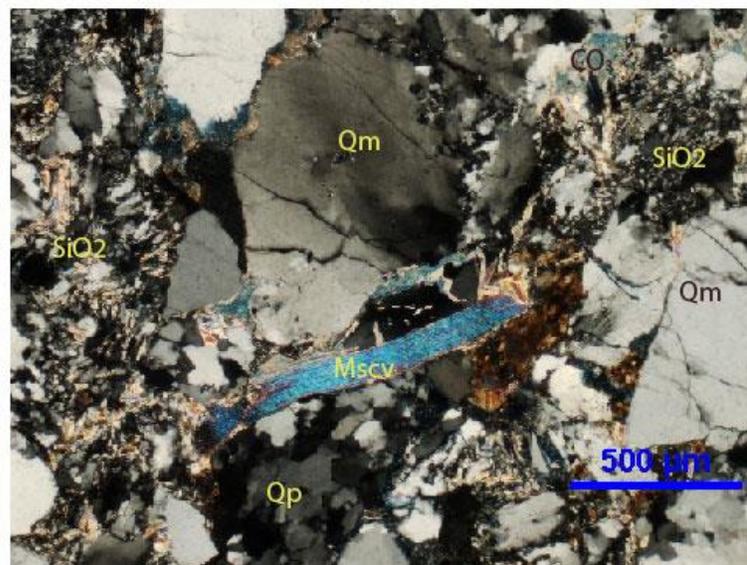
Anexos 1.3 Microfotografía de la Sección C2-05-38.15 del segmento denominado borde izquierdo del Río Cauca-San Nicolás en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales opacos de color negro y minerales incoloros en Primera Configuración además de clorita, y cemento ferruginoso de color pardo en forma pelicular B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), clorita (Cl), cuarzo monocristalino (Qm) con corrosión por carbonatos (CO_3) hacia los bordes, lítico ígneo (Lp) en la parte Inferior derecha con alta cantidad de plagioclasa, lítico sedimentario con alto contenido de cuarzo (Ls) y cemento silíceo (SiO_2) basal en la parte izquierda superior.

		PROYECTO	
REPORTE PETROGRAFICO			
Características de Texturales			
Muestra No. C2-04-13	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa	
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura	
2. Selección: Mal Seleccionada		6. Textura: granuda	
3. Redondez: Muy Angulares		7. Contacto Entre Granos:	
Características de Composición			
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>	
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS
Monocristalino: 466	Potasico: 8	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Policristalino: 28	Plagioclasa: 4	Cemento Basal:	Cemento Basal:
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular: 21	Cemento Pelicular:
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS
Arenitas: 16	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal: 80
Cherts: 19	Dacitas: 13	Cemento Pelicular:	Cemento Pelicular:
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:40
Limolitas:		ARCILLA	
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:	
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:	
Esquistos: 19	Granitos:	Cemento Pelicular:8	
MICAS		Metasomatismo:	
Muscovita: 38	Biotita: 1	Características Petrofísicas	
Clorita: 11		POROSIDAD PRIMARIA	
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 2	
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intraparticula:	
Bioclastos:	Glauconita:	POROSIDAD SECUNDARIA	
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:3
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular:	Fenestral
Detriticos Opacos:	Carbón:10	Mòldica:	
OBSERVACIONES: Metasomatismo en Plagioclasas por Arcilla, Micas con deformación Mecanica, Minerales Fracturados Porosidad por disolución, contactos suturados entre cuarzos, metasomatismo de cemento siliceo por carbonato Neoformismo de Carbonatos, Corrosión de cuarzos y plagioclasa por Carbonatos.			

A



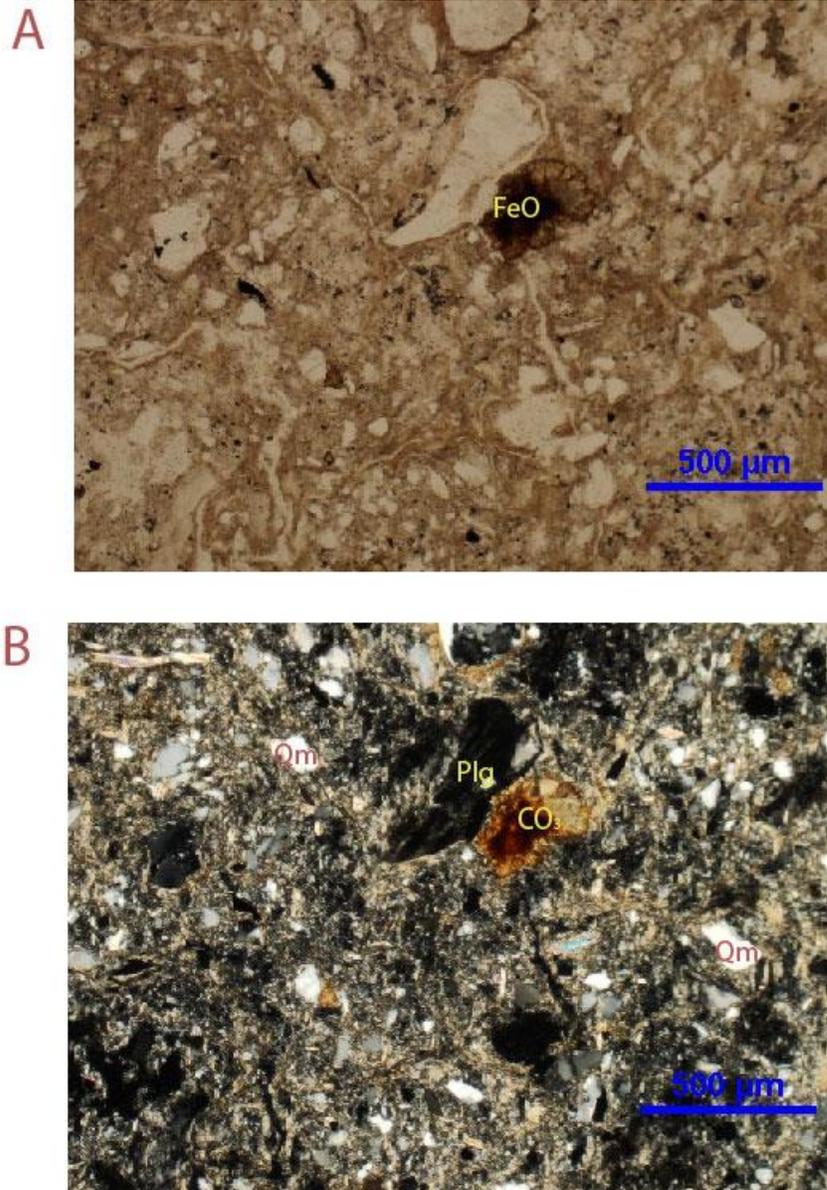
B



Anexos 1.4 Microfotografía de la Sección C2-04-13 del segmento denominado Quebrada La Nuarque en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa porosidad pelicular (coloración azul) y minerales incoloros en Primera Configuración además de biotita con pigmentación de óxidos de hierro, y cemento ferruginoso de color pardo en forma pelicular B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm) fracturados, moscovita con deformación mecánica (Mscv), cuarzo policristalino (Qp), corrosión del cemento silíceo (SiO₂) por el carbonato (CO₃), alta presencia de arcillas de coloraciones amarillas y mica con pigmentación ferruginosa que enmascara las propiedades iniciales del mineral.

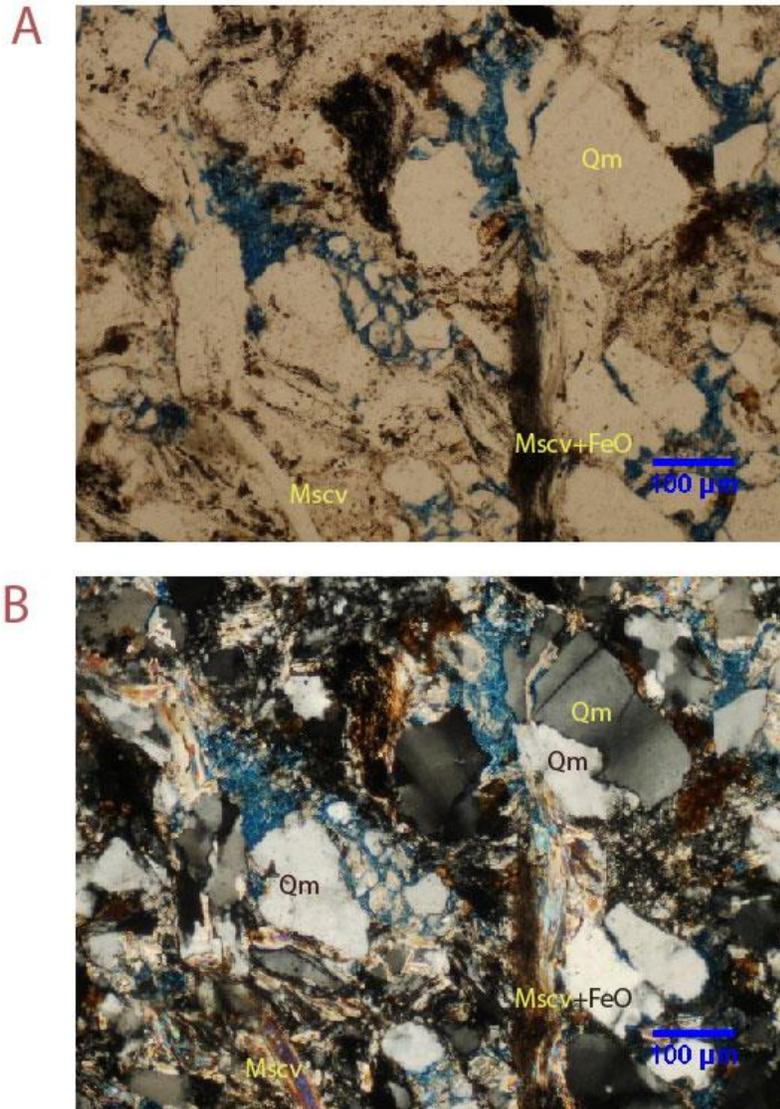


		PROYECTO	
		REPORTE PETROGRAFICO	
Características de Texturales			
Muestra No. C2-04-15	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa	
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura	
2. Selección: Mal seleccionada		6. Textura: Microcristalina	
3. Redondez: Muy angular		7. Contacto Entre Granos: Flotante	
Características de Composición			
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>	
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS
Monocristalino:135	Potásico:	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Policristalino:99	Plagioclasa:7	Cemento Basal:	Cemento Basal:
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:11	Cemento Pelicular:
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS
Arenitas:	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:
Cherts:2	Dacitas:	Cemento Pelicular:244	Cemento Pelicular:76
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:3
Limolitas:			ARCILLA
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:	
Filitas:	Gabros: 244	Cemento Basal:	
Esquistos:1	Granitos:	Cemento Pelicular:95	
MICAS		Metasomatismo:75	
Muscovita:10	Biotita:	Características Petrofísicas	
Clorita:2		POROSIDAD PRIMARIA	
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:	
Arcillas intergranulares:	circón: 1	Intrapartícula:	
Bioclastos:	Glauconita:	POROSIDAD SECUNDARIA	
Ooides:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:57
Piroxenos:	Carbonatos:76	Vugular:	Fenestral
Detriticos Opacos:1	Carbon:1	Mòldica:	
OBSERVACIONES: Neoformismo agradable de carbonatos, contactos flotantes, alta presencia de arcilla, Porosidad Por fractura, Baja proporción de Clorita			



Anexos 1.5 Microfotografía de la Sección C2-04-15 del segmento denominado Quebrada La Nuarque en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración además de carbonatos con pigmentación de óxidos de hierro, y cemento ferruginoso de color pardo en forma pelicular, es importante anotar que se ve una clara disminución en la granulometría B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), alta presencia de arcillas de coloraciones amarillas, neoformismo agradante de carbonatos (Co3) y cemento silíceo basal, además de fragmentos de plagioclasas (Plg).

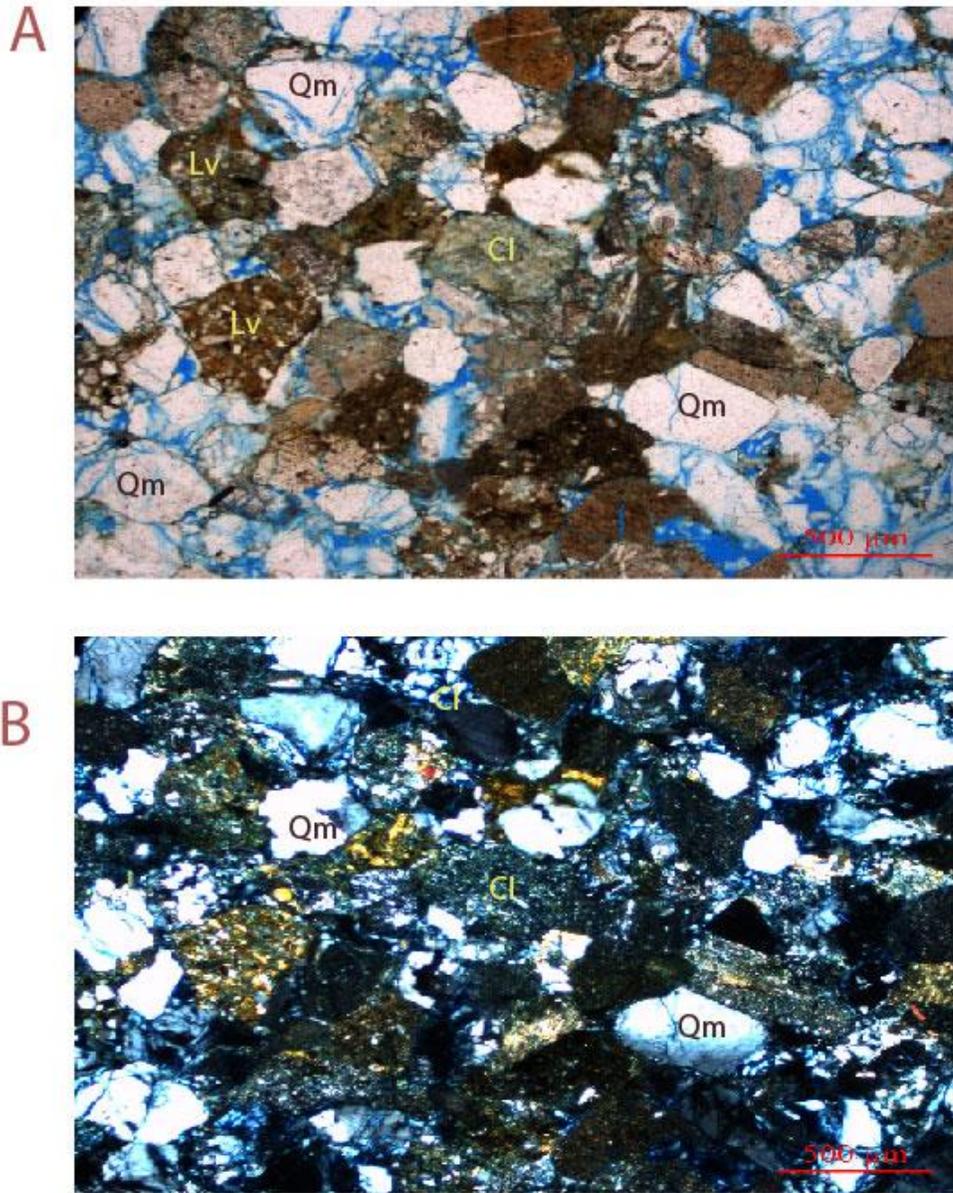
		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. C2-04-16	Clasificación	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Concavos-Convexos		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino:99	Potasio:1	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino:91	Plagioclasa:5	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:21	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas:3	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Calizas:	Basaltos:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:3	Dacitas:	Cemento Pelicular:60	Cemento Pelicular:37	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto:8	Granitos:2	Cemento Pelicular:75		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita:43	Biotita:	Características Petrofísicas		
Clorita:19		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:8		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Glauconita:	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:	
Piroxenos:	Carbonatos:37	Vugular:2	Fenestral	
Detriticos Opacos:	Carbón:3	Moldica:		
OBSERVACIONES: Cemento Ferruginoso Pigmentando Minerales, Arcillas peliculares, Deformación Mecánica en Micas Anfíboles cloritizados, porosidad por disolución, metasomatismo de plagioclasa por arcilla, metasomatismo de micas por clorita				



Anexos 1.6 Microfotografía de la Sección C2-04-16 del segmento denominado Quebrada La Nuarque en el Municipio de Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración además de minerales como micas con pigmentación de óxidos de hierro, y cemento ferruginoso de color rojizo en forma pelicular, la fábrica es mucho más compacta y se observa porosidad pelicular B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), micas con pigmentación ferruginosa (Mscv+FeO) que enmascara las propiedades ópticas de las micas, granos altamente fracturados, y cemento carbonatado de colores claros en forma pelicular.



		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. ALSJ-05	Clasificación: Litoarenita	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Tangenciales y longitudinales		
Características de Composición				
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino: 204	Potasico: 4	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino: 40	Plagioclasa: 7	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas: 11	Andesitas: 2	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Shale: 21	Toba: 2	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts: 83	Dacitas:	Cemento Pelicular: 55	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto:	Granitos: 3	Cemento Pelicular: 13		
MICAS		Metasomatismo: 10		
Muscovita: 1	Biotita: 3	Características Petrofísicas		
Clorita: 38		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 7		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota: 12	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura: 7	
Piroxenos: 2	Carbonatos:	Vugular: 14	Fenestral	
Detriticos Opacos: 12	Circón: 1	Mòldica: 3		
OBSERVACIONES: Cuarzo y Plagioclasa con bordes con corrosión por carbonatos, Micas y Líticos Igneos Cloritizados minerales altamente fracturados				

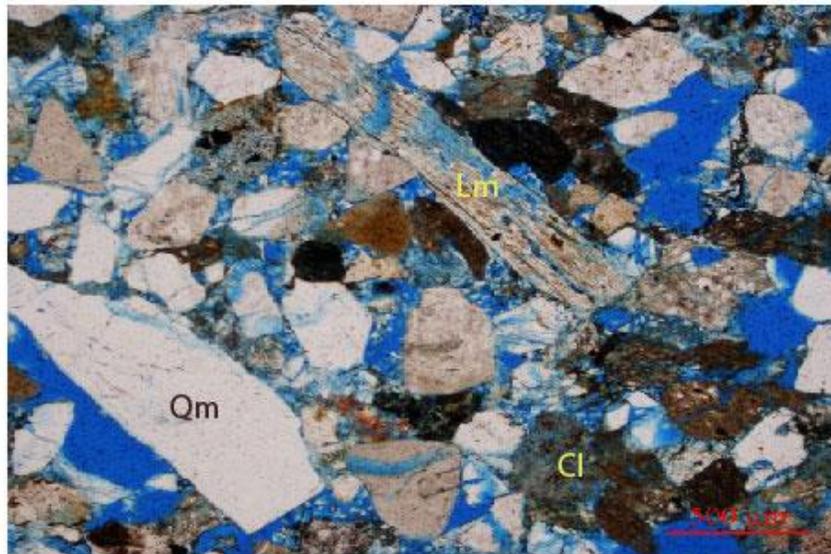


Anexos 1.7 Microfotografía de la Sección ALSJ-05 del segmento denominado Quebrada Guadacú en el municipio de San Jerónimo, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración además de minerales como clorita (Cl), líticos volcánicos (Lv), chert, y se observa porosidad pelicular B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm) algunos fracturados, cloritización de líticos volcánicos (Cl) cemento síliceo pelicular y metasomatismo de líticos volcánicos y plagioclasa por arcillas.

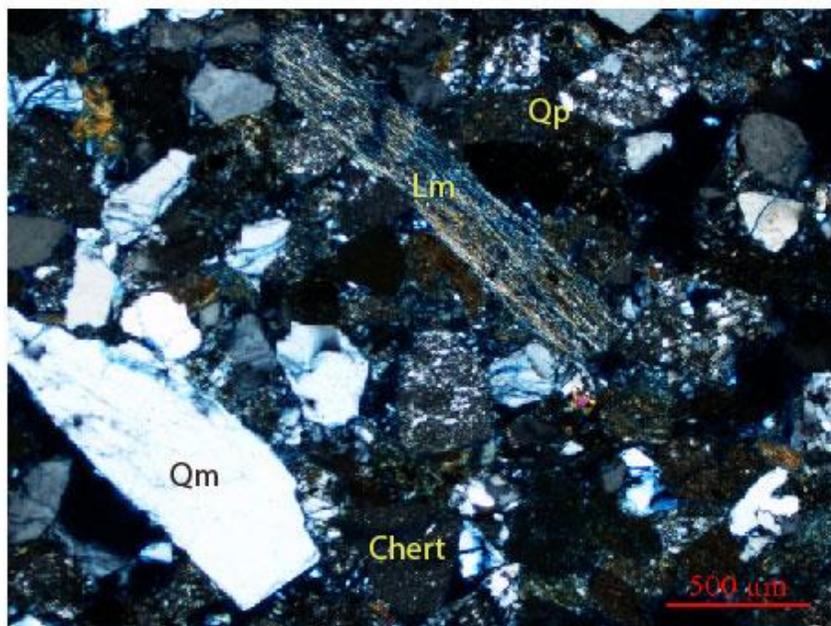


		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. ALSJ-08	Clasificación: Litoarenita	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Innmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Tangenciales y longitudinales		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino: 140	Potasico: 1	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino: 48	Plagioclasa: 16	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular: 13	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas: 17	Andesitas: 1	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Shale: 37	Toba: 2	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts: 50	Dacitas:	Cemento Pelicular: 29	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto: 5	Granitos: 17	Cemento Pelicular: 4		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita: 3	Biotita: 1	Características Petrofísicas		
Clorita: 32		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 8		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota: 7	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura: 10	
Piroxenos: 1	Carbonatos:	Vugular: 30	Fenestral	
Detriticos Opacos: 8	Circón:	Mòldica: 5		
OBSERVACIONES: Micas y Líticos Igneos Cloritizados				

A



B

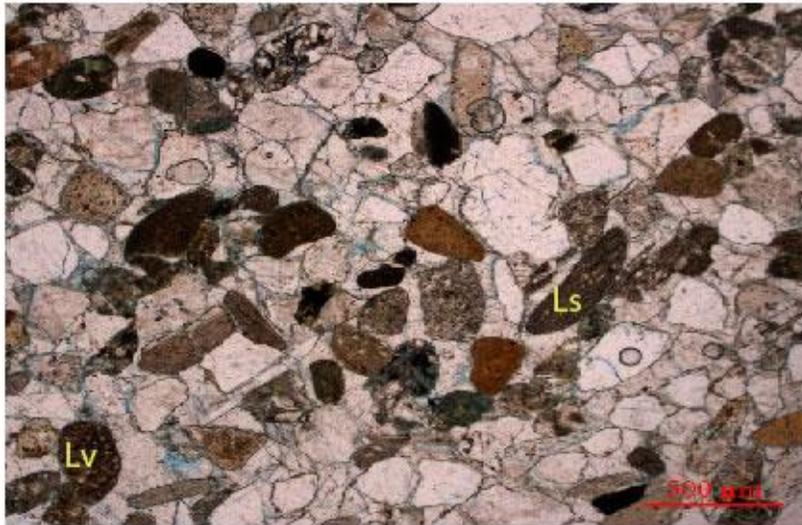


Anexos 1.8 Microfotografía de la Sección ALSJ-08 del segmento denominado Quebrada Guadacú en el municipio de San Jerónimo, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración además de minerales como clorita (Cl), líticos volcánicos (Lv), minerales opacos y se observa porosidad pelicular B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm) algunos fracturados, cloritización de líticos volcánicos (Cl) cemento silíceo pelicular y basal, algunos granos de chert y líticos metamórficos.

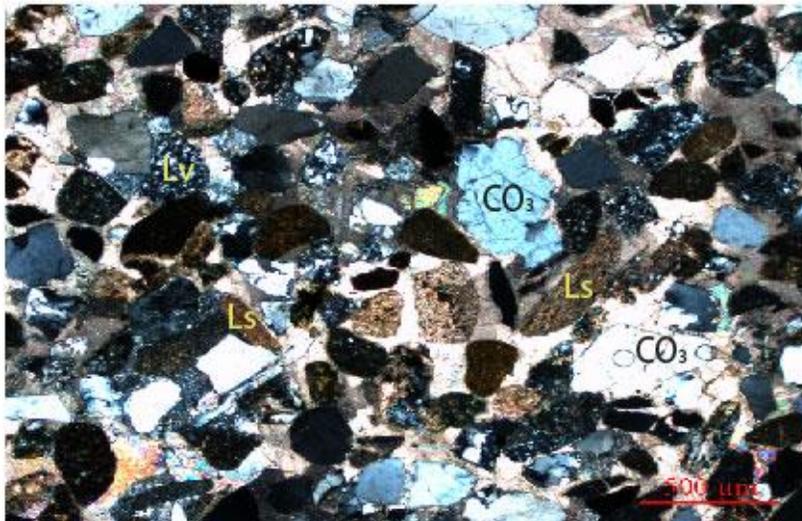


		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. ALSJ-13	Clasificación: Litoarenita	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Tangenciales y longitudinales		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino:91	Potasico:2	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino:13	Plagioclasa:5	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:4	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas:30	Andesitas:6	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Shale:21	Toba:	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:43	Dacitas:1	Cemento Pelicular:3	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto:9	Granitos:12	Cemento Pelicular: 16		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita:2	Biotita:1	Características Petrofísicas		
Clorita:32		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota:5	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura:	
Piroxenos:	Carbonatos:196	Vugular:	Fenestral	
Detriticos Opacos:5	Circón:	Mòldica:		
OBSERVACIONES: Cuarzo y Plagioclasa con bordes con corrosión por carbonatos, Micas y Líticos Igneos Cloritizados				

A



B

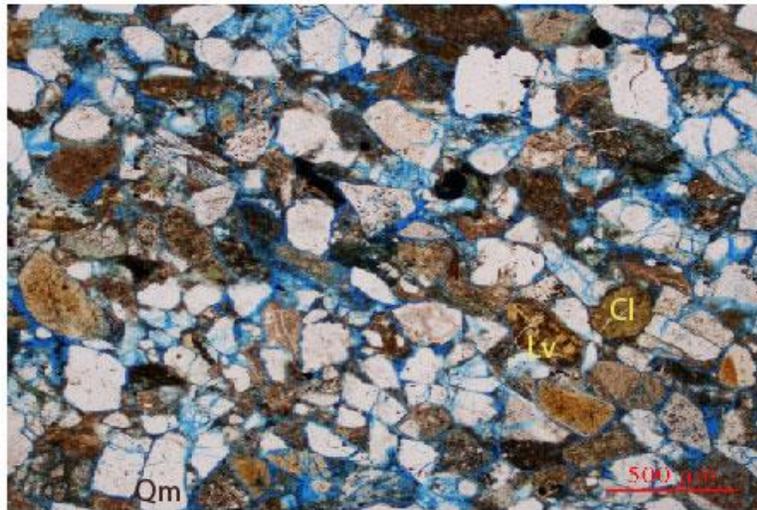


Anexos 1.9 Microfotografía de la Sección ALSJ-13 del segmento denominado Quebrada Guadacú en el municipio de San Jerónimo, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración en contactos flotantes, además de minerales como clorita (Cl), líticos volcánicos (Lv), y chert B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm) algunos fracturados, cloritización de líticos volcánicos (Cl) cemento carbonatado basal (CO₃), líticos sedimentarios tipo shale (Ls), corrosión por carbonatos en cuarzos, micas moscovitas con deformación mecánica.

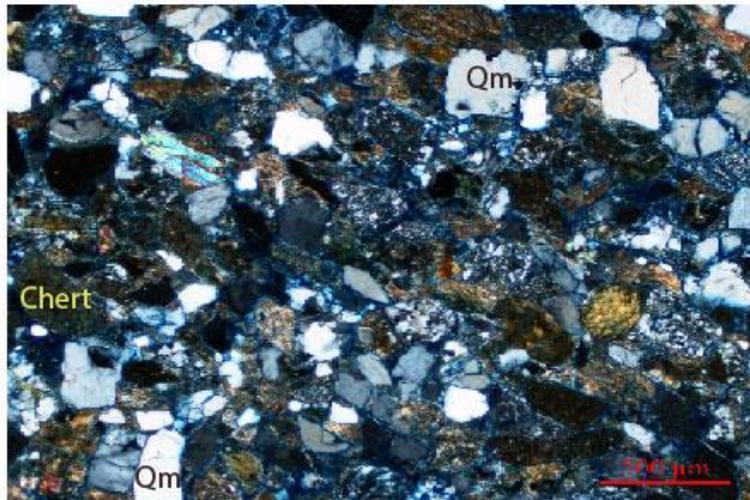


		PROYECTO		
		REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. ALSJ-14	Clasificación: Litoarenita	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Inmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Tangenciales y longitudinales		
Características de Composición				
<i>Minerales Detritos</i>		<i>Minerales Diagenéticos</i>		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino: 177	Potasico: 3	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino: 45	Plagioclasa: 4	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular: 2	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas: 5	Andesitas: 1	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Shale: 22	Toba: 1	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts: 40	Dacitas:	Cemento Pelicular: 32	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto: 3	Granitos: 1	Cemento Pelicular: 64		
MICAS		Metasomatismo: 10		
Muscovita: 10	Biotita: 1	<i>Características Petrofísicas</i>		
Clorita: 41		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular: 23		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota: 5	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura: 18	
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular: 10	Fenestral	
Detríticos Opacos: 11	Circón:	Mòldica: 5		
OBSERVACIONES: Minerales Cloritizados (Anfiboles, Líticos Volcánicos y Micas), Micas con Deformación Mecánica				

A



B

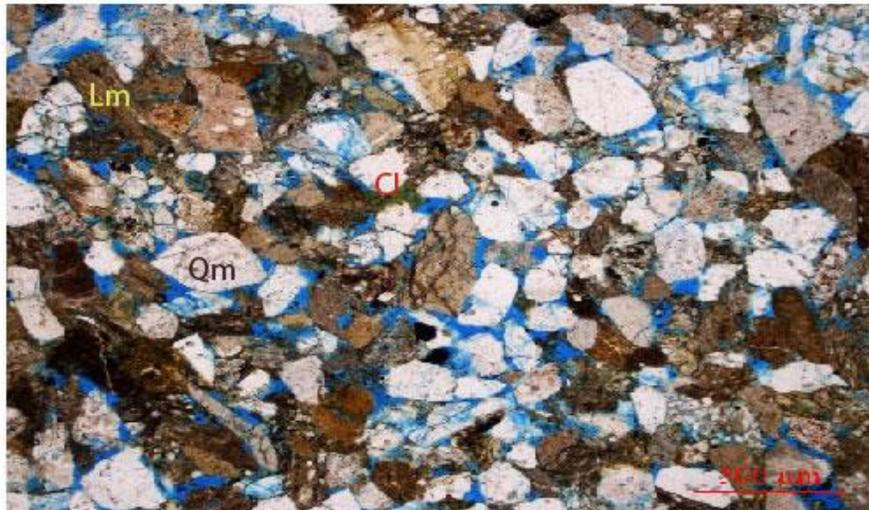


Anexos 1.10 Microfotografía de la Sección ALSJ-14 del segmento denominado Quebrada Guadacù en el municipio de San Jerónimo, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración con contactos puntuales y flotantes, además de minerales como clorita (Cl), líticos volcánicos (Lv), chert y se observa cemento ferruginoso en forma pelicular y pigmentación de óxidos de hierro en algunos minerales B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm) algunos fracturados, cloritización de líticos volcánicos (Cl) cemento síliceo pelicular, chert, cuarzo policristalino, micas moscovitas y Minerales opacos.

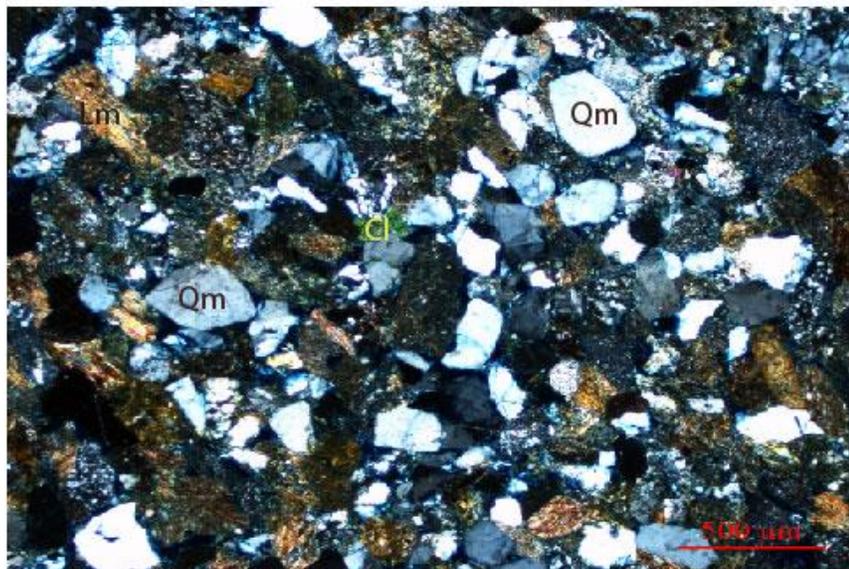


		PROYECTO REPORTE PETROGRAFICO		
Características de Texturales				
Muestra No. ALSJ-19	Clasificación: Litoarenita	4. Matriz: Arcillosa		
1. Tamaño de grano: 0.5 a < 2mm		5. Madurez: Innmadura		
2. Selección: Mala Selección		6. Textura: Granudas		
3. Redondez: Muy Angular		7. Contacto Entre Granos: Tangenciales y longitudinales		
Características de Composición				
Minerales Detritos		Minerales Diagenéticos		
CUARZO	FELDESPATO	OXIDOS DE Fe	SULFATOS	
Monocristalino:155	Potasico:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Policristalino:60	Plagioclasa:23	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
FRAGMENTOS LÍTICOS		Cemento Pelicular:1	Cemento Pelicular:	
Sedimentarios	Volcánicos	SILICE	CARBONATOS	
Arenitas:26	Andesitas:	Cemento Poros:	Cemento Poros:	
Shale:104	Toba: 1	Cemento Basal:	Cemento Basal:	
Cherts:39	Dacitas:	Cemento Pelicular:33	Cemento Pelicular:	
Fosforitas:		Sobrecrecimiento de Q:	Metasomatismo:	
Limolitas:		ARCILLA		
Metamórficos	Plutónicos	Cemento Poros:		
Filitas:	Gabros:	Cemento Basal:		
Esquisto:12	Granitos:30	Cemento Pelicular: 17		
MICAS		Metasomatismo:		
Muscovita:10	Biotita:1	Características Petrofísicas		
Clorita:41		POROSIDAD PRIMARIA		
OTROS CONSTITUYENTES		Intragranular:7		
Arcillas intergranulares:	Arcillas Heredadas:	Intrapartícula:		
Bioclastos:	Epidota:4	POROSIDAD SECUNDARIA		
Olivino:	Hornblenda:	Intercristalina:	Fractura: 8	
Piroxenos:	Carbonatos:	Vugular: 12	Fenestral	
Detríticos Opacos:6	Circón:	Mòldica:		
OBSERVACIONES: Cloritización de Líticos Volcánicos. Metasomatismo de Líticos Volcánicos y Plagioclasas por Arcilla				

A

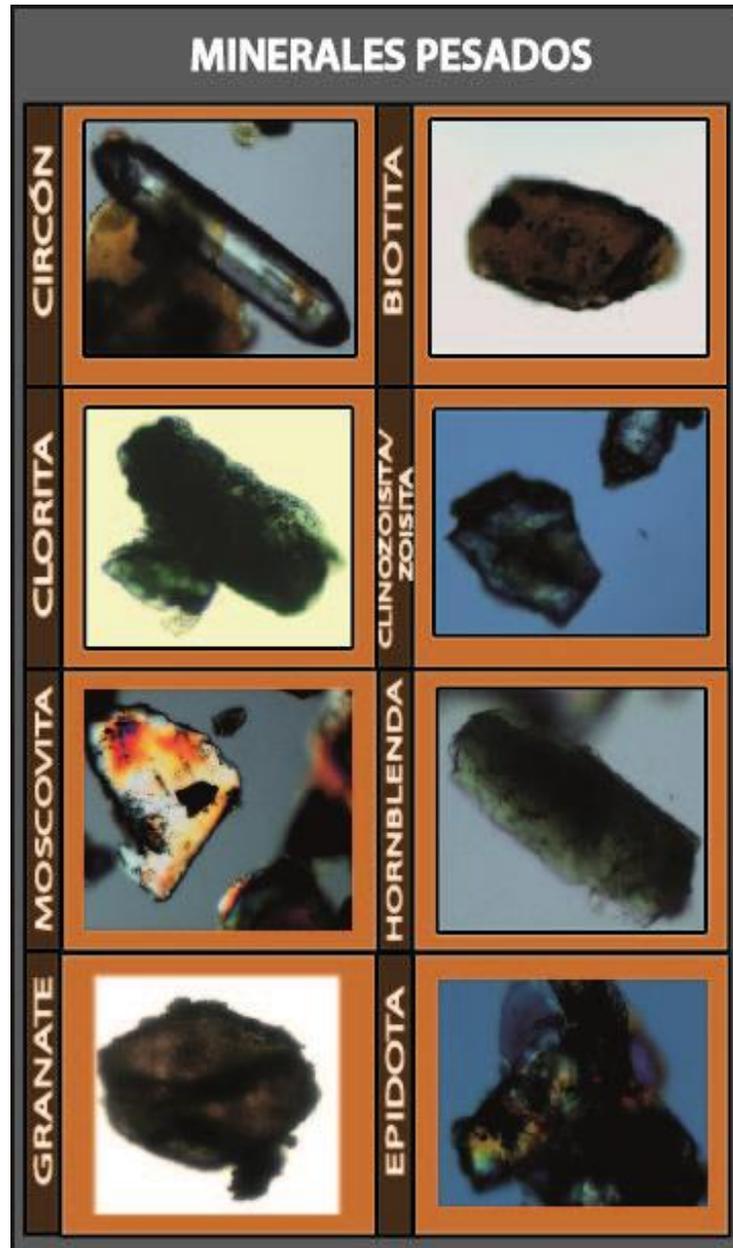


B



Anexos 1.11 Microfotografía de la Sección ALSJ-19 del segmento denominado Quebrada Guadacú en el municipio de San Jerónimo, Departamento de Antioquia. A) Se observa minerales incoloros en Primera Configuración con alta compactación además de minerales como clorita (Cl), líticos volcánicos (Lv), chert y óxidos de hierro B) (NX) Se observa alta presencia de cuarzo monocristalino (Qm), cloritización de líticos volcánicos (Cl) cemento silíceo pelicular, chert, micas moscovitas pigmentadas con óxidos de hierro, líticos volcánicos metasomatisados por arcillas, alteración de plagioclasas por arcillas.

ANEXOS 2
IMÁGENES DE MINERALES DENSOS.



Anexos 2.1 Microfotografías de los principales minerales densos vistos en las secciones delgadas de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia.

ANEXO 3

CONTEOS PETROGRAFICOS, ANALISIS DE MINERALES DENSOS Y ANALISIS DE CIRCONES DETRITICOS.

Muestra	Qm	Qp	Plg	Fk	LITICOS SEDIMENTARIOS			LITICOS IGNEOS				LITICOS METAMORFICOS			MICAS			CEMENTO			Porosidad	Anfibol	Piroxeno	Epidota	Arcilla	Opacos	Carbón	Circón	Clinozoisita
					chert	arenita	shale	Dacita	Andecita	Granito	Toba	Esquist.	Filita	Gneis	Biotita	Muscovita	Clorita	Carbonatado	Siliceo	Ferruginoso									
C2-0703-32	439	22	34	71	0	17	0	26	0	0	0	3	0	0	28	18	12	0	59	13	6	0	0	0	0	1	0	0	2
SI-07-27	323	6	13	67	10	5	0	7	0	0	0	2	0	0	72	11	33	204	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2
C20538	216	32	2	27	4	28	0	0	3	20	10	4	0	0	6	10	52	123	18	4	0	0	0	0	17	4	0	0	0
c20413	127	89	4	8	8	22	0	0	1	0	0	3	0	0	0	5	4	58	17	6	0	0	0	1	40	4	0	0	0
C2-04-15	135	99	7	0	2	0	0	20	44	0	15	1	0	0	0	10	2	76	244	11	57	0	0	0	261	1	1	1	0
C2-04-16	99	91	5	1	3	3	0	0	2	0	0	8	0	0	0	43	19	37	60	21	8	0	0	0	75	0	3	0	0
ALSI05	204	40	7	4	83	11	21	0	2	3	2	0	0	0	3	1	38	0	55	0	31	0	2	12	23	12	0	1	0
ALSI08	140	48	16	1	50	17	37	0	1	17	2	5	0	0	1	3	32	0	29	13	53	0	1	7	4	8	0	0	0
ALSI13	91	36	5	2	43	30	21	1	6	12	0	9	0	0	1	2	32	196	3	4	0	0	0	5	16	5	0	0	0
ALSI14	177	45	4	3	40	5	22	0	1	1	1	3	0	0	1	3	48	0	32	2	58	0	0	5	74	11	0	0	0
ALSI19	155	60	23	0	39	26	104	0	0	30	1	12	0	0	1	10	41	0	33	1	27	0	0	4	17	6	0	0	0

Anexos 3.1 Resumen de conteo de granos para las secciones delgadas analizadas en la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia.

Muestra	C2-0703-37	SI-07-05-09	SI-07-05-12	SI-07-05-15	SI-07-05-20	SI-07-27	SI-07-29	SI-07-44	C2-05-38	SI-04-06-01	SI-04-08-01	SI-04-09-01	C2-04-13	C2-04-16	SI-06-06-02	SI-01-01	SI-01-04-01	ALSI-05	ALSI-08	ALSI-13	ALSI-14	ALSI-19	SI-07-03-01	SI-07-02-01	SI-04-05-02
Circón	1.3	12.9	31.1	24.9	22.3	1.4	1.1	0.9	0.7	6.9	27.7	3.6	1.7	4.6	19.4	17.1	5.1	4.3	1.0	3.0	1.3	2.3	6.3	0.0	0.0
Turmalina	1.3	2.6	1.1	4.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	2.9	18.9	0.0	0.0	1.7	7.1	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Rutilo	0.0	0.9	2.3	1.4	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1	0.0	0.0	2.6	1.1	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.3
Apatito	0.0	28.9	21.1	11.7	7.1	0.0	0.6	0.0	0.7	4.9	33.4	12.0	0.0	0.0	20.3	16.9	41.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	12.6	0.0
Biotita	38.8	1.1	1.1	2.3	3.7	35.2	22.5	26.1	20.9	0.3	0.0	1.1	23.2	21.8	0.0	1.4	3.4	6.62	5.32	8.67	6.82	7.74	0.0	0.0	0.0
Moscovita	7.5	8.6	8.3	1.1	3.7	19.7	23.1	27.0	19.4	0.9	10.9	5.1	29.7	19.3	12.3	4.9	6.3	39.7	44.7	44.9	28.0	32.9	0.0	2.0	0.0
Zoisita	0.0	0.3	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Clinozoisita	10.6	10.0	10.0	18.0	11.1	4.2	6.6	4.5	7.9	0.9	10.6	11.7	8.0	5.9	37.4	5.1	1.7	8.1	3.2	2.6	4.5	1.9	3.7	8.0	0.0
Clorita	15.0	0.0	0.3	0.3	0.3	14.1	16.5	26.1	12.9	0.6	0.0	0.0	16.7	17.6	0.0	1.7	1.4	25.0	19.1	34.2	29.5	44.5	2.0	0.9	0.0
Epidota	3.1	5.1	4.3	2.0	6.6	2.8	4.9	1.8	5.8	7.4	7.7	10.3	5.1	5.9	2.6	2.3	0.9	1.5	2.1	0.5	0.0	1.3	0.3	9.4	0.0
Granate	3.8	19.7	17.4	27.1	23.7	0.0	2.2	2.7	0.0	0.0	0.3	6.3	1.4	2.5	5.1	27.1	2.6	1.5	1.1	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Ortopx	0.0	2.0	1.7	2.9	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	1.1	3.7	0.0	0.0	6.0	3.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	3.4	0.0
Au	0.0	8.0	1.1	3.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	2.6	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	0.0
Hb	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	4.3	39.7	25.4	0.0	0.7	0.0	2.9	9.7	0.0	0.74	0.00	0.51	0.00	0.00	75.1	51.4	85.4
Oxhib	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0

Anexos 3.2 Resumen de conteo de granos utilizados para el análisis de minerales densos en los diferentes segmentos de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
060602_95	3.645	0,29	5,8122	2,26%	0,0735	1,11%	1023,4	21,4	1029,0	22,3	1029,0	22,3
060602_94	99	0,62	12,6018	3,03%	0,0594	2,19%	492,3	14,4	580,8	47,0	492,3	14,4
060602_93	198	0,29	375,9332	6,18%	0,0829	5,35%	17,1	1,1	1267,0	101,0	17,1	1,1
060602_92	1.081	0,32	16,7409	2,38%	0,0548	1,31%	374,0	8,6	405,1	29,1	374,0	8,6
060602_91	752	0,61	157,8968	2,92%	0,0472	3,08%	40,7	1,2	61,1	71,7	40,7	1,2
060602_90	1.350	1,01	141,5362	2,51%	0,0476	2,30%	45,4	1,1	78,5	53,8	45,4	1,1
060602_89	1.606	0,66	36,1312	2,34%	0,0503	1,51%	176,0	4,1	209,4	34,7	176,0	4,1
060602_88	452	0,70	6,6406	2,38%	0,0690	1,21%	904,3	20,0	897,8	24,7	904,3	20,0
060602_87	1.932	0,13	26,2933	2,15%	0,0509	1,28%	240,6	5,1	234,6	29,2	240,6	5,1
060602_86	164	0,34	6,4248	2,66%	0,0872	1,33%	932,5	23,1	1363,9	25,5	1363,9	25,5
060602_85	544	0,38	68,7045	2,77%	0,0485	2,48%	95,9	2,6	123,9	57,4	95,9	2,6
060602_84	637	0,39	108,8101	3,11%	0,0448	2,92%	59,0	1,8	0,0	1,4	59,0	1,8
060602_83	678	0,34	66,8202	2,83%	0,0479	2,07%	95,8	2,7	95,0	48,2	95,8	2,7
060602_82	734	0,37	9,6186	2,35%	0,0603	1,24%	637,6	14,3	615,5	26,5	637,6	14,3
060602_81	1.136	0,73	21,1206	2,35%	0,0511	1,34%	298,2	6,8	243,3	30,6	298,2	6,8
060602_80	1.067	0,52	72,0443	2,51%	0,0468	1,91%	88,9	2,2	38,3	45,0	88,9	2,2
060602_79	1.847	0,30	27,4481	2,43%	0,0509	1,28%	230,7	5,5	234,5	29,4	230,7	5,5
060602_78	1.857	0,16	9,7567	2,51%	0,0606	1,24%	629,0	15,0	624,8	26,6	629,0	15,0
060602_77	1.764	0,28	9,0495	2,45%	0,0618	1,22%	675,7	15,7	667,7	25,9	675,7	15,7
060602_76	758	0,41	199,6553	3,25%	0,0468	3,04%	32,2	1,0	37,7	71,1	32,2	1,0
060602_75	4.670	0,05	27,3194	3,84%	0,0501	1,53%	231,7	8,7	200,8	35,1	231,7	8,7
060602_74	344	0,50	3,5086	2,39%	0,1081	1,14%	1616,5	34,1	1768,3	20,7	1768,3	20,7
060602_73	4.128	0,33	78,2035	2,35%	0,0498	1,37%	81,9	1,9	184,1	31,7	81,9	1,9
060602_72	492	0,34	68,6875	2,43%	0,0480	2,47%	93,2	2,2	100,3	57,4	93,2	2,2
060602_71	737	0,28	29,0066	2,02%	0,0505	1,04%	218,5	4,3	217,5	23,8	218,5	4,3
060602_70	458	0,30	124,4065	2,87%	0,0471	2,98%	51,6	1,5	52,5	69,7	51,6	1,5
060602_69	274	0,58	5,9378	2,15%	0,0768	0,82%	1003,4	19,9	1115,6	16,3	1115,6	16,3
060602_68	2.316	0,27	107,9756	2,13%	0,0484	1,12%	59,4	1,3	120,3	26,1	59,4	1,3
060602_67	189	0,62	3,7044	2,38%	0,1227	0,71%	1540,6	32,6	1995,7	12,6	1995,7	12,6
060602_66	854	0,33	10,2698	4,34%	0,0691	0,72%	599,0	24,8	900,8	14,8	599,0	24,8
060602_65	334	0,10	11,2126	2,00%	0,0595	1,04%	550,7	10,5	585,0	22,3	550,7	10,5
060602_64	663	0,08	26,1010	1,95%	0,0518	1,08%	242,4	4,6	274,7	24,4	242,4	4,6
060602_63	354	0,11	12,7362	2,51%	0,0562	1,63%	487,3	11,7	460,0	35,7	487,3	11,7
060602_62	609	0,38	4,4503	3,64%	0,0937	0,71%	1306,7	42,9	1501,3	13,4	1501,3	13,4
060602_61	993	0,14	15,8967	2,18%	0,0581	0,94%	393,3	8,3	535,2	20,4	393,3	8,3
060602_60	276	0,53	4,9775	3,02%	0,0929	0,80%	1180,2	32,5	1486,1	15,2	1486,1	15,2
060602_59	1.493	0,20	4,8036	1,57%	0,0812	0,62%	1219,1	17,5	1227,1	12,1	1219,1	12,1
060602_58	806	0,37	106,1901	2,62%	0,0521	2,05%	60,4	1,6	288,9	46,2	60,4	1,6
060602_57	409	0,29	69,3885	2,50%	0,0478	2,83%	92,2	2,3	90,7	65,8	92,2	2,3
060602_56	232	0,22	15,2987	3,70%	0,0722	1,03%	408,2	14,6	992,3	20,7	408,2	14,6
060602_55	142	0,39	6,3851	2,40%	0,0818	0,94%	937,9	20,9	1241,7	18,3	1241,7	18,3
060602_54	893	0,05	30,2009	2,24%	0,0520	1,01%	210,0	4,6	283,4	23,0	210,0	4,6
060602_53	657	0,71	2,9318	1,74%	0,1166	0,56%	1891,9	28,5	1904,2	10,0	1904,2	10,0
060602_52	81	1,18	3,8689	2,45%	0,1167	0,75%	1482,0	32,4	1906,9	13,5	1482,0	32,4
060602_51	80	0,68	76,6826	3,63%	0,0538	4,43%	83,5	3,0	362,9	96,9	83,5	3,0
060602_50	222	1,28	10,9466	1,87%	0,0589	1,17%	563,5	10,1	562,7	25,3	563,5	10,1
060602_49	295	0,32	5,8852	1,72%	0,0721	0,79%	1011,7	16,1	989,5	16,0	989,5	16,0
060602_48	707	0,34	5,5396	1,96%	0,0856	0,60%	1069,8	19,3	1328,5	11,6	1328,5	11,6
060602_47	795	0,34	69,7857	1,81%	0,0478	1,49%	91,7	1,7	90,2	34,9	91,7	1,7
060602_46	1.056	0,62	161,7765	2,13%	0,0475	1,77%	39,7	0,8	72,8	41,5	39,7	0,8
060602_45	280	0,27	7,4825	1,87%	0,0718	0,83%	808,6	14,2	978,9	16,9	808,6	14,2
060602_44	1.045	0,12	25,9173	1,73%	0,0513	0,97%	244,1	4,1	253,8	22,2	244,1	4,1
060602_43	1.489	0,04	3,6796	1,71%	0,0961	0,56%	1549,8	23,6	1550,5	10,4	1550,5	10,4
060602_42	949	0,55	256,7516	2,20%	0,0473	2,81%	25,1	0,6	64,0	65,7	25,1	0,6
060602_41	403	0,23	5,7719	2,15%	0,0735	0,76%	1030,0	20,5	1029,1	15,4	1029,1	15,4
060602_40	276	0,26	76,8627	2,35%	0,0481	2,42%	83,3	1,9	103,9	56,3	83,3	1,9
060602_39	719	0,82	11,5474	2,19%	0,0583	1,11%	535,4	11,2	540,7	24,2	535,4	11,2
060602_38	1.213	0,65	66,1959	2,06%	0,0479	1,23%	96,7	2,0	92,1	28,9	96,7	2,0
060602_37	1.603	0,89	108,1129	2,58%	0,0485	1,33%	59,4	1,5	123,8	31,1	59,4	1,5

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
060602_36	252	0,42	81,7432	2,63%	0,0469	2,67%	78,4	2,0	46,3	62,5	78,4	2,0
060602_35	1.079	0,24	2,8289	1,97%	0,1282	0,63%	1951,2	33,0	2073,4	11,1	1951,2	33,0
060602_34	607	0,36	68,7951	11,53%	0,0486	2,44%	93,0	10,6	127,8	56,4	93,0	10,6
060602_33	300	0,29	339,5913	3,57%	0,0532	4,13%	19,0	0,7	335,4	91,0	19,0	0,7
060602_32	1.112	0,16	19,0366	2,50%	0,0551	0,82%	330,0	8,0	416,0	18,3	330,0	8,0
060602_31	293	0,36	71,2696	2,50%	0,0475	2,83%	89,8	2,2	73,8	65,8	89,8	2,2
060602_30	755	0,41	3,7661	2,37%	0,1431	0,70%	1518,1	32,0	2264,8	12,1	1518,1	32,0
060602_29	139	0,33	64,5509	2,90%	0,0480	3,04%	99,1	2,8	97,8	70,4	99,1	2,8
060602_28	466	0,37	9,4809	1,88%	0,0629	0,77%	646,4	11,5	703,8	16,2	646,4	11,5
060602_27	366	0,65	2,8467	2,05%	0,1161	0,64%	1940,7	34,2	1896,9	11,5	1940,7	34,2
060602_26	1.397	0,85	77,6894	2,17%	0,0481	1,23%	82,4	1,8	106,2	28,9	82,4	1,8
060602_25	635	0,16	3,9099	1,87%	0,0938	0,65%	1468,1	24,5	1504,5	12,3	1468,1	24,5
060602_24	479	0,37	73,7914	2,35%	0,0481	1,80%	86,8	2,0	104,8	42,0	86,8	2,0
060602_23	2.022	0,11	25,3888	1,95%	0,0521	0,72%	249,0	4,8	291,5	16,3	249,0	4,8
060602_22	1.329	0,58	171,1160	2,23%	0,0477	1,61%	37,6	0,8	82,8	37,9	37,6	0,8
060602_21	586	0,67	40,0011	2,51%	0,0497	1,35%	159,2	3,9	179,9	31,3	159,2	3,9
060602_20	517	0,40	71,6217	2,75%	0,0494	1,84%	89,4	2,4	168,5	42,3	89,4	2,4
060602_19	889	0,64	156,2998	2,51%	0,0477	2,25%	41,1	1,0	82,3	52,6	41,1	1,0
060602_18	359	0,32	77,7894	2,56%	0,0473	2,36%	82,3	2,1	64,9	55,2	82,3	2,1
060602_17	1.660	0,48	26,7358	2,50%	0,0510	0,83%	236,7	5,8	240,9	19,1	236,7	5,8
060602_16	536	0,40	73,5230	2,38%	0,0490	1,73%	87,1	2,1	146,7	40,0	87,1	2,1
060602_15	870	0,38	71,6128	2,45%	0,0484	1,55%	89,4	2,2	120,0	36,1	89,4	2,2
060602_14	387	0,31	66,3480	2,77%	0,0480	2,01%	96,4	2,6	97,9	46,9	96,4	2,6
060602_13	1.398	0,12	25,0545	2,36%	0,0513	0,87%	252,3	5,8	253,4	19,9	252,3	5,8
060602_12	209	0,49	3,8194	2,39%	0,0911	0,87%	1499,2	31,9	1449,1	16,4	1499,2	31,9
060602_11	382	0,90	10,6006	2,41%	0,0571	0,99%	581,1	13,4	495,6	21,7	581,1	13,4
060602_10	1.031	0,19	103,9989	4,24%	0,0519	2,41%	61,7	2,6	280,8	54,1	61,7	2,6
060602_9	855	0,04	31,2973	4,02%	0,0470	2,62%	202,8	8,0	47,4	61,5	202,8	8,0
060602_8	1.455	0,41	4,2721	2,76%	0,0948	0,67%	1355,8	33,7	1524,6	12,6	1355,8	33,7
060602_7	2.743	0,36	88,2298	2,66%	0,0476	1,14%	72,7	1,9	81,0	26,8	72,7	1,9
060602_6	351	0,34	83,1873	2,68%	0,0471	2,95%	77,0	2,0	55,6	69,0	77,0	2,0
060602_5	923	0,19	134,4917	7,58%	0,0710	9,03%	47,8	3,6	958,0	174,3	47,8	3,6
060602_4	392	1,08	3,1342	2,50%	0,1144	0,77%	1785,1	38,8	1870,4	13,8	1785,1	38,8
060602_3	878	0,25	75,4627	3,29%	0,0472	1,88%	84,9	2,8	59,6	44,2	84,9	2,8
060602_2	573	0,61	39,8091	3,30%	0,0555	1,73%	159,9	5,2	434,1	38,0	159,9	5,2
060602_1	453	1,00	4,1081	2,58%	0,9105	0,58%	1404,5	32,4	5105,2	8,1	1404,5	32,4
SJ0662_11	1.388	0,20	15,0950	2,36%	0,0676	0,94%	413,5	9,5	855,0	19,5	413,5	9,5
SJ0662_10	768	0,73	81,0264	2,97%	0,0470	3,64%	79,1	2,3	48,5	84,8	79,1	2,3
SJ0662_9	756	0,30	8,5269	5,17%	0,0848	1,23%	714,9	34,9	1311,8	23,7	714,9	34,9
SJ0662_8	258	0,66	95,7350	6,80%	0,0594	4,29%	67,0	4,5	580,0	90,6	67,0	4,5
SJ0662_7	281	0,75	39,6397	3,81%	0,0523	4,16%	160,6	6,0	298,3	92,3	160,6	6,0
SJ0662_6	519	0,55	70,8753	3,49%	0,0497	4,14%	90,3	3,1	179,3	93,7	90,3	3,1
SJ0662_5	878	0,46	116,4728	3,15%	0,0522	3,87%	55,1	1,7	293,6	86,0	55,1	1,7
SJ0662_4	1.255	0,12	28,9778	2,09%	0,0537	1,69%	218,7	4,5	356,6	37,6	218,7	4,5
SJ0662_3	259	0,74	106,3543	7,93%	0,0690	5,52%	60,3	4,8	899,3	109,9	60,3	4,8
SJ0662_2	282	0,77	39,4558	4,80%	0,0504	4,17%	161,3	7,6	212,4	93,8	161,3	7,6
SJ0662_1	636	0,37	28,4536	2,41%	0,0523	2,47%	222,7	5,3	300,4	55,4	222,7	5,3
SJ070301_121	2.098	0,27	92,3675	3,31%	0,0487	1,78%	69,4	2,3	135,8	41,3	69,4	2,3
SJ070301_120	1.580	0,12	18,2598	3,03%	0,0584	0,86%	343,7	10,1	546,2	18,8	343,7	10,1
SJ070301_119	2.489	0,16	6,4987	3,08%	0,0947	0,63%	922,7	26,4	1522,6	11,8	922,7	26,4
SJ070301_118	1.099	2,13	68,7755	3,10%	0,0490	1,43%	93,1	2,9	149,2	33,3	93,1	2,9
SJ070301_117	1.630	0,10	27,0965	3,12%	0,0506	0,95%	233,6	7,2	220,7	21,7	233,6	7,2
SJ070301_116	133	0,51	5,0535	3,74%	0,0797	1,08%	1163,9	39,7	1189,0	21,2	1163,9	39,7
SJ070301_115	761	0,82	24,3429	3,22%	0,0552	1,18%	259,5	8,2	419,5	26,2	259,5	8,2
SJ070301_114	868	0,17	1.489,8537	5,58%	0,1499	5,82%	4,3	0,2	2344,8	96,3	4,3	0,2
SJ070301_113	597	0,43	9,5696	3,10%	0,0617	0,89%	640,7	18,9	664,7	18,9	640,7	18,9
SJ070301_112	660	0,83	75,4294	3,41%	0,0515	2,58%	84,9	2,9	264,7	58,2	84,9	2,9

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err	abs err	±1s
SJ070301_111	341	0,38	4,0029	3,23%	0,0929	0,71%	1437,5	41,5	1486,6	13,4	1437,5	41,5
SJ070301_110	1.281	0,21	26,2859	3,03%	0,0511	1,09%	240,7	7,2	244,9	24,9	240,7	7,2
SJ070301_109	96	0,76	5,1623	4,36%	0,0812	1,18%	1141,5	45,5	1225,3	23,0	1141,5	45,5
SJ070301_108	519	1,13	24,2219	3,19%	0,0517	1,35%	260,8	8,2	270,7	30,7	260,8	8,2
SJ070301_107	166	0,54	3,4723	3,32%	0,0993	0,79%	1631,5	47,7	1610,2	14,6	1631,5	47,7
SJ070301_106	1.228	0,13	1.448,4423	4,84%	0,0709	4,37%	4,4	0,2	954,1	86,9	4,4	0,2
SJ070301_105	1.149	1,26	9,8355	3,02%	0,0628	0,61%	624,2	18,0	701,2	13,0	624,2	18,0
SJ070301_104	114	0,67	71,1661	4,30%	0,0606	3,77%	90,0	3,8	624,0	79,2	90,0	3,8
SJ070301_103	395	0,59	70,6504	3,36%	0,0498	2,77%	90,6	3,0	185,1	63,3	90,6	3,0
SJ070301_102	276	1,21	2,5392	3,12%	0,1363	0,54%	2140,5	56,5	2180,6	9,4	2140,5	56,5
SJ070301_101	958	0,77	10,9971	3,03%	0,0584	0,80%	561,1	16,2	546,3	17,4	561,1	16,2
SJ070301_100	1.249	0,30	1.456,6226	5,31%	0,0858	4,47%	4,4	0,2	1333,3	84,1	4,4	0,2
SJ070301_99	356	0,60	11,5583	3,15%	0,0585	1,12%	534,9	16,2	549,6	24,2	534,9	16,2
SJ070301_98	1.096	0,41	26,5894	3,10%	0,0513	1,05%	238,0	7,2	252,5	24,0	238,0	7,2
SJ070301_97	362	0,29	5,8150	3,09%	0,0733	0,75%	1023,0	29,1	1021,3	15,0	1023,0	29,1
SJ070301_96	1.176	0,49	26,7943	3,06%	0,0513	0,98%	236,2	7,1	254,1	22,4	236,2	7,1
SJ070301_95	185	0,62	72,6979	3,86%	0,0549	3,32%	88,1	3,4	408,7	72,5	88,1	3,4
SJ070301_94	572	0,65	26,4842	3,13%	0,0505	1,24%	238,9	7,3	219,8	28,3	238,9	7,3
SJ070301_93	98	0,69	72,3279	4,81%	0,0666	4,12%	88,5	4,2	826,7	83,7	88,5	4,2
SJ070301_92	1.944	0,79	82,9313	3,07%	0,0470	1,27%	77,3	2,4	50,7	30,1	77,3	2,4
SJ070301_91	75	0,60	71,2705	4,76%	0,0650	4,38%	89,8	4,2	773,0	89,5	89,8	4,2
SJ070301_90	379	0,73	22,5961	2,01%	0,0523	1,67%	279,2	5,5	300,1	37,6	279,2	5,5
SJ070301_89	1.522	0,25	1.349,4316	4,17%	0,0611	4,21%	4,8	0,2	642,8	88,1	4,8	0,2
SJ070301_88	166	0,65	69,0074	2,66%	0,0509	3,72%	92,7	2,4	238,4	83,6	92,7	2,4
SJ070301_87	219	0,51	81,7990	3,08%	0,0486	3,39%	78,3	2,4	126,9	77,8	78,3	2,4
SJ070301_86	157	0,55	70,2763	3,37%	0,0473	3,89%	91,1	3,0	62,5	90,2	91,1	3,0
SJ070301_85	581	0,62	3,5552	1,99%	0,1387	0,60%	1597,8	28,1	2211,3	10,3	1597,8	28,1
SJ070301_84	135	0,46	73,2372	3,51%	0,0493	3,98%	87,4	3,0	164,1	90,4	87,4	3,0
SJ070301_83	404	0,23	25,6688	1,86%	0,0582	1,54%	246,4	4,5	536,9	33,3	246,4	4,5
SJ070301_82	1.548	0,15	1.431,7526	4,21%	0,0755	4,28%	4,5	0,2	1081,9	83,5	4,5	0,2
SJ070301_81	226	0,83	2,7183	1,92%	0,1222	0,70%	2019,4	33,1	1989,2	12,3	2019,4	33,1
SJ070301_80	1.296	0,27	1.557,4887	5,18%	0,0665	4,27%	4,1	0,2	822,5	86,7	4,1	0,2
SJ070301_79	237	0,56	68,3926	2,89%	0,0522	3,83%	93,6	2,7	293,8	85,2	93,6	2,7
SJ070301_78	121	0,47	69,0364	3,45%	0,0555	4,16%	92,7	3,2	432,9	90,2	92,7	3,2
SJ070301_77	1.199	0,17	1.515,2280	4,56%	0,0679	4,86%	4,3	0,2	865,2	97,6	4,3	0,2
SJ070301_76	213	0,76	5,6312	1,92%	0,0741	0,93%	1053,8	18,7	1045,1	18,7	1053,8	18,7
SJ070301_75	606	0,75	26,9856	2,01%	0,0501	1,55%	234,6	4,6	201,2	35,5	234,6	4,6
SJ070301_74	782	0,41	74,3423	1,84%	0,0477	1,98%	86,1	1,6	82,3	46,4	86,1	1,6
SJ070301_73	1.402	0,14	3,4314	1,71%	0,1095	0,49%	1648,7	24,8	1790,3	8,9	1648,7	24,8
SJ070301_72	195	0,48	70,5913	2,75%	0,0525	3,35%	90,7	2,5	307,8	74,5	90,7	2,5
SJ070301_71	271	0,50	72,0412	2,49%	0,0478	3,07%	88,9	2,2	89,4	71,1	88,9	2,2
SJ070301_70	2.017	0,33	26,8045	1,69%	0,0501	0,89%	236,1	3,9	198,2	20,5	236,1	3,9
SJ070301_69	180	0,84	27,5715	2,11%	0,0504	2,31%	229,7	4,8	214,7	52,6	229,7	4,8
SJ070301_68	996	0,47	17,2780	1,85%	0,0530	0,99%	362,7	6,5	329,5	22,3	362,7	6,5
SJ070301_67	941	0,59	87,0850	1,82%	0,0473	1,73%	73,6	1,3	63,6	40,6	73,6	1,3
SJ070301_66	253	0,58	70,7179	2,28%	0,0523	3,24%	90,5	2,0	296,7	72,3	90,5	2,0
SJ070301_65	342	0,61	24,9944	2,21%	0,0517	1,75%	252,9	5,5	272,1	39,5	252,9	5,5
SJ070301_64	261	0,67	11,3480	2,81%	0,0600	2,10%	544,4	14,6	604,0	44,8	544,4	14,6
SJ070301_63	334	0,54	72,6114	2,17%	0,0481	2,75%	88,2	1,9	106,3	63,8	88,2	1,9
SJ070301_62	853	0,67	26,3731	1,56%	0,0509	1,19%	239,9	3,7	237,2	27,2	239,9	3,7
SJ070301_61	3.832	0,51	27,2756	1,52%	0,0516	0,75%	232,1	3,5	269,4	17,2	232,1	3,5
SJ070301_60	2.276	0,40	27,6466	1,51%	0,0512	0,83%	229,1	3,4	251,9	18,9	229,1	3,4
SJ070301_59	464	0,93	25,1320	1,71%	0,0509	1,51%	251,5	4,2	238,0	34,6	251,5	4,2
SJ070301_58	609	0,19	7,9884	1,54%	0,0648	0,79%	760,3	11,0	768,8	16,5	760,3	11,0
SJ070301_57	1.891	0,31	20,6668	2,36%	0,0552	1,15%	304,6	7,0	421,8	25,4	304,6	7,0
SJ070301_56	1.583	0,49	27,0616	1,46%	0,0521	0,95%	233,9	3,3	288,9	21,5	233,9	3,3
SJ070301_55	298	0,25	7,8572	1,62%	0,0644	1,00%	772,3	11,8	755,1	20,9	772,3	11,8
SJ070301_54	734	0,35	8,7328	1,53%	0,0631	0,76%	698,9	10,1	712,1	16,0	698,9	10,1
SJ070301_53	1.450	0,33	1.497,1583	3,58%	0,0778	5,31%	4,3	0,2	1141,3	102,1	4,3	0,2
SJ070301_52	753	0,41	10,3629	1,56%	0,0587	0,93%	593,9	8,9	556,3	20,1	593,9	8,9
SJ070301_51	1.159	0,84	26,2237	1,59%	0,0502	1,12%	241,3	3,8	203,7	25,8	241,3	3,8
SJ070301_50	357	0,33	27,0396	1,85%	0,0511	1,71%	234,1	4,2	246,8	39,0	234,1	4,2
SJ070301_49	1.369	0,21	1.490,4369	4,74%	0,0604	4,85%	4,3	0,2	618,0	101,4	4,3	0,2

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ070301_48	586	0,33	4,8730	1,80%	0,0782	0,73%	1203,3	19,7	1152,9	14,4	1203,3	19,7
SJ070301_47	391	2,20	2,4106	1,63%	0,1633	0,63%	2237,0	30,7	2490,6	10,5	2237,0	30,7
SJ070301_46	712	0,43	2,4526	1,56%	0,1462	0,58%	2204,6	29,0	2301,6	10,0	2204,6	29,0
SJ070301_45	1.230	0,21	26,8378	1,52%	0,0513	1,07%	235,8	3,5	254,2	24,4	235,8	3,5
SJ070301_44	589	0,79	24,5741	1,57%	0,0514	1,56%	257,1	3,9	260,3	35,5	257,1	3,9
SJ070301_43	330	0,36	84,8393	2,34%	0,0509	3,02%	75,5	1,8	234,8	68,3	75,5	1,8
SJ070301_42	591	0,29	3,9120	1,51%	0,0935	0,72%	1467,4	19,7	1497,3	13,6	1467,4	19,7
SJ070301_41	305	0,42	5,8998	1,69%	0,0727	0,97%	1009,3	15,8	1004,9	19,5	1009,3	15,8
SJ070301_40	382	0,86	24,0620	1,77%	0,0515	1,69%	262,5	4,6	263,5	38,2	262,5	4,6
SJ070301_39	1.750	0,25	1.546,1801	3,75%	0,0477	4,09%	4,2	0,2	84,1	94,2	4,2	0,2
SJ070301_38	577	0,76	83,0013	2,10%	0,0472	2,42%	77,2	1,6	60,8	56,7	77,2	1,6
SJ070301_37	799	0,25	21,9027	1,90%	0,0597	1,15%	287,8	5,3	592,7	24,7	287,8	5,3
SJ070301_36	562	0,72	23,3743	1,68%	0,0521	1,34%	270,1	4,4	291,7	30,3	270,1	4,4
SJ070301_35	397	0,76	23,6814	1,83%	0,0514	1,55%	266,6	4,8	257,1	35,3	266,6	4,8
SJ070301_34	936	0,42	93,0729	1,80%	0,0479	1,73%	68,9	1,2	94,9	40,5	68,9	1,2
SJ070301_33	774	0,25	8,0279	1,85%	0,0770	0,77%	756,8	13,2	1120,5	15,2	756,8	13,2
SJ070301_32	444	0,37	7,6390	1,55%	0,0659	0,90%	793,0	11,5	804,1	18,7	793,0	11,5
SJ070301_31	362	0,44	7,7441	2,02%	0,0725	0,85%	782,9	14,9	1000,2	17,1	782,9	14,9
SJ070301_30	181	0,49	76,0151	2,88%	0,0522	3,50%	84,3	2,4	294,8	77,9	84,3	2,4
SJ070301_29	584	1,38	5,7722	1,52%	0,0739	0,77%	1030,0	14,5	1040,0	15,6	1030,0	14,5
SJ070301_28	193	1,05	2,9469	1,78%	0,1150	0,77%	1883,5	29,1	1880,6	13,7	1883,5	29,1
SJ070301_27	654	1,02	26,8350	1,62%	0,0524	1,44%	235,9	3,8	301,8	32,4	235,9	3,8
SJ070301_26	737	1,19	71,3829	1,72%	0,0535	2,27%	89,7	1,5	350,9	50,5	89,7	1,5
SJ070301_25	282	0,63	8,8492	1,70%	0,0623	1,24%	690,2	11,1	684,6	26,3	690,2	11,1
SJ070301_24	143	0,43	73,1953	3,11%	0,0535	4,48%	87,5	2,7	352,0	98,1	87,5	2,7
SJ070301_23	1.775	0,20	25,8523	1,54%	0,0510	1,02%	244,7	3,7	239,4	23,3	244,7	3,7
SJ070301_22	1.372	0,30	1.263,5185	4,16%	0,1568	3,33%	5,1	0,2	2421,0	55,4	5,1	0,2
SJ070301_21	344	0,57	4,6782	1,57%	0,0810	0,91%	1248,8	17,8	1220,6	17,8	1248,8	17,8
SJ070301_20	911	0,36	91,0341	1,51%	0,0506	1,89%	70,4	1,1	221,2	43,0	70,4	1,1
SJ070301_19	319	0,45	74,0114	1,94%	0,0489	2,91%	86,5	1,7	140,8	67,0	86,5	1,7
SJ070301_18	481	0,66	83,8890	1,86%	0,0476	2,65%	76,4	1,4	80,2	61,7	76,4	1,4
SJ070301_17	1.592	0,40	1.478,8743	3,75%	0,0698	4,24%	4,4	0,2	922,0	84,8	4,4	0,2
SJ070301_16	1.148	0,31	1.257,9797	6,26%	0,1144	7,72%	5,1	0,3	1870,4	133,0	5,1	0,3
SJ070301_15	1.147	0,43	7,4475	1,20%	0,0661	0,63%	812,2	9,1	809,1	13,2	812,2	9,1
SJ070301_14	858	0,16	18,4301	1,28%	0,0645	1,05%	340,6	4,2	757,6	22,1	340,6	4,2
SJ070301_13	515	0,84	27,5575	1,49%	0,0514	1,44%	229,8	3,4	258,3	32,8	229,8	3,4
SJ070301_12	386	0,55	85,2347	1,87%	0,0456	3,27%	75,2	1,4	0,0	52,3	75,2	1,4
SJ070301_11	397	0,58	5,6758	1,61%	0,0744	0,69%	1046,1	15,5	1052,2	13,9	1046,1	15,5
SJ070301_10	143	0,60	72,2857	2,95%	0,0542	3,73%	88,6	2,6	381,4	81,8	88,6	2,6
SJ070301_9	228	0,94	26,1223	1,87%	0,0513	2,13%	242,2	4,4	253,7	48,2	242,2	4,4
SJ070301_8	223	0,44	2,4755	1,65%	0,1893	0,46%	2187,2	30,5	2736,0	7,6	2187,2	30,5
SJ070301_7	505	0,56	6,2864	1,26%	0,0737	0,62%	951,6	11,2	1032,4	12,4	951,6	11,2
SJ070301_6	756	0,61	87,1361	2,14%	0,0518	3,38%	73,6	1,6	276,1	75,6	73,6	1,6
SJ070301_5	498	0,60	7,3709	1,69%	0,0737	0,70%	820,1	13,0	1032,1	14,1	820,1	13,0
SJ070301_4	709	0,40	6,0988	1,31%	0,0746	0,59%	978,8	11,9	1056,5	11,8	978,8	11,9
SJ070301_3	593	0,29	27,0368	1,64%	0,0518	1,41%	234,1	3,8	277,4	31,9	234,1	3,8
SJ070301_2	124	0,83	5,3957	2,26%	0,0771	1,09%	1096,0	22,7	1123,9	21,6	1096,0	22,7
SJ070301_1	209	0,48	72,2904	2,27%	0,0485	3,64%	88,6	2,0	123,9	83,5	88,6	2,0
SJ070512_140	1.170	0,63	79,2337	1,76%	0,0472	1,95%	80,9	1,4	58,4	46,0	80,9	1,4
SJ070512_139	957	0,46	87,1494	2,08%	0,0480	2,48%	73,5	1,5	100,9	57,6	73,5	1,5
SJ070512_138	580	0,58	83,4978	2,10%	0,0651	2,47%	76,7	1,6	777,6	51,1	76,7	1,6
SJ070512_137	1.246	0,54	90,1725	1,92%	0,0714	1,68%	71,1	1,4	968,3	33,8	71,1	1,4
SJ070512_136	844	0,32	89,9036	1,97%	0,0537	2,32%	71,3	1,4	360,3	51,4	71,3	1,4
SJ070512_135	1.449	0,51	14,6588	3,45%	0,0592	1,05%	425,4	14,2	575,4	22,8	425,4	14,2
SJ070512_134	1.551	0,17	25,2868	2,13%	0,0525	1,32%	250,0	5,2	306,7	29,9	250,0	5,2
SJ070512_133	2.313	0,49	84,6384	1,79%	0,0478	1,53%	75,7	1,3	89,6	35,8	75,7	1,3
SJ070512_132	864	0,26	88,2674	2,18%	0,0491	1,92%	72,6	1,6	150,2	44,4	72,6	1,6

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages													
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s	
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err	Ma
SJ070512_131	1.665	0,45	25,0531	1,63%	0,0514	1,17%	252,3	4,0	259,0	26,7	252,3	4,0	
SJ070512_130	836	0,28	93,0178	4,32%	0,0602	3,33%	68,9	3,0	611,2	70,4	68,9	3,0	
SJ070512_129	937	0,40	88,6968	2,22%	0,0501	2,42%	72,3	1,6	200,0	55,2	72,3	1,6	
SJ070512_128	684	0,22	25,6892	2,06%	0,0517	1,50%	246,2	5,0	272,1	33,9	246,2	5,0	
SJ070512_127	2.485	0,04	8,9226	1,98%	0,0277	0,91%	684,8	12,9	1005,5	18,4	684,8	12,9	
SJ070512_126	465	0,39	90,4209	2,19%	0,0482	2,57%	70,9	1,5	107,2	59,6	70,9	1,5	
SJ070512_125	627	0,47	81,8386	2,02%	0,0602	2,34%	78,3	1,6	611,7	49,8	78,3	1,6	
SJ070512_124	1.289	0,14	23,3827	1,62%	0,0539	0,97%	270,0	4,3	368,7	21,8	270,0	4,3	
SJ070512_123	1.859	0,78	83,2304	1,67%	0,0471	1,51%	77,0	1,3	53,3	35,7	77,0	1,3	
SJ070512_122	1.145	0,08	13,8975	2,00%	0,0569	0,90%	447,9	8,6	488,0	19,8	447,9	8,6	
SJ070512_121	2.838	0,04	25,6888	2,77%	0,0535	1,35%	246,2	6,7	352,1	30,2	246,2	6,7	
SJ070512_120	2.206	0,08	20,1667	2,24%	0,0644	1,23%	312,0	6,8	755,4	25,8	312,0	6,8	
SJ070512_119	1.703	0,41	68,2965	1,83%	0,0503	1,33%	93,7	1,7	207,0	30,6	93,7	1,7	
SJ070512_118	731	0,45	10,0961	2,43%	0,0641	0,92%	608,8	14,1	745,3	19,3	608,8	14,1	
SJ070512_117	936	0,83	107,6354	1,97%	0,0482	2,16%	59,6	1,2	108,1	50,2	59,6	1,2	
SJ070512_116	534	0,45	2,6103	2,47%	0,1428	0,73%	2090,8	43,9	2261,3	12,5	2090,8	43,9	
SJ070512_115	962	0,11	26,1445	3,45%	0,0638	1,12%	242,0	8,2	734,8	23,5	242,0	8,2	
SJ070512_114	648	0,49	78,2563	2,01%	0,0478	2,13%	81,9	1,6	90,3	49,6	81,9	1,6	
SJ070512_113	1.311	0,41	42,5841	3,77%	0,0536	1,49%	149,6	5,6	355,6	33,3	149,6	5,6	
SJ070512_112	861	0,29	84,3905	1,89%	0,0486	2,12%	75,9	1,4	127,1	49,2	75,9	1,4	
SJ070512_111	751	0,47	88,6304	2,06%	0,0504	2,22%	72,3	1,5	211,7	50,7	72,3	1,5	
SJ070512_110	979	0,64	77,4829	1,94%	0,0528	1,86%	82,7	1,6	319,2	41,7	82,7	1,6	
SJ070512_109	1.242	0,67	81,1600	1,81%	0,0645	2,16%	78,9	1,4	757,8	45,0	78,9	1,4	
SJ070512_108	331	0,57	85,3040	2,46%	0,0506	3,10%	75,1	1,8	221,3	70,2	75,1	1,8	
SJ070512_107	792	0,16	13,0756	1,74%	0,0572	0,99%	475,1	8,0	499,6	21,7	475,1	8,0	
SJ070512_106	466	0,44	89,3441	2,18%	0,0463	3,01%	71,8	1,6	14,9	70,8	71,8	1,6	
SJ070512_105	1.432	0,23	24,8883	1,65%	0,0529	0,99%	253,9	4,1	326,0	22,2	253,9	4,1	
SJ070512_104	497	0,36	86,0106	2,04%	0,0513	2,34%	74,5	1,5	256,5	52,8	74,5	1,5	
SJ070512_103	522	0,37	86,1466	2,00%	0,0548	2,46%	74,4	1,5	405,1	54,2	74,4	1,5	
SJ070512_102	592	0,30	88,6407	1,95%	0,0479	2,58%	72,3	1,4	92,3	60,0	72,3	1,4	
SJ070512_101	348	0,34	87,1532	2,26%	0,0506	3,05%	73,5	1,7	223,9	69,1	73,5	1,7	
SJ070512_100	1.592	0,40	91,1782	1,64%	0,0482	1,67%	70,3	1,1	106,9	39,0	70,3	1,1	
SJ070512_99	1.592	0,40	89,7971	1,61%	0,0484	1,60%	71,4	1,1	120,5	37,3	71,4	1,1	
SJ070512_98	473	0,48	85,8069	2,05%	0,0504	2,95%	74,7	1,5	211,6	66,9	74,7	1,5	
SJ070512_97	1.589	0,34	22,6752	2,14%	0,0526	0,94%	278,2	5,8	309,7	21,2	278,2	5,8	
SJ070512_96	255	0,41	20,1064	2,17%	0,0668	1,93%	312,9	6,6	830,2	39,7	312,9	6,6	
SJ070512_95	637	0,25	61,1499	2,09%	0,0658	2,05%	104,6	2,2	800,8	42,4	104,6	2,2	
SJ070512_94	996	0,46	88,9482	2,12%	0,0477	1,88%	72,1	1,5	82,3	43,9	72,1	1,5	
SJ070512_93	662	0,35	86,3623	2,25%	0,0491	2,16%	74,2	1,7	154,8	49,8	74,2	1,7	
SJ070512_92	564	0,41	83,8851	2,35%	0,0478	2,88%	76,4	1,8	88,8	66,9	76,4	1,8	
SJ070512_91	507	0,43	82,7968	2,46%	0,0643	2,58%	77,4	1,9	752,5	53,6	77,4	1,9	
SJ070512_90	735	0,45	78,0286	2,05%	0,0499	2,03%	82,1	1,7	190,3	46,6	82,1	1,7	
SJ070512_89	604	0,28	85,7618	2,63%	0,0525	2,37%	74,7	2,0	305,7	53,2	74,7	2,0	
SJ070512_88	766	0,36	90,2251	2,30%	0,0493	2,07%	71,1	1,6	163,4	47,6	71,1	1,6	
SJ070512_87	538	0,31	86,6726	2,50%	0,0489	2,46%	74,0	1,8	140,9	56,6	74,0	1,8	
SJ070512_86	433	0,37	88,1046	2,57%	0,0509	3,07%	72,8	1,9	234,5	69,3	72,8	1,9	
SJ070512_85	1.010	0,43	73,2977	2,34%	0,0517	1,86%	87,4	2,0	274,3	42,1	87,4	2,0	
SJ070512_84	739	0,36	81,8381	2,18%	0,0466	2,07%	78,3	1,7	26,2	49,0	78,3	1,7	
SJ070512_83	2.064	0,41	72,0075	2,04%	0,0677	2,52%	88,9	1,8	860,4	51,4	88,9	1,8	
SJ070512_82	1.518	0,21	13,1764	1,92%	0,0594	0,72%	471,6	8,7	581,2	15,6	471,6	8,7	
SJ070512_81	582	0,35	26,5999	2,12%	0,0514	1,36%	237,9	5,0	256,7	30,9	237,9	5,0	
SJ070512_80	981	0,40	86,3195	1,98%	0,0491	2,07%	74,3	1,5	153,7	47,8	74,3	1,5	
SJ070512_79	1.199	0,40	4,9720	1,60%	0,0808	0,64%	1181,4	17,3	1217,1	12,5	1181,4	17,3	
SJ070512_78	972	0,56	89,5700	1,99%	0,0574	2,45%	71,6	1,4	506,0	53,1	71,6	1,4	
SJ070512_77	502	0,39	74,4404	2,11%	0,0542	2,53%	86,0	1,8	379,3	56,0	86,0	1,8	
SJ070512_76	674	0,30	19,7892	3,05%	0,0642	1,13%	317,8	9,4	747,9	23,8	317,8	9,4	
SJ070512_75	510	0,38	82,5872	2,08%	0,0509	2,54%	77,6	1,6	237,6	57,5	77,6	1,6	
SJ070512_74	1.437	0,16	13,9500	2,62%	0,0629	1,17%	446,3	11,3	703,5	24,8	446,3	11,3	
SJ070512_73	749	0,31	87,6075	2,03%	0,0472	2,12%	73,2	1,5	57,3	49,7	73,2	1,5	
SJ070512_72	638	0,63	79,2239	2,34%	0,0493	2,29%	80,9	1,9	162,4	52,7	80,9	1,9	
SJ070512_71	530	0,51	87,5454	2,37%	0,0487	2,67%	73,2	1,7	135,5	61,6	73,2	1,7	
SJ070512_70	734	0,38	84,3336	2,23%	0,0659	3,63%	76,0	1,7	803,4	74,2	76,0	1,7	
SJ070512_69	780	0,35	26,8788	2,01%	0,0654	2,59%	235,5	4,6	786,5	53,5	235,5	4,6	

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ070512_68	842	0,38	75,8346	1,97%	0,0515	1,87%	84,5	1,7	262,2	42,5	84,5	1,7
SJ070512_27	2.076	0,68	73,6617	1,83%	0,0487	1,48%	86,9	1,6	134,0	34,4	86,9	1,6
SJ070512_66	320	0,99	26,9308	2,05%	0,0526	1,79%	235,0	4,7	309,7	40,2	235,0	4,7
SJ070512_63	568	0,60	76,3483	2,10%	0,0479	2,44%	83,9	1,7	96,4	56,8	83,9	1,7
SJ070512_62	1.630	0,64	86,4801	1,82%	0,0479	1,72%	74,1	1,3	94,5	40,1	74,1	1,3
SJ070512_61	290	0,44	25,5769	2,10%	0,0587	2,07%	247,2	5,1	557,5	44,4	247,2	5,1
SJ070512_60	1.149	0,29	15,3704	1,76%	0,0622	0,92%	406,3	6,9	679,4	19,6	406,3	6,9
SJ070512_59	819	0,56	74,4059	1,88%	0,0499	1,96%	86,1	1,6	192,4	44,9	86,1	1,6
SJ070512_58	660	0,52	90,8092	2,39%	0,0492	2,24%	70,6	1,7	157,3	51,7	70,6	1,7
SJ070512_57	1.676	1,06	26,8106	1,83%	0,0515	1,03%	236,1	4,2	264,3	23,5	236,1	4,2
SJ070512_56	990	0,60	81,0215	1,95%	0,0496	1,94%	79,1	1,5	178,3	44,5	79,1	1,5
SJ070512_55	1.199	0,25	25,4150	1,78%	0,0513	1,09%	248,8	4,3	253,1	25,0	248,8	4,3
SJ070512_54	992	0,42	81,8784	1,90%	0,0479	1,77%	78,3	1,5	93,5	41,4	78,3	1,5
SJ070512_53	1.667	0,38	89,8703	3,02%	0,0557	2,32%	71,3	2,1	441,4	50,8	71,3	2,1
SJ070512_52	746	0,28	80,0700	2,63%	0,0472	2,47%	80,0	2,1	59,5	57,9	80,0	2,1
SJ070512_51	739	0,58	85,2555	2,09%	0,0501	2,26%	75,2	1,6	197,7	51,6	75,2	1,6
SJ070512_50	1.101	0,34	84,7221	1,98%	0,0483	1,82%	75,6	1,5	116,2	42,4	75,6	1,5
SJ070512_49	652	0,44	95,3988	2,21%	0,0476	2,28%	67,2	1,5	81,8	53,2	67,2	1,5
SJ070512_48	2.338	0,47	88,5855	2,94%	0,0490	2,58%	72,4	2,1	147,0	59,3	72,4	2,1
SJ070512_47	807	0,59	86,2781	1,98%	0,0498	1,85%	74,3	1,5	186,9	42,6	74,3	1,5
SJ070512_46	532	0,56	25,6408	1,87%	0,0609	1,72%	246,6	4,5	636,5	36,7	246,6	4,5
SJ070512_45	683	0,59	87,0520	2,03%	0,0518	2,32%	73,6	1,5	274,9	52,3	73,6	1,5
SJ070512_44	1.520	0,70	86,3575	1,93%	0,0479	1,56%	74,2	1,4	95,7	36,5	74,2	1,4
SJ070512_43	714	0,29	88,6659	2,12%	0,0484	2,16%	72,3	1,5	117,2	50,2	72,3	1,5
SJ070512_42	562	0,52	89,9626	1,99%	0,0521	2,44%	71,3	1,4	291,2	54,7	71,3	1,4
SJ070512_41	881	0,33	86,3081	2,06%	0,0505	1,89%	74,3	1,5	219,3	43,2	74,3	1,5
SJ070512_40	736	0,41	84,2418	2,09%	0,0474	2,18%	76,1	1,6	71,2	51,2	76,1	1,6
SJ070512_39	536	0,56	87,3271	2,09%	0,0482	2,25%	73,4	1,5	109,6	52,3	73,4	1,5
SJ070512_38	576	0,69	12,4383	1,77%	0,0585	1,09%	498,5	8,5	548,5	23,6	498,5	8,5
SJ070512_37	333	0,44	99,5488	2,80%	0,0598	3,91%	64,4	1,8	597,4	82,5	64,4	1,8
SJ070512_36	2.588	0,03	10,5052	1,49%	0,0671	0,83%	586,2	8,3	840,8	17,1	586,2	8,3
SJ070512_35	723	0,65	82,8592	1,89%	0,0478	2,16%	77,3	1,5	87,3	50,5	77,3	1,5
SJ070512_34	417	0,38	81,2225	3,80%	0,0769	3,88%	78,9	3,0	1118,6	75,6	78,9	3,0
SJ070512_33	2.068	0,50	81,6759	1,77%	0,0477	1,46%	78,4	1,4	86,0	34,3	78,4	1,4
SJ070512_32	1.566	1,08	89,4210	1,88%	0,0497	1,65%	71,7	1,3	183,2	38,1	71,7	1,3
SJ070512_31	1.182	0,43	83,8418	1,76%	0,0462	1,68%	76,4	1,3	7,5	39,9	76,4	1,3
SJ070512_30	385	0,53	13,6676	2,04%	0,0577	1,20%	455,2	8,9	518,7	26,1	455,2	8,9
SJ070512_29	422	0,45	80,6519	2,07%	0,0475	2,61%	79,4	1,6	75,1	60,9	79,4	1,6
SJ070512_28	506	0,47	81,1918	1,90%	0,0484	2,63%	78,9	1,5	118,9	60,7	78,9	1,5
SJ070512_27	409	0,28	25,6141	1,77%	0,0506	1,66%	246,9	4,3	224,4	37,9	246,9	4,3
SJ070512_26	734	0,56	62,2202	1,78%	0,0477	1,83%	102,8	1,8	86,4	42,8	102,8	1,8
SJ070512_25	539	0,97	85,0987	1,93%	0,0522	2,38%	75,3	1,4	292,6	53,5	75,3	1,4
SJ070512_24	406	0,36	85,4888	2,34%	0,0677	2,78%	75,0	1,7	860,2	56,6	75,0	1,7
SJ070512_23	650	0,30	89,7509	1,92%	0,0475	2,23%	71,4	1,4	73,1	52,3	71,4	1,4
SJ070512_22	839	0,14	25,6443	1,61%	0,0506	1,29%	246,6	3,9	221,8	29,6	246,6	3,9
SJ070512_21	537	0,65	76,5751	1,96%	0,0552	2,30%	83,6	1,6	420,0	50,5	83,6	1,6
SJ070512_20	243	0,32	22,5848	2,07%	0,0590	1,72%	279,3	5,6	565,4	37,1	279,3	5,6
SJ070512_19	756	0,30	26,8043	1,76%	0,0525	0,96%	236,1	4,1	306,0	21,7	236,1	4,1
SJ070512_18	938	0,45	6,0366	1,60%	0,0766	0,59%	988,1	14,7	1111,6	11,8	1111,6	11,8
SJ070512_17	2.792	0,37	17,8834	1,51%	0,0550	0,65%	350,8	5,2	414,2	14,5	350,8	5,2
SJ070512_16	250	0,38	60,7080	2,17%	0,0513	2,96%	105,3	2,3	255,1	66,7	105,3	2,3
SJ070512_15	419	0,77	82,9392	1,99%	0,0479	2,52%	77,3	1,5	92,1	58,7	77,3	1,5
SJ070512_14	440	0,53	85,7356	2,01%	0,0490	2,41%	74,8	1,5	147,8	55,6	74,8	1,5
SJ070512_13	712	0,40	6,9080	1,49%	0,0725	0,67%	871,5	12,1	999,8	13,5	871,5	12,1
SJ070512_12	940	0,70	13,6457	1,52%	0,0565	0,85%	455,9	6,7	472,7	18,6	455,9	6,7
SJ070512_11	294	0,58	85,7016	2,13%	0,0476	2,73%	74,8	1,6	80,9	63,6	74,8	1,6
SJ070512_10	221	0,70	86,5256	2,35%	0,0517	3,56%	74,1	1,7	271,5	79,6	74,1	1,7
SJ070512_9	536	0,77	80,5846	1,84%	0,0538	2,22%	79,5	1,5	361,5	49,3	79,5	1,5
SJ070512_8	576	1,10	8,1464	1,61%	0,0766	0,69%	746,4	11,4	1111,4	13,8	746,4	11,4
SJ070512_7	242	5,00	6,0412	1,73%	0,0725	0,88%	987,4	15,8	1000,0	17,7	987,4	15,8

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ070512_6	480	0,56	77,6525	1,93%	0,0517	2,21%	82,5	1,6	270,7	49,8	82,5	1,6
SJ070512_5	1.144	0,87	88,0245	1,61%	0,0479	1,76%	72,8	1,2	94,2	41,2	72,8	1,2
SJ070512_4	923	0,59	27,4385	1,61%	0,0512	1,06%	230,8	3,7	248,2	24,3	230,8	3,7
SJ070512_3	1.465	0,67	90,2161	1,57%	0,0474	1,51%	71,1	1,1	71,0	35,4	71,1	1,1
SJ070512_2	1.223	0,05	14,1761	1,46%	0,0630	0,70%	439,4	6,2	707,5	14,9	439,4	6,2
SJ070512_1	448	1,15	3,4639	1,67%	0,1060	0,59%	1635,0	24,1	1731,1	10,7	1731,1	10,7
SJ040601_138	13.774	0,62	81,0600	1,33%	0,0479	0,86%	79,0	1,0	92,6	20,2	79,0	1,0
SJ040601_137	5.155	0,90	82,7975	1,39%	0,0476	1,09%	77,4	1,1	81,3	25,8	77,4	1,1
SJ040601_136	569	0,63	84,0556	1,92%	0,0488	2,89%	76,2	1,5	139,0	66,6	76,2	1,5
SJ040601_135	2.419	0,54	86,1603	1,60%	0,0474	1,42%	74,4	1,2	71,1	33,4	74,4	1,2
SJ040601_134	3.149	0,62	85,6572	1,48%	0,0471	1,28%	74,8	1,1	55,0	30,3	74,8	1,1
SJ040601_133	1.301	1,08	85,5713	1,56%	0,0489	1,53%	74,9	1,2	143,1	35,6	74,9	1,2
SJ040601_132	1.594	0,95	87,0083	1,53%	0,0475	1,63%	73,7	1,1	73,3	38,4	73,7	1,1
SJ040601_131	2.551	0,63	87,4242	1,37%	0,0472	1,46%	73,3	1,0	59,3	34,4	73,3	1,0
SJ040601_130	3.798	1,10	84,3571	1,38%	0,0491	1,16%	76,0	1,0	152,8	27,0	76,0	1,0
SJ040601_129	601	0,62	83,2748	3,70%	0,0649	2,74%	77,0	2,8	771,6	56,7	77,0	2,8
SJ040601_128	2.959	0,70	83,4586	1,44%	0,0475	1,34%	76,8	1,1	74,8	31,5	76,8	1,1
SJ040601_127	663	0,44	85,2878	1,70%	0,0470	2,34%	75,1	1,3	50,2	54,9	75,1	1,3
SJ040601_126	1.204	0,70	88,5967	1,51%	0,0478	1,80%	72,4	1,1	90,1	42,2	72,4	1,1
SJ040601_125	1.182	0,71	85,7366	1,51%	0,0468	1,89%	74,8	1,1	38,5	44,7	74,8	1,1
SJ040601_124	848	0,58	84,7499	1,63%	0,0479	2,10%	75,6	1,2	93,5	49,0	75,6	1,2
SJ040601_123	1.072	0,39	86,8898	1,61%	0,0472	2,06%	73,8	1,2	60,7	48,3	73,8	1,2
SJ040601_122	3.856	0,86	88,5240	1,77%	0,0518	2,19%	72,4	1,3	275,2	49,5	72,4	1,3
SJ040601_121	351	0,44	88,8788	2,13%	0,0469	3,12%	72,1	1,5	42,1	73,1	72,1	1,5
SJ040601_120	2.417	0,67	86,2425	1,42%	0,0483	1,30%	74,3	1,1	112,1	30,5	74,3	1,1
SJ040601_119	648	0,56	86,8695	1,62%	0,0474	2,42%	73,8	1,2	69,3	56,7	73,8	1,2
SJ040601_118	684	0,65	86,1135	1,75%	0,0474	2,64%	74,4	1,3	71,9	61,5	74,4	1,3
SJ040601_117	1.847	0,55	83,3717	1,36%	0,0472	1,37%	76,9	1,0	59,9	32,4	76,9	1,0
SJ040601_116	75	0,69	10,2235	3,57%	0,0613	2,33%	601,6	20,4	648,1	49,2	601,6	20,4
SJ040601_115	3.762	0,65	86,0358	1,46%	0,0514	1,48%	74,5	1,1	257,3	33,6	74,5	1,1
SJ040601_114	2.750	0,85	82,7575	1,53%	0,0482	1,21%	77,4	1,2	111,0	28,4	77,4	1,2
SJ040601_113	844	0,59	86,8102	2,32%	0,0490	2,00%	73,8	1,7	148,4	46,2	73,8	1,7
SJ040601_112	4.604	0,69	84,8265	2,05%	0,0473	1,16%	75,6	1,5	65,8	27,4	75,6	1,5
SJ040601_111	2.144	1,11	85,3456	2,13%	0,0465	1,63%	75,1	1,6	23,5	38,5	75,1	1,6
SJ040601_110	1.179	0,44	83,6065	2,19%	0,0472	2,12%	76,6	1,7	60,7	49,9	76,6	1,7
SJ040601_109	3.074	0,41	85,6080	2,07%	0,0476	1,31%	74,9	1,5	80,4	30,9	74,9	1,5
SJ040601_108	11.964	0,87	82,6754	1,94%	0,0493	0,96%	77,5	1,5	164,2	22,2	77,5	1,5
SJ040601_107	367	0,62	3,0016	2,05%	0,1113	0,93%	1853,7	33,0	1821,1	16,7	1821,1	16,7
SJ040601_106	5.124	0,47	81,7231	1,99%	0,0476	1,10%	78,4	1,5	79,1	25,9	78,4	1,5
SJ040601_105	1.331	0,67	84,3579	2,19%	0,0474	1,74%	76,0	1,7	69,7	40,9	76,0	1,7
SJ040601_104	8.151	1,35	83,4152	1,99%	0,0476	1,10%	76,8	1,5	78,9	25,9	76,8	1,5
SJ040601_103	3.207	0,61	85,6691	2,05%	0,0467	1,32%	74,8	1,5	33,2	31,4	74,8	1,5
SJ040601_102	1.411	0,46	84,2213	2,15%	0,0477	1,57%	76,1	1,6	85,7	36,8	76,1	1,6
SJ040601_101	597	0,97	81,2783	2,37%	0,0724	2,09%	78,8	1,9	996,4	41,8	78,8	1,9
SJ040601_100	816	0,72	88,3905	2,27%	0,0473	2,11%	72,5	1,6	64,9	49,4	72,5	1,6
SJ040601_99	1.080	0,75	79,3918	2,27%	0,0480	1,82%	80,7	1,8	98,7	42,6	80,7	1,8
SJ040601_98	454	0,68	82,2997	2,42%	0,0461	2,93%	77,9	1,9	2,0	68,0	77,9	1,9
SJ040601_97	770	0,88	83,6008	2,31%	0,0477	2,08%	76,7	1,8	82,2	48,5	76,7	1,8
SJ040601_96	607	0,73	81,4963	2,38%	0,0479	2,32%	78,6	1,9	93,9	54,1	78,6	1,9
SJ040601_95	758	1,11	87,5630	2,30%	0,0473	2,24%	73,2	1,7	66,8	52,5	73,2	1,7
SJ040601_94	1.631	0,71	87,3392	2,09%	0,0465	1,63%	73,4	1,5	24,3	38,5	73,4	1,5
SJ040601_93	1.140	0,62	86,4659	2,22%	0,0475	1,75%	74,1	1,6	73,5	41,1	74,1	1,6
SJ040601_92	570	1,06	88,9091	2,35%	0,0477	2,87%	72,1	1,7	82,5	66,7	72,1	1,7
SJ040601_91	1.172	0,75	84,5586	2,14%	0,0465	1,89%	75,8	1,6	24,0	44,6	75,8	1,6
SJ040601_90	544	0,36	305,4138	3,19%	0,0454	3,80%	21,1	0,7	0,0	54,1	21,1	0,7
SJ040601_89	1.573	0,91	83,7512	2,09%	0,0475	1,65%	76,5	1,6	73,1	38,8	76,5	1,6
SJ040601_88	989	0,52	85,5840	2,20%	0,0477	2,05%	74,9	1,6	86,5	47,9	74,9	1,6

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ040601_87	363	0,45	7,7716	2,15%	0,0646	1,24%	780,3	15,8	760,7	26,0	780,3	15,8
SJ040601_86	3.229	0,54	87,1778	2,78%	0,0483	2,24%	73,5	2,0	113,6	51,9	73,5	2,0
SJ040601_85	571	0,43	78,7651	2,36%	0,0472	2,46%	81,3	1,9	61,6	57,7	81,3	1,9
SJ040601_84	1.004	0,61	86,4245	2,09%	0,0467	2,04%	74,2	1,5	33,1	48,2	74,2	1,5
SJ040601_83	844	0,59	87,8844	1,93%	0,0488	1,87%	72,9	1,4	136,6	43,3	72,9	1,4
SJ040601_82	4.592	0,69	85,7031	1,58%	0,0477	0,98%	74,8	1,2	84,3	23,1	74,8	1,2
SJ040601_81	2.159	1,11	86,3630	1,75%	0,0468	1,37%	74,2	1,3	40,3	32,5	74,2	1,3
SJ040601_80	1.166	0,44	84,4687	1,90%	0,0470	1,98%	75,9	1,4	48,3	46,7	75,9	1,4
SJ040601_79	3.052	0,41	86,7344	1,61%	0,0478	1,17%	73,9	1,2	88,3	27,6	73,9	1,2
SJ040601_78	11.945	0,87	83,7078	1,43%	0,0491	0,63%	76,6	1,1	152,4	14,6	76,6	1,1
SJ040601_77	368	0,62	3,0494	1,57%	0,1107	0,61%	1828,4	24,9	1811,7	11,0	1811,7	11,0
SJ040601_76	5.117	0,47	82,4446	1,56%	0,0475	0,89%	77,7	1,2	74,0	20,9	77,7	1,2
SJ040601_75	1.329	0,67	85,4609	1,76%	0,0473	1,63%	75,0	1,3	66,1	38,4	75,0	1,3
SJ040601_74	8.145	1,35	84,5368	1,50%	0,0473	0,86%	75,8	1,1	62,0	20,4	75,8	1,1
SJ040601_73	3.178	0,61	86,5628	1,61%	0,0469	1,18%	74,0	1,2	46,2	27,9	74,0	1,2
SJ040601_72	1.411	0,46	85,5351	1,70%	0,0481	1,49%	74,9	1,3	104,3	34,9	74,9	1,3
SJ040601_71	597	0,97	82,2840	1,98%	0,0720	1,96%	77,9	1,5	986,2	39,5	77,9	1,5
SJ040601_70	817	0,72	89,6646	1,92%	0,0478	2,00%	71,5	1,4	90,9	46,6	71,5	1,4
SJ040601_69	1.073	0,75	79,5045	1,87%	0,0479	1,67%	80,6	1,5	95,3	39,1	80,6	1,5
SJ040601_68	453	0,68	82,2830	2,28%	0,0465	2,81%	77,9	1,8	25,0	66,1	77,9	1,8
SJ040601_67	770	0,88	84,6902	1,91%	0,0483	2,08%	75,7	1,4	113,7	48,2	75,7	1,4
SJ040601_66	608	0,73	82,7789	2,12%	0,0467	2,15%	77,4	1,6	32,9	50,6	77,4	1,6
SJ040601_65	758	1,11	88,6428	1,89%	0,0482	2,19%	72,3	1,4	107,2	50,9	72,3	1,4
SJ040601_64	1.619	0,71	87,9056	1,72%	0,0475	1,58%	72,9	1,2	73,3	37,2	72,9	1,2
SJ040601_63	1.139	0,62	87,5498	1,80%	0,0477	1,63%	73,2	1,3	83,2	38,1	73,2	1,3
SJ040601_62	1.139	0,62	87,5498	1,80%	0,0477	1,63%	73,2	1,3	83,2	38,1	73,2	1,3
SJ040601_61	569	1,06	89,3324	2,01%	0,0475	2,82%	71,8	1,4	76,5	65,7	71,8	1,4
SJ040601_60	1.168	0,75	85,4448	1,70%	0,0465	1,86%	75,0	1,3	25,0	44,0	75,0	1,3
SJ040601_59	545	0,36	307,4030	2,80%	0,0469	3,81%	20,9	0,6	43,5	88,6	20,9	0,6
SJ040601_58	1.573	0,91	84,3893	1,68%	0,0476	1,54%	75,9	1,3	78,0	36,3	75,9	1,3
SJ040601_57	987	0,52	86,5971	1,90%	0,0475	1,89%	74,0	1,4	75,5	44,3	74,0	1,4
SJ040601_56	362	0,45	7,8926	1,71%	0,0646	1,05%	769,0	12,4	761,1	22,0	769,0	12,4
SJ040601_55	3.222	0,54	88,4540	2,46%	0,0483	2,14%	72,5	1,8	112,8	49,7	72,5	1,8
SJ040601_54	565	0,43	79,5058	2,03%	0,0486	2,45%	80,6	1,6	126,4	56,6	80,6	1,6
SJ040601_53	997	0,61	87,4915	1,71%	0,0472	2,13%	73,3	1,2	61,6	50,0	73,3	1,2
SJ040601_52	4.265	0,71	84,2009	1,57%	0,0474	0,95%	76,1	1,2	67,8	22,3	76,1	1,2
SJ040601_51	214	0,70	80,4000	3,18%	0,0685	3,88%	79,7	2,5	883,4	78,3	79,7	2,5
SJ040601_50	2.921	0,70	85,7392	1,64%	0,0471	1,18%	74,8	1,2	53,5	28,0	74,8	1,2
SJ040601_49	1.916	0,54	86,1874	1,60%	0,0482	1,35%	74,4	1,2	106,9	31,5	74,4	1,2
SJ040601_48	2.476	1,08	87,7647	1,63%	0,0472	1,24%	73,0	1,2	59,5	29,2	73,0	1,2
SJ040601_47	1.445	0,47	85,9427	1,70%	0,0473	1,67%	74,6	1,3	62,1	39,2	74,6	1,3
SJ040601_46	1.672	0,53	85,3131	1,61%	0,0477	1,57%	75,1	1,2	82,1	36,8	75,1	1,2
SJ040601_45	1.085	0,37	85,1424	1,70%	0,0480	2,06%	75,3	1,3	98,8	48,0	75,3	1,3
SJ040601_44	2.277	0,50	82,4689	1,63%	0,0469	1,31%	77,7	1,3	46,6	31,0	77,7	1,3
SJ040601_43	1.220	0,41	87,8309	1,67%	0,0477	1,62%	73,0	1,2	83,4	38,0	73,0	1,2
SJ040601_42	839	0,31	90,5094	1,91%	0,0479	2,19%	70,8	1,3	95,9	51,1	70,8	1,3
SJ040601_41	1.914	0,73	84,7914	1,61%	0,0469	1,38%	75,6	1,2	44,5	32,7	75,6	1,2
SJ040601_40	1.426	0,60	82,9866	1,71%	0,0475	1,52%	77,2	1,3	75,1	35,7	77,2	1,3
SJ040601_39	1.799	0,65	85,4200	1,67%	0,0471	1,55%	75,0	1,2	54,4	36,5	75,0	1,2
SJ040601_38	3.464	0,33	84,3464	1,55%	0,0471	1,11%	76,0	1,2	53,2	26,3	76,0	1,2
SJ040601_37	1.240	0,70	86,8585	1,81%	0,0497	1,69%	73,8	1,3	180,3	38,9	73,8	1,3
SJ040601_36	499	0,37	86,5566	2,10%	0,0481	2,52%	74,0	1,5	104,5	58,4	74,0	1,5
SJ040601_35	626	0,63	84,4621	1,93%	0,0474	2,29%	75,9	1,5	69,8	53,5	75,9	1,5
SJ040601_34	431	0,27	72,9563	2,23%	0,0465	2,54%	87,8	1,9	23,6	59,8	87,8	1,9
SJ040601_33	1.225	0,69	87,6010	1,69%	0,0487	1,72%	73,2	1,2	131,2	39,9	73,2	1,2
SJ040601_32	1.026	0,88	83,1964	1,80%	0,0478	1,88%	77,0	1,4	88,0	44,1	77,0	1,4
SJ040601_31	8.621	0,63	83,6356	1,51%	0,0476	0,81%	76,6	1,1	81,0	19,2	76,6	1,1
SJ040601_30	2.732	0,92	86,3580	1,73%	0,0475	1,24%	74,2	1,3	72,7	29,2	74,2	1,3
SJ040601_29	436	0,45	11,7249	1,79%	0,0573	1,10%	527,6	9,1	501,4	24,0	527,6	9,1
SJ040601_28	1.409	0,24	115,8368	2,26%	0,0489	2,18%	55,4	1,2	144,4	50,4	55,4	1,2
SJ040601_27	1.533	0,07	26,7625	1,84%	0,0531	0,92%	236,5	4,3	333,4	20,6	236,5	4,3
SJ040601_26	4.796	0,79	85,8050	1,73%	0,0473	1,08%	74,7	1,3	63,6	25,6	74,7	1,3
SJ040601_25	1.457	1,15	84,2648	1,82%	0,0500	1,60%	76,1	1,4	196,6	36,8	76,1	1,4

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ040601_24	616	0,53	2,9406	1,70%	0,1217	0,67%	1887,0	27,8	1981,6	11,8	1981,6	11,8
SJ040601_23	2.446	0,58	85,7596	1,82%	0,0467	1,34%	74,7	1,4	33,5	31,7	74,7	1,4
SJ040601_22	6.480	0,95	85,5539	1,81%	0,0490	0,97%	74,9	1,3	148,4	22,6	74,9	1,3
SJ040601_21	689	0,45	87,7517	2,05%	0,0487	2,38%	73,0	1,5	133,5	55,1	73,0	1,5
SJ040601_20	5.264	0,84	86,2214	1,72%	0,0478	0,93%	74,3	1,3	89,5	21,9	74,3	1,3
SJ040601_19	4.074	0,68	81,2432	1,69%	0,0515	1,13%	78,9	1,3	265,4	25,6	78,9	1,3
SJ040601_18	425	0,46	88,7663	2,29%	0,0478	3,15%	72,2	1,6	89,0	73,0	72,2	1,6
SJ040601_17	393	0,50	87,7842	2,25%	0,0484	3,21%	73,0	1,6	116,8	74,0	73,0	1,6
SJ040601_16	1.403	0,58	87,5498	1,85%	0,0475	1,79%	73,2	1,3	72,8	42,0	73,2	1,3
SJ040601_15	810	0,31	85,7295	1,99%	0,0489	1,90%	74,8	1,5	141,5	44,0	74,8	1,5
SJ040601_14	6.562	1,07	86,1612	1,94%	0,0473	1,11%	74,4	1,4	62,2	26,2	74,4	1,4
SJ040601_13	1.181	0,52	88,9704	1,84%	0,0482	1,84%	72,1	1,3	107,9	42,9	72,1	1,3
SJ040601_12	758	0,72	86,3166	1,90%	0,0497	2,11%	74,3	1,4	180,3	48,4	74,3	1,4
SJ040601_11	713	0,48	40,0835	1,81%	0,0483	1,68%	158,9	2,8	112,5	39,2	158,9	2,8
SJ040601_10	1.091	0,68	85,8393	1,90%	0,0472	1,97%	74,7	1,4	59,6	46,2	74,7	1,4
SJ040601_9	9.584	1,16	83,9985	1,95%	0,0509	0,94%	76,3	1,5	234,5	21,5	76,3	1,5
SJ040601_8	721	0,82	86,7345	2,04%	0,0473	2,15%	73,9	1,5	63,9	50,3	73,9	1,5
SJ040601_7	536	0,54	87,4115	2,16%	0,0463	2,86%	73,3	1,6	15,0	67,4	73,3	1,6
SJ040601_6	5.718	0,18	87,5014	1,78%	0,0480	1,07%	73,3	1,3	99,4	25,0	73,3	1,3
SJ040601_5	471	0,64	84,9870	2,22%	0,0477	2,58%	75,4	1,7	83,7	60,1	75,4	1,7
SJ040601_4	1.255	0,40	86,8932	1,81%	0,0494	1,59%	73,8	1,3	166,3	36,8	73,8	1,3
SJ040601_3	1.528	0,88	85,2812	1,81%	0,0482	1,60%	75,2	1,4	108,0	37,3	75,2	1,4
SJ040601_2	1.471	0,51	87,5304	1,79%	0,0476	1,66%	73,2	1,3	81,7	39,1	73,2	1,3
SJ040601_1	1.052	0,50	85,8740	1,90%	0,0464	2,05%	74,6	1,4	18,7	48,6	74,6	1,4
SJ0101_108	269	0,50	76,0814	2,99%	0,0481	3,24%	84,2	2,5	105,3	74,9	84,2	2,5
SJ0101_107	323	0,39	90,1859	3,05%	0,0520	2,91%	71,1	2,2	284,3	65,3	71,1	2,2
SJ0101_106	657	0,54	86,9507	2,80%	0,0478	2,23%	73,7	2,0	90,0	52,0	73,7	2,0
SJ0101_105	1.417	0,64	75,9775	2,54%	0,0508	1,39%	84,3	2,1	230,6	31,8	84,3	2,1
SJ0101_104	904	0,38	89,3360	2,61%	0,0549	1,99%	71,8	1,9	410,1	43,9	71,8	1,9
SJ0101_103	520	0,59	85,5834	2,81%	0,0479	2,45%	74,9	2,1	95,4	56,9	74,9	2,1
SJ0101_102	453	0,46	90,8484	2,86%	0,0484	2,71%	70,6	2,0	117,5	62,6	70,6	2,0
SJ0101_101	493	0,47	86,6042	2,78%	0,0496	2,76%	74,0	2,0	178,2	63,0	74,0	2,0
SJ0101_100	301	0,52	82,2391	2,92%	0,0474	3,32%	77,9	2,3	70,5	77,1	77,9	2,3
SJ0101_99	292	0,50	85,9826	3,06%	0,0479	3,31%	74,5	2,3	95,8	76,5	74,5	2,3
SJ0101_98	585	0,32	93,1676	2,88%	0,0480	2,38%	68,8	2,0	99,6	55,3	68,8	2,0
SJ0101_97	581	0,39	92,7091	2,77%	0,0483	2,55%	69,2	1,9	112,7	59,1	69,2	1,9
SJ0101_96	1.928	0,03	28,0490	2,43%	0,0502	0,93%	225,8	5,4	204,0	21,4	225,8	5,4
SJ0101_95	777	0,42	92,4424	2,74%	0,0493	2,08%	69,4	1,9	164,4	48,0	69,4	1,9
SJ0101_94	615	0,57	85,0627	2,65%	0,0476	2,41%	75,3	2,0	77,3	56,3	75,3	2,0
SJ0101_93	761	0,53	90,1148	2,62%	0,0479	2,13%	71,1	1,9	93,4	49,7	71,1	1,9
SJ0101_92	586	0,44	89,3462	2,81%	0,0490	2,54%	71,8	2,0	146,4	58,6	71,8	2,0
SJ0101_91	395	0,57	87,2191	2,99%	0,0472	2,96%	73,5	2,2	61,8	68,9	73,5	2,2
SJ0101_90	454	0,56	74,5116	2,77%	0,0477	2,92%	85,9	2,4	82,5	67,9	85,9	2,4
SJ0101_89	368	0,52	86,0823	2,58%	0,0469	3,05%	74,5	1,9	46,1	71,4	74,5	1,9
SJ0101_88	526	0,40	88,7660	1,92%	0,0492	2,68%	72,2	1,4	156,7	61,5	72,2	1,4
SJ0101_87	2.935	0,35	90,1042	1,66%	0,0475	1,31%	71,1	1,2	76,4	30,8	71,1	1,2
SJ0101_86	537	0,45	85,6296	1,99%	0,0477	2,69%	74,8	1,5	83,5	62,6	74,8	1,5
SJ0101_85	691	0,26	88,5494	1,88%	0,0481	2,42%	72,4	1,4	102,1	56,2	72,4	1,4
SJ0101_84	391	0,42	95,1905	2,42%	0,0494	2,56%	67,4	1,6	165,1	58,7	67,4	1,6
SJ0101_83	539	0,29	84,7826	1,98%	0,0509	2,66%	75,6	1,5	236,3	60,3	75,6	1,5
SJ0101_82	703	0,51	88,0431	1,85%	0,0485	2,27%	72,8	1,3	121,5	52,6	72,8	1,3
SJ0101_81	1.123	0,45	85,8176	1,90%	0,0471	2,03%	74,7	1,4	54,7	47,8	74,7	1,4
SJ0101_80	615	0,66	82,6022	1,83%	0,0497	2,17%	77,6	1,4	182,4	49,8	77,6	1,4
SJ0101_79	724	0,22	27,1183	1,68%	0,0512	1,27%	233,4	3,8	251,6	29,1	233,4	3,8
SJ0101_78	526	0,62	81,3400	1,99%	0,0510	2,43%	78,8	1,6	242,8	55,0	78,8	1,6
SJ0101_77	925	0,44	87,0890	1,77%	0,0478	2,09%	73,6	1,3	91,6	48,7	73,6	1,3
SJ0101_76	392	0,37	86,8041	2,16%	0,0508	2,89%	73,8	1,6	231,7	65,5	73,8	1,6

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages													
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s	
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err	Ma
SJ0101_75	852	0,44	89,3931	1,92%	0,0473	2,35%	71,7	1,4	64,3	55,0	71,7	1,4	1,4
SJ0101_74	384	0,51	88,8495	2,06%	0,0494	3,05%	72,1	1,5	168,7	69,6	72,1	1,5	1,5
SJ0101_73	566	0,42	86,4037	1,93%	0,0476	2,42%	74,2	1,4	79,4	56,5	74,2	1,4	1,4
SJ0101_72	635	0,52	86,2026	1,93%	0,0477	2,55%	74,4	1,4	86,0	59,5	74,4	1,4	1,4
SJ0101_71	680	0,40	93,2351	2,04%	0,0479	2,39%	68,8	1,4	93,2	55,8	68,8	1,4	1,4
SJ0101_70	556	0,32	90,5774	1,99%	0,0496	2,43%	70,8	1,4	176,4	55,8	70,8	1,4	1,4
SJ0101_69	1.030	0,51	85,4938	1,72%	0,0471	2,09%	75,0	1,3	56,8	49,2	75,0	1,3	1,3
SJ0101_68	356	0,40	86,4417	2,24%	0,0507	2,60%	74,1	1,6	226,5	59,0	74,1	1,6	1,6
SJ0101_67	666	0,32	87,4467	1,73%	0,0479	2,40%	73,3	1,3	93,4	55,9	73,3	1,3	1,3
SJ0101_66	473	0,38	87,8212	2,07%	0,0484	2,61%	73,0	1,5	116,7	60,5	73,0	1,5	1,5
SJ0101_65	364	0,52	89,9417	2,11%	0,0484	2,97%	71,3	1,5	119,9	68,6	71,3	1,5	1,5
SJ0101_64	595	0,52	90,5250	1,96%	0,0489	2,34%	70,8	1,4	143,0	54,1	70,8	1,4	1,4
SJ0101_63	797	0,40	86,3399	1,89%	0,0481	2,09%	74,2	1,4	105,6	48,8	74,2	1,4	1,4
SJ0101_62	1.279	0,42	82,0329	1,82%	0,0498	1,74%	78,1	1,4	185,2	40,0	78,1	1,4	1,4
SJ0101_61	587	0,09	26,5848	1,82%	0,0500	1,32%	238,0	4,3	196,9	30,3	238,0	4,3	4,3
SJ0101_60	1.196	0,32	85,0742	1,87%	0,0594	2,10%	75,3	1,4	581,4	44,9	75,3	1,4	1,4
SJ0101_59	559	0,40	4,2025	2,08%	0,0868	0,85%	1376,1	25,7	1356,1	16,3	1356,1	16,3	16,3
SJ0101_58	347	0,49	86,3746	2,45%	0,0660	2,77%	74,2	1,8	807,8	57,0	74,2	1,8	1,8
SJ0101_57	250	0,44	27,0249	2,01%	0,0509	1,98%	234,2	4,6	236,9	45,0	234,2	4,6	4,6
SJ0101_56	484	0,57	89,1042	2,20%	0,0474	2,56%	71,9	1,6	69,7	59,7	71,9	1,6	1,6
SJ0101_55	369	0,43	89,7493	2,51%	0,0492	3,04%	71,4	1,8	156,6	69,8	71,4	1,8	1,8
SJ0101_54	654	0,45	88,4678	1,95%	0,0472	2,38%	72,5	1,4	58,0	55,7	72,5	1,4	1,4
SJ0101_53	2.198	0,33	88,2937	1,61%	0,0479	1,55%	72,6	1,2	94,1	36,4	72,6	1,2	1,2
SJ0101_52	596	0,44	88,3698	1,89%	0,0547	2,17%	72,5	1,4	399,2	47,9	72,5	1,4	1,4
SJ0101_51	405	0,39	91,0668	2,13%	0,0487	3,00%	70,4	1,5	134,7	69,1	70,4	1,5	1,5
SJ0101_50	582	0,37	6,8106	4,09%	0,0812	0,93%	883,2	33,7	1225,5	18,1	1225,5	18,1	18,1
SJ0101_49	570	0,32	86,5848	2,70%	0,0554	2,75%	74,0	2,0	427,6	60,1	74,0	2,0	2,0
SJ0101_48	969	0,40	86,8699	1,79%	0,0479	1,86%	73,8	1,3	96,4	43,4	73,8	1,3	1,3
SJ0101_47	761	0,38	86,6177	1,94%	0,0504	2,10%	74,0	1,4	213,8	48,0	74,0	1,4	1,4
SJ0101_46	1.537	0,13	26,8895	1,50%	0,0509	1,17%	235,4	3,5	237,5	26,7	235,4	3,5	3,5
SJ0101_45	3.387	0,53	88,2877	1,57%	0,0477	1,26%	72,6	1,1	85,9	29,7	72,6	1,1	1,1
SJ0101_44	429	0,35	92,2636	2,02%	0,0511	3,11%	69,5	1,4	244,7	70,2	69,5	1,4	1,4
SJ0101_43	911	0,29	62,9611	1,73%	0,0489	1,63%	101,6	1,7	142,8	37,8	101,6	1,7	1,7
SJ0101_42	282	0,45	85,1253	2,30%	0,0493	3,64%	75,3	1,7	160,8	82,9	75,3	1,7	1,7
SJ0101_41	1.342	0,58	84,6041	2,31%	0,0474	2,68%	75,7	1,7	70,1	62,6	75,7	1,7	1,7
SJ0101_40	1.645	0,32	86,7826	2,66%	0,0472	2,36%	73,9	2,0	61,0	55,3	73,9	2,0	2,0
SJ0101_39	2.734	0,52	84,9668	1,84%	0,0471	1,44%	75,4	1,4	53,4	34,0	75,4	1,4	1,4
SJ0101_38	788	0,64	87,4978	2,06%	0,0491	2,25%	73,3	1,5	154,5	51,9	73,3	1,5	1,5
SJ0101_37	1.000	0,34	83,8891	1,79%	0,0467	1,92%	76,4	1,4	35,6	45,3	76,4	1,4	1,4
SJ0101_36	640	0,30	89,3675	1,96%	0,0488	2,10%	71,7	1,4	139,9	48,7	71,7	1,4	1,4
SJ0101_35	363	0,42	89,0316	2,32%	0,0485	3,22%	72,0	1,7	121,4	74,2	72,0	1,7	1,7
SJ0101_34	2.657	0,04	4,8776	2,26%	0,0985	0,98%	1202,2	24,8	1595,2	18,1	1595,2	18,1	18,1
SJ0101_33	1.178	0,05	27,3423	2,11%	0,0526	1,97%	231,6	4,8	312,9	44,3	231,6	4,8	4,8
SJ0101_32	510	0,52	85,9675	2,32%	0,0469	2,75%	74,6	1,7	43,5	64,5	74,6	1,7	1,7
SJ0101_31	650	0,39	88,2905	2,04%	0,0478	2,36%	72,6	1,5	87,0	55,1	72,6	1,5	1,5
SJ0101_30	259	0,80	84,3005	2,62%	0,0522	3,27%	76,0	2,0	294,8	73,0	76,0	2,0	2,0
SJ0101_29	337	0,36	86,3489	2,30%	0,0616	2,98%	74,2	1,7	661,6	62,6	74,2	1,7	1,7
SJ0101_28	1.522	0,92	72,8649	1,83%	0,0470	1,54%	87,9	1,6	51,7	36,3	87,9	1,6	1,6
SJ0101_27	505	0,31	86,9455	2,42%	0,0482	2,46%	73,7	1,8	111,4	57,1	73,7	1,8	1,8
SJ0101_26	3.608	0,36	75,9760	1,83%	0,0474	1,09%	84,3	1,5	67,6	25,7	84,3	1,5	1,5
SJ0101_25	779	0,70	10,5740	2,50%	0,0632	0,92%	582,5	13,9	715,8	19,5	582,5	13,9	13,9
SJ0101_24	521	0,45	89,7020	2,22%	0,0469	2,73%	71,5	1,6	42,8	64,0	71,5	1,6	1,6
SJ0101_23	419	0,58	89,7249	2,23%	0,0482	2,97%	71,4	1,6	108,1	68,7	71,4	1,6	1,6
SJ0101_22	315	0,43	90,3403	2,30%	0,0489	3,15%	71,0	1,6	144,0	72,2	71,0	1,6	1,6
SJ0101_21	353	0,23	27,6504	1,82%	0,0506	1,88%	229,0	4,1	222,7	42,9	229,0	4,1	4,1
SJ0101_20	1.266	0,34	93,9420	2,22%	0,0478	1,92%	68,3	1,5	90,3	44,9	68,3	1,5	1,5
SJ0101_19	380	0,43	88,4405	2,04%	0,0495	2,86%	72,5	1,5	169,7	65,6	72,5	1,5	1,5
SJ0101_18	1.491	0,40	84,0629	1,67%	0,0486	1,52%	76,2	1,3	130,0	35,3	76,2	1,3	1,3
SJ0101_17	2.033	0,43	21,0307	2,40%	0,0539	1,46%	299,5	7,0	367,6	32,6	299,5	7,0	7,0
SJ0101_16	572	0,31	93,1646	2,17%	0,0476	2,37%	68,8	1,5	81,8	55,2	68,8	1,5	1,5
SJ0101_15	347	0,39	84,0575	2,64%	0,0471	2,81%	76,2	2,0	54,4	65,7	76,2	2,0	2,0
SJ0101_14	1.038	0,40	86,8203	1,88%	0,0477	2,01%	73,8	1,4	83,4	47,0	73,8	1,4	1,4
SJ0101_13	315	0,52	81,6848	2,18%	0,0452	3,21%	78,4	1,7	0,0	30,7	78,4	1,7	1,7

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL Y ANÁLISIS INTEGRADO DE PROCEDENCIA DE LAS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ EN LA SUB-CUENCA SANTA FÉ DE ANTIOQUÍA.



U-Pb isotopic ratios and ages												
MUESTRA	U	Th	238U	±1s	207Pb	±1s	206/238	±1s	207/206	±1s	Best age	±1s
Nombre	ppm	U	206Pb	% error	206Pb	% error	age	abs err	age	abs err		abs err Ma
SJ0101_9	410	0,50	88,7030	2,48%	0,0480	3,04%	72,3	1,8	97,0	70,5	72,3	1,8
SJ0101_8	496	0,31	86,6002	2,03%	0,0496	2,79%	74,0	1,5	175,6	63,9	74,0	1,5
SJ0101_7	623	0,59	87,9887	1,95%	0,0471	2,54%	72,9	1,4	52,3	59,6	72,9	1,4
SJ0101_6	711	0,16	25,7985	1,62%	0,0511	1,22%	245,2	3,9	246,1	27,8	245,2	3,9
SJ0101_5	401	0,60	82,2353	2,33%	0,0469	2,78%	77,9	1,8	45,0	65,2	77,9	1,8
SJ0101_4	749	0,30	91,1305	1,87%	0,0492	2,24%	70,4	1,3	159,0	51,7	70,4	1,3
SJ0101_3	324	0,38	86,6279	2,31%	0,0481	3,08%	74,0	1,7	102,2	71,2	74,0	1,7
SJ0101_2	266	0,44	91,0805	2,39%	0,0474	3,53%	70,4	1,7	68,5	81,9	70,4	1,7
SJ0101_1	678	0,58	82,9755	1,86%	0,0479	2,11%	77,2	1,4	94,7	49,3	77,2	1,4

Anexos 3.3 *Resumen de conteo de 600 granos utilizados para el análisis de circones detríticos para geocronología en los diferentes segmentos de la sub-cuenca Santa Fe de Antioquia*