CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PICACHO (SOGAMOSO), EN LAS SECCIONES MINA EL RECUERDO, LAGO DE TOTA Y CERRO EL UVO

NIDIA CAROLINA FIGUEROA A.

INGRID PAOLA VARGAS M.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOQUÍMICAS

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2014

CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PICACHO (SOGAMOSO), EN LAS SECCIONES MINA EL RECUERDO, LAGO DE TOTA Y CERRO EL UVO

NIDIA CAROLINA FIGUEROA ARAQUE
INGRID PAOLA VARGAS MONTERO

Proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de Geólogas

DIRECTORA:
KEDY YOHANA ARAQUE GUEVARA
Geóloga

CODIRECTOR:
RICARDO MIER UMAÑA
Geólogo

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2014

Dedicatoria

A Dios por estar siempre presente en mi vida.

A mis padres Carlos y Rafaela por ser los pilares más grandes de mi vida y por brindarme todo el apoyo incondicional.

A mis hermanos, a mi prima Marcela, a mis amigos y a todas esas personas que de una u otra manera estuvieron apoyándome y creyendo en mí.

Ingrid Paola Vargas.

A Dios por haberme guiado e iluminado el camino.

A mis padres Rosalba y Félix Joaquín por darme siempre su apoyo y porque a pesar de todos los obstáculos siempre me acompañaron y estuvieron conmigo cuando más lo necesite.

A mis hermanos por acompañarme en esta etapa tan importante de mi vida en especial a mi hermano Alexander Figueroa que siempre estuvo pendiente de todo.

A los que me acompañaron en el proceso de formación como profesional incondicionalmente en todo momento y por haber compartido esta etapa de mi vida conmigo.

Nidia Carolina Figueroa A.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a:

La Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Geología por su proceso de formación y por hacer parte fundamental en nuestro crecimiento personal, al convenio ECOPETROL- ICP por la oportunidad de realizar este proyecto de grado.

A nuestra Directora Kedy Yohana Araque por su asesoría y constante guía durante la realización de este proyecto.

A nuestro Co-Director Ricardo Mier Umaña por todo su conocimiento y colaboración.

A Laura Peñaranda por toda su asesoría.

A nuestros amigos y compañeros de Universidad que de una u otra manera hicieron parte de nuestro proceso.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES	20
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Objetivo General	20
1.1.2 Objetivos Específicos	20
1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	20
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 FORMACIÓN PICACHO	22
2.2 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA	23
2.3 CARACTERIZACIÓN DE FACIES	24
2.3.1 Tipos de Facies	24
2.3.1.1 Litofacies	24
2.3.1.2 Biofacies	25
3. MARCO GEOLÓGICO	26
3.1 ESTRATIGRAFÍA:	27
3.1.1 Formación Picacho (Pgep)	27
3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
4. METODOLOGÍA	33
5. RESULTADOS	38
5.2 DESCRIPCIÓN DE FACIES	40

5.2.1 Sector Mina El Recuerdo. 40
5.2.1.1 Facie areniscas con laminación paralela (Slam). 40
5.2.1.2 Facie arenisca arcillosa conglomeratica (cgS) 41
5.2.1.3 Facie arenisca masiva (Sm) 41
5.2.1.4 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) 41
5.2.1.5 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) 42
5.2.1.6 Facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam) 42
5.2.1.7 Facie limolita conglomeratica (gM) 42
5.2.2 Sector Playa Blanca. 43
5.2.2.1 Facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam) 43
5.2.2.2 Facie arenisca arcillosa conglomeratica (cgS) 45
5.2.2.3 Facie areniscas lodosas conglomeraticas (mgS) 46
5.2.2.4 Facie limolita conglomeratica (gM) 47
5.2.2.5 Facie arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam) 48
5.2.2.6 Facie areniscas con laminación paralela (Slam) 49
5.2.2.7 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) 50
5.2.2.8 Facie arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx) 51
5.2.2.9 Facie arenisca lodosa heterolítica (mSh) 52
5.2.2.10 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) 53
5.2.3 Sector Cerro El UVO. 54
5.2.3.1 Facie areniscas con laminación (Slam): 55
5.2.3.2 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) 56
5.2.3.3 Facie limolita (M) 57
5.2.3.4 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) 58
5.3 ASOCIACIÓN DE FACIES 59
5.4 INTERPRETACIÓN AMBIENTAL 64

6. CONCLUSIONES 68
BIBLIOGRAFIA 70
ANEXOS 73

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización del área de estudio; se observan las tres secciones a trabajar de la Formación Picacho. 21
Figura 2. Corte Estructural A-A' 31
Figura 3. Mapa tectónico de las planchas 172 y 192. 32
Figura 4. Esquema de la metodología empleada durante el estudio 37
Figura 5. Facie Arenisca conglomeratica con laminación, gSlam. Se observan gránulos y guijos y guijarros. 44
Figura 6. Facie Arenisca arcillosa conglomeratica (cgS). Se observan intraclastos de arcillas así como la presencia de conglomerados. 45
Figura 7. Facie areniscas lodosas conglomeraticas (mgS), se observa una capa de conglomerados los cuales siguen la dirección de la estratificación. 46
Figura 8. Facie limolita conglomeratica (gM), laminación inclinada, se observa los conglomerados siguiendo la dirección de la laminación. 47
Figura 9. Facie arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam), laminación inclinada, matriz arenosa. 48
Figura 10. Facie areniscas con laminación paralela (Slam), laminación plano paralela, colores amarillentos debido a la meteorización y erosión. 49
Figura 11. Facie arenisca con laminación cruzada (Sx), se observa el predominio de grano medio a grueso. 51
Figura 12. Facie arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx), predomina una estructura masiva y se observa una capa de conglomerados que siguen la dirección preferencial de la laminación. 52
Figura 13. Facie arenisca lodosa heterolítica (mSh), arenisca de grano muy fino a fino, se observa meteorización hacia la base. 53

Figura 14. Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam), estratificación inclinada, colores pardos debido a agentes oxidantes. 54
Figura 15. Facie areniscas con laminación (Slam), laminación plano paralela, presencia de pequeños lentes de arcilla. 56
Figura 16. Facie arenisca con laminación cruzada (Sx), laminación cruzada. 57
Figura 17. Facie limolita (M), masiva, colores grisáceos, se observa meteorizado por efectos de agentes erosivos. 58
Figura 18. Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam), presencia de pequeñas capas de arcilla. 59
Figura 19: Elementos arquitecturales básicos en los depósitos fluviales (Modificado de Miall, 1996). 67

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Correlación lito estratigráfica del cretácico y terciario de la parte central de la cordillera oriental de Colombia. 29
Tabla 2. Tabla de clasificación según Farrel 2012. 36
Tabla 3. Granulometría y composición mineralógica sector Mina el Recuerdo. 39
Tabla 4. Granulometría y composición mineralógica sector Lago de Tota-Playa Blanca. 39
Tabla 5. Granulometría y composición mineralógica sector Cerro el Uvo. 39
Tabla 6. Facies identificadas en la columna estratigráfica del sector de la Mina El Recuerdo. 40
Tabla 7. Facies identificadas en el sector de Playa Blanca (Laguna de Tota) 43
Tabla 8. Facies identificadas en el sector Cerro el Uvo (Paz del Río) 55

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION MINA EL RECUERDO 73

ANEXO B. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION LAGO DE TOTA, PLAYA BLANCA 74

ANEXO C. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION CERRO EL UVO 75

ANEXO D MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO EN PLANCHA GEOLÓGICA 172- PAZ DE RIO. INGEOMINAS. 76

ANEXO E. MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO EN PLANCHA GEOLÓGICA 192- LAGUNA DE TOTA. INGEOMINAS. 77

ANEXO F. CORRELACION ESTRATIGRAFICA SECTOR LAGO DE TOTA-PLAYA BLANCA Y SECTOR CERRO EL UVO 78

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PICACHO (SOGAMOSO), EN LAS SECCIONES MINA EL RECUERDO, LAGO DE TOTA Y CERRO EL UVO.*

AUTORES: NIDIA CAROLINA FIGUEROA ARAQUE **
INGRID PAOLA VARGAS MONTERO **

PALABRAS CLAVES: DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA, FACIES SEDIMENTARIAS, AMBIENTE DE DEPOSITACION, FORMACIÓN PICACHO.

En la caracterización sedimentológica y estratigráfica de la Formación Picacho ubicado en el departamento de Boyacá en los sectores Mina El Recuerdo (Sogamoso), Lago de Tota (Playa Blanca) y Cerro el Uvo (Paz del Rio) se describieron 268,8 mts estratigráficos levantados, divididos en las secciones la Mina el Recuerdo con 14 mts, Playa Blanca con 215,6 mts y Cerro el Uvo con 39,2 mts de tope a base para determinar las facies sedimentarias que representan las características más notables de la Formación Picacho, así como su ambiente de depositación.

Los resultados que se obtuvieron para esta Formación muestran que la depositación ocurrió en un ambiente Continental Fluvial por las características y las tasas de sedimentación observadas en los tres sectores y por la correlación estratigráfica elaborada entre el sector Lago de Tota y el sector Cerro el Uvo, se encontró que esta unidad está conformada por una superposición de cuerpos arenosos depositados como barras longitudinales y rellenos de canal dentro de ambientes continentales fluviales de corrientes trenzadas

Los resultados que se obtuvieron para esta Formación muestran que la depositación ocurrió en un ambiente Continental Fluvial por las características y las tasas de sedimentación observadas en los tres sectores y por la correlación estratigráfica elaborada entre el sector Lago de Tota y el sector Cerro el Uvo, se encontró que esta unidad está conformada por una superposición de cuerpos arenosos depositados como barras longitudinales y rellenos de canal dentro de ambientes continentales fluviales de corrientes trenzadas

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Química. Escuela de Geología. Directora: Kedy Yohana Araque G. Codirector: Ricardo Mier Umaña.

ABSTRACT

TITLE: SEDIMENTOLOGYCAL AND STRATIGRAPHIC CHARACTERIZATION OF PICACHO FORMATION (SOGAMOSO) IN THE SECTIONS MINA EL RECUERDO, LAGO DE TOTA Y CERRO EL UVO.[*]

AUTHORS: NIDIA CAROLINA FIGUEROA ARAQUE [**]
INGRID PAOLA VARGAS MONTERO [**]

KEY WORDS: SEDIMENTOLOGYCAL CHARACTERIZATION, STRATIGRAPHIC, SEDIMENTARY FACIES, DEPOSIT ENVIRONMENT.

The sedimentology and stratigraphic characterization of the Formation Picacho in the Boyacá department, in the sector of Mina el Recuerdo (Sogamoso), Lago de Tota (Playa Blanca) y Cerro el Uvo (Paz del Rio) were described 268,8 stratigraphic meters between the sectors Mina el Recuerdo with 14 m, Playa Blanca with 215,6 m and Cerro el Uvo with 39,2 m from the top to base determining the sedimentary facies that represent the most remarkables characteristist of the Picacho Formation, and their depositional environment.

The results obtained for this Formation show that deposition occurred in a River Continental atmosphere by the characteristics and sedimentation rates observed in the three sectors and stratigraphic correlation drawn between Lago de Tota sector and the Cerro el Uvo sector found that this unit consists of a superposition of sand bodies deposited as longitudinal bars and channel fills within continental fluvial braided stream environments.

The results obtained for this Formation show that deposition occurred in a River Continental atmosphere by the characteristics and sedimentation rates observed in the three sectors and stratigraphic correlation drawn between Lago de Tota sector and the Cerro el Uvo sector found that this unit consists of a superposition of sand bodies deposited as longitudinal bars and channel fills within continental fluvial braided stream environments.

[*] Degree work
[**] Faculty of Physics – Chemistry Engineering. School of Geology. Directora: Kedy Yohana Araque G. Codirector: Ricardo Mier Umaña.

INTRODUCCIÓN

El proyecto “CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN PICACHO (SOGAMOSO), EN LAS SECCIONES MINA EL RECUERDO, LAGO DE TOTA Y CERRO EL UVO” forma parte del convenio ECOPETROL-ICP-UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER para la formación de geólogos a nivel de programa Pregrado. Este proyecto busca actualizar la información correspondiente a la formación Picacho en los municipios de Sogamoso, Laguna de Tota y Paz del Rio, Boyacá.

Este trabajo contribuye al conocimiento de la Formación Picacho, comenzando por la comprensión de su génesis para proporcionar información valiosa dentro del proceso de evaluación del potencial de generación de hidrocarburos.

El objetivo de este trabajo es la descripción tanto sedimentológica como estratigráfica de la Formación Picacho en el departamento de Boyacá, así como realizar una descripción más completa, detallada y actualizada de la zona. Con esta información se puede correlacionar la litología, analizar las rocas con presencia de crudos y observar la variación lateral de ambientes con el fin de estudiar las posibilidades de presencia de crudos pesados entre estas localidades; también con esta información y con futuras investigaciones se podrá complementar y determinar la importancia de las arenas BITUMINOSAS de la Formación Picacho.

Para este estudio se realizó un previo estudio bibliográfico, con el fin de tener conocimientos del área de estudio además de la cartografía necesaria para ubicar los posibles afloramientos de la Formación Picacho. Después de tener los conocimientos previos se realizó salidas de campo en el área, donde se tomaron

muestras para la descripción sedimentológica de los afloramientos y su caracterización composicional; se realizaron levantamientos de 3 columnas estratigráficas de manera detallada a escala 1:50.

Con el levantamiento de columnas estratigráficas en campo, fue posible realizar una correlación entre dos de las tres columnas estratigráficas levantadas, una perteneciente al Lago de Tota y la otra perteneciente al Cerro el Uvo provenientes de la Formación Picacho. Gracias a esta correlación se determinó las Facies sedimentarias y los ambientes de depositación de las arenas presentes y de los cuerpos arenosos, permitiendo predecir con mayor aproximación su comportamiento.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- Caracterizar sedimentológica y estratigráficamente la Formación Picacho en las secciones Mina el Recuerdo, lago de Tota y Cerro el Uvo.

1.1.2 Objetivos Específicos

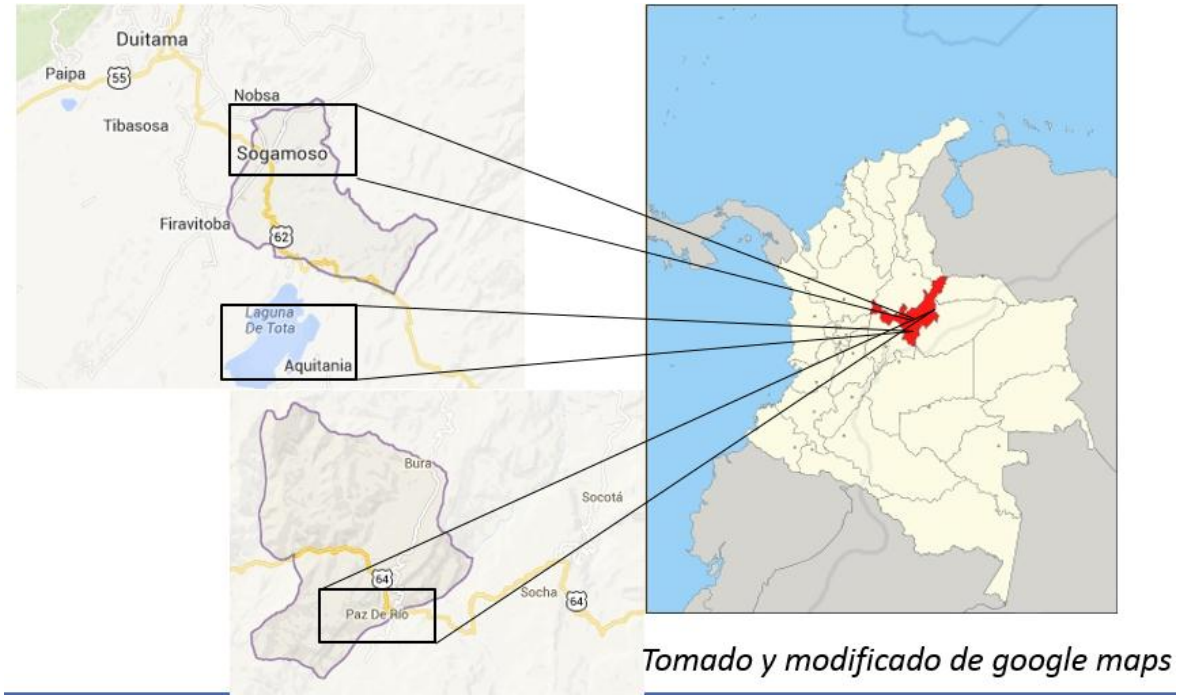
- Realizar un levantamiento estratigráfico a escala 1:50 de las secciones Mina el Recuerdo, Playa blanca y Cerro el Uvo.
- Describir litológicamente y sedimentológicamente los intervalos arenosos de la Formación Picacho en los sectores Mina el Recuerdo, sección Playa Blanca y sección Cerro el Uvo.
- Determinar la composición de los intervalos arenosos de la Formación Picacho en la sección Mina el Recuerdo, sección Playa Blanca y Sección Cerro el Uvo.
- Realizar una correlación entre los afloramientos de la sección Playa Blanca y sección Cerro el Uvo.
- Definir las variaciones verticales granulométricas en la Formación Picacho de las secciones Mina el Recuerdo, Playa Blanca y sección Cerro el Uvo.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra situada en la cordillera oriental, en el departamento de Boyacá, Colombia. Se ubica en las cercanías del municipio de

Sogamoso (Boyacá), Laguna de Tota (Aquitania) y Cerro el Uva en Paz del Rio (Boyacá). En donde se puede apreciar afloramientos de la Formación Picacho, con edades entre Eoceno temprano a Eoceno medio (Alvarado y Sarmiento, 1994).

Figura 1. Localización del área de estudio; se observan las tres secciones a trabajar de la Formación Picacho.



Fuente: Tomada y modificada de Google Maps.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 FORMACIÓN PICACHO

Generalidades

Alvarado y Sarmiento (1944), en el trabajo sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza en el área de Paz de Río, definen la Formación Picacho como areniscas que forman un potente conjunto superpuesto a lo que ellos habían denominado Formación Arcillas de Socha, y le dan como localidad tipo el Cerro Picacho situado cerca de Paz de Río.

Ulloa *et all* (2001), indican que la formación aflora sobre la vía Corrales – Paz de Río, en donde tiene un espesor de 138.8 m y la subdividen en tres conjuntos, uno inferior formado por cuarzoarenitas de grano medio hasta conglomeráticos, friables, con cemento silíceo y con escasas intercalaciones de arcillolitas grises claras, oscuras y rojizas, de un espesor de 87.30 m.; uno intermedio constituido por arcillolitas grises claras, con un espesor de 30 m y el superior formado por arenitas de grano medio a grueso, friable, en capas muy gruesas mayores de 2 m y con lentes de conglomerados, con un espesor de 21.50 m.

La Formación Picacho, en contacto concordante con la infrayacente Formación Arcillas de Socha, y está compuesta por facies de arenitas cuarzosas y en algunas ocasiones conglomerática con guijos de cuarzo lechoso, chert e intraclastos lodosos; en menor proporción hay bancos gruesos de arcillolitas laminadas, también contiene fragmentos carbonosos, niveles de oxidación, materia orgánica, micas y presencia de bastantes niveles impregnados con petróleo, geometría externa cuneiforme y en algunos casos

tabular, laminación interna planar no paralela discontinua y laminación convoluta, selección moderada a buena, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena y los colores de gris amarillento hasta el naranja grisáceo; algunas capas tienen estrías de fricción en las diaclasas.

2.2 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Cualquier estudio sedimentológico comienza con la descripción de las propiedades físicas de los depósitos. La característica más importante de las rocas siliciclásticas es la textura. La textura de las rocas sedimentarias afecta propiedades derivadas como la porosidad y la permeabilidad.

La textura sedimentaria encierra tres propiedades fundamentales de las rocas sedimentarias: Tamaño del grano, contorno del grano y fábrica.

Tamaño de grano. El tamaño es la propiedad más notable de una partícula sedimentaria. Si es fácil entender el concepto de tamaño de grano, es más fácil encontrar como medir esta característica. Existe la escala de Wentworth (1922) para separar los tamaños arcilla, limo, arena y grava donde las fracciones arena y grava son subdivididas en cinco y cuatro fracciones respectivamente.

Contorno del grano. Encierra todos los aspectos de la morfología externa de las partículas que incluyen forma, redondez y micro relieve superficial.

Fábrica. Este término se refiere a las propiedades de empaquetamiento y orientación de los granos. El empaquetamiento es una función del tamaño y la forma de los granos y de los procesos físicos y químicos post-depositacionales que se realizan para lograr la compactación del sedimento. La orientación es

principalmente una función de los procesos físicos y el ambiente de depósito; posteriormente la orientación de los granos puede ser modificada por la actividad de organismos (bioturbación o bioperturbación).

2.3 CARACTERIZACIÓN DE FACIES

El termino facies fue empezado a utilizar por (Gressly, 1838) y se denomina facies al conjunto de rocas con determinadas características, ya sean paleontológicas (fósiles) y litológicas (como la forma, el tamaño, la disposición de sus granos y su composición de minerales) que ayudan a conocer dónde y cuándo se formó la roca. Las facies es la forma ideal de un distintivo de roca que se forma en determinadas condiciones de sedimentación, lo que refleja un proceso o ambiente particular (Rincón, 2008).

2.3.1 Tipos de Facies Dentro del término de facies también podemos encontrar que existen dos tipos de facies, la primera es la litofacies en la cual nos enfocaremos más adelante para la descripción de facies; el segundo tipo de facies es la Biofacies (Rincón, 2008).

2.3.1.1 Litofacies: Solo referidas al aspecto litológico, sin fósiles o con fósiles pero considerándolos como clastos que no sirven para la caracterización de la roca. No deben de ser confundidas con unidad litoestratigráfica o con un medio sedimentario (Rincón, 2008).

Una litofacies alude a un conjunto de características litológicas de unos materiales y a las condiciones físico−químicas reinantes durante el depósito. Generalmente las litofacies son homogéneas desde un punto de vista litológico. Las litofacies se definen con base en las características sedimentarias, las cuales pueden estar

conformadas por una sola litología o por intercalaciones de varias litologías (Gressly., 1838).

2.3.1.2 Biofacies: Se le llaman biofacies a los materiales caracterizados por contener restos de los distintos organismos y que nos aportan datos del medio ambiente en el que interactuaban durante su depositación y fosilización. Este tipo se facie es utilizada principalmente en rocas carbonatadas, principalmente en calizas y también se pueden encontrar en algunas rocas terrígenas (Rincón, 2008).

3. MARCO GEOLÓGICO

En la Cordillera Oriental colombiana se pueden diferencias dos episodios grandes de deformación, el primero episodio involucra solo la cobertera sedimentaria, con fallas de bajo ángulo entre finales del Mioceno y plioceno; el segundo episodio de deformación opera desde el plioceno al reciente, donde se desarrollan fallas inversas (muchas de estas fallas fueron normales y luego invertidas) que afectan el basamento y que desplazan a las fallas de bajo ángulo (Uribe, E. 2010).

El Departamento de Boyacá está ubicado en la parte central de la Cordillera Oriental, este Departamento y el Departamento de Cundinamarca fueron sometidos a una serie de procesos tectónicos (una tectónica expansiva que origina inversión tectónica) y estructurales que definieron la alineación de pliegues y fallas dándoles una dirección preferente hacia el Noreste (Rodríguez, et al., 2000).

El departamento de Boyacá se puede dividir en cuatro cuencas para efectos prácticos en el estudio estratigráfico. Una de estas cuencas es la Cuenca Cordillera Oriental, la cual corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias, se distinguen tres bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes: El Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, El Bloque Tunja – Duitama y EL Bloque Tota - Paz de Río, (Rodríguez, et al, 2000). En este caso la zona de estudio se ubica dentro del Bloque Tota- Paz del Río.

Bloque Tota – Paz de Río:

Este bloque se localiza al oriente del bloque Tunja-Duitama y se encuentra limitado por la Falla de Soapaga al occidente y las Fallas de Santa María -

Lengupá al Suroriente y Guaicáramo al nororiente. Representa lo que se ha denominado como “el cordón magistral de la cordillera oriental” y es la zona más ampliamente tectonizada del departamento. La cobertura sedimentaria la constituyen rocas del Cretácico, del Paleógeno y del Neógeno que se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas, por fallas normales e inversas de bajo ángulo y poco salto, las cuales no siguen un patrón o direccionamiento específico sino que se encuentran conformando un entramado en varias direcciones (Rodríguez, et al., 2000)

La Falla de Soapaga pone en contacto, como se dijo anteriormente, rocas sedimentarias replegadas del Cretácico, encima de rocas del Paleogeno e incluso del Neogeno y la Falla de Guaicáramo es una falla inversa, de bajo ángulo, cuyo plano de falla buza hacia el Oeste y pone en contacto rocas de la Formación Caja con rocas del Grupo Palmichal (Rodríguez, et al., 2000).

3.1 ESTRATIGRAFÍA:

Para una mejor descripción de la estratigráfica del Bloque Tota - Paz del Río, se ha agrupado en 3 regiones, teniendo en cuenta las características la tectónica, aspectos geomorfológicos y cambios de facies. Las regiones en las cuales se agrupo son la Región Los Farallones, Región Paz del Río y Región del Borde Llanero. Pero este estudio se va a enfocar en la Formación Picacho perteneciente a la Región Sogamoso, Lago de Tota (Aquitania) y Paz del Rio.

3.1.1 Formación Picacho (Pgep)

Eoceno Temprano – Medio.
El nombre de la Formación Picacho fue dado por Alvarado y Sarmiento en 1944 para designar un conjunto de areniscas conglomeráticas. Según autores

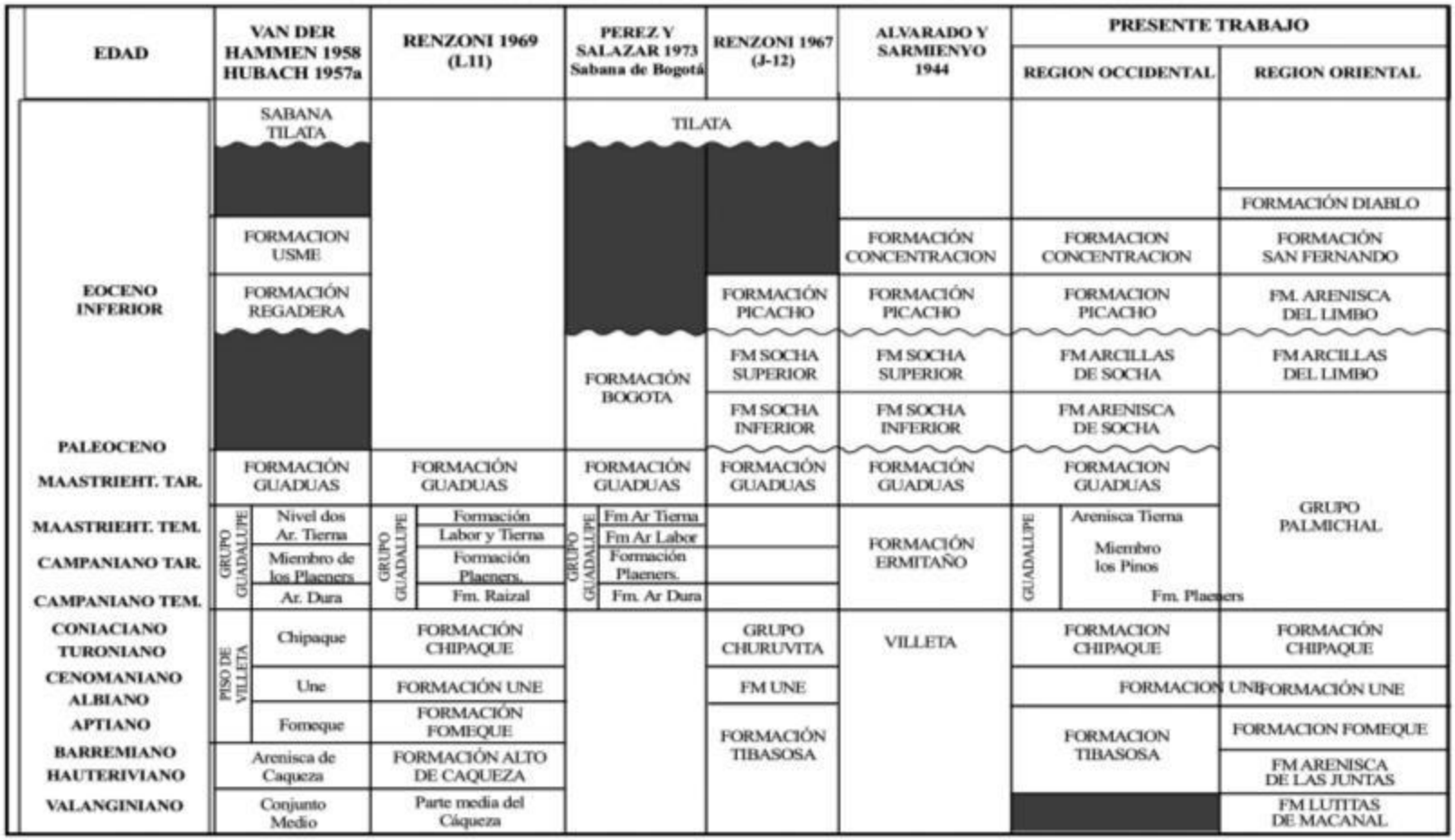
(Germeraad, et al, 1968) esta unidad fue acumulada durante el Eoceno temprano y según (Van Der Hammen, 1958) esta unidad fue depositada entre el Eoceno temprano a medio en la Región del Catatumbo. Además se correlaciona esta unidad con la Formación Areniscas de El Limbo del Borde Llanero, con la Formación Regadera de la Sabana de Bogotá y con la Formación Mirador de los Santanderes (Ulloa. et al., 2001). **Ver Tabla 1**.

La Formación Picacho presenta morfología de lomas escarpadas, que resalta comparada con la morfología de valles de las unidades Socha Superior y Concentración que la infrayacen y suprayacen, respectivamente (Ulloa. et al., 2001).

Esta localidad tipo se encontró en la vía que va de playa blanca (laguna de tota) a 20 Km aproximadamente de Aquitania. La descripción detallada de esta formación para el área de estudio puede observarse en el **Anexo 1.**

Tabla 1. Correlación lito estratigráfica del cretácico y terciario de la parte central de la cordillera oriental de Colombia.

TABLA 1: CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DEL CRETACICO Y TERCIARIO DE LA PARTE CENTRAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA



Fuente: Tomada de Ulloa. et al, 2001.

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

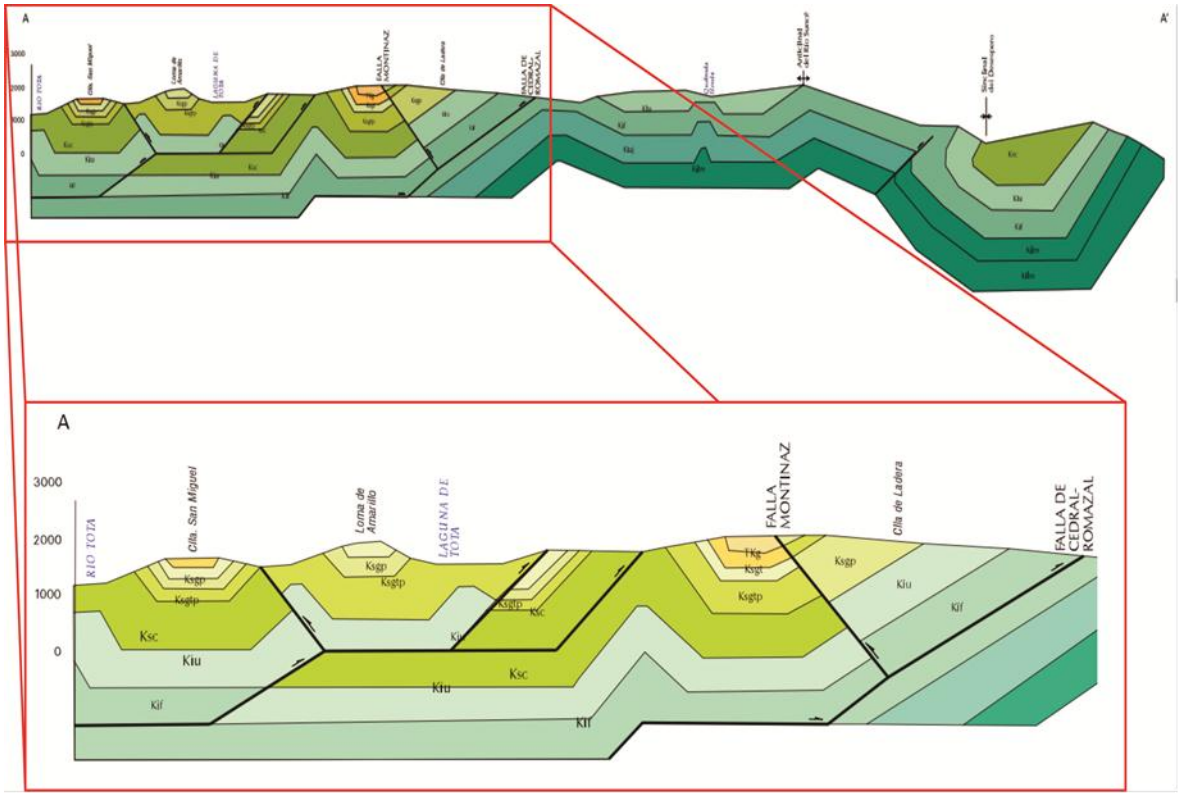
El área de estudio está ubicada en el sector central de la Cordillera Oriental. Se caracteriza por presentar un patrón estructural de anticlinales estrechos y sinclinales amplios de dirección Noreste-Suroeste, acompañados por fallas inversas con la misma dirección. Lo anterior es observable en las planchas geológicas publicadas por INGEOMINAS, la plancha 172 Paz del Río, (Ulloa, *et al.,* 1998) y la plancha 192, laguna de Tota, (Ulloa, et al., 1998).

En el área de estudio se puede observar la influencia de la Falla de Soapaga al occidente y la Falla Cedral-Romazal al oriente, Ver Figura 3. Se caracteriza por presentar rocas del Cretácico Inferior al Terciario superior, las cuales conforman sinclinales y anticlinales estrechos (1,3 km de ancho) con direcciones entre N25°E y N35°E. Se destacan los sinclinales de Iza-Cuítiva, San Miguel, del Pilar y Balcones y el Anticlinal del Picacho. Estas estructuras presentas tramos en sus flancos invertidos (Ulloa y Rodriguez, 2001).

La Falla de Cedral-Romazal se interpreta como una falla de cabalgamiento con inclinaciones entre 45 y 5 grados hacia el SE, que es el resultado de la inversión positiva de una falla normal preexistente, como se puede observar en el corte AA' de la **Figura 2**. En el bloque colgante de esta falla se presentan las estructuras mencionadas anteriormente, que están afectadas por cabalgamientos y retrocabalgamientos menores. (Ulloa y Rodriguez, 2001).

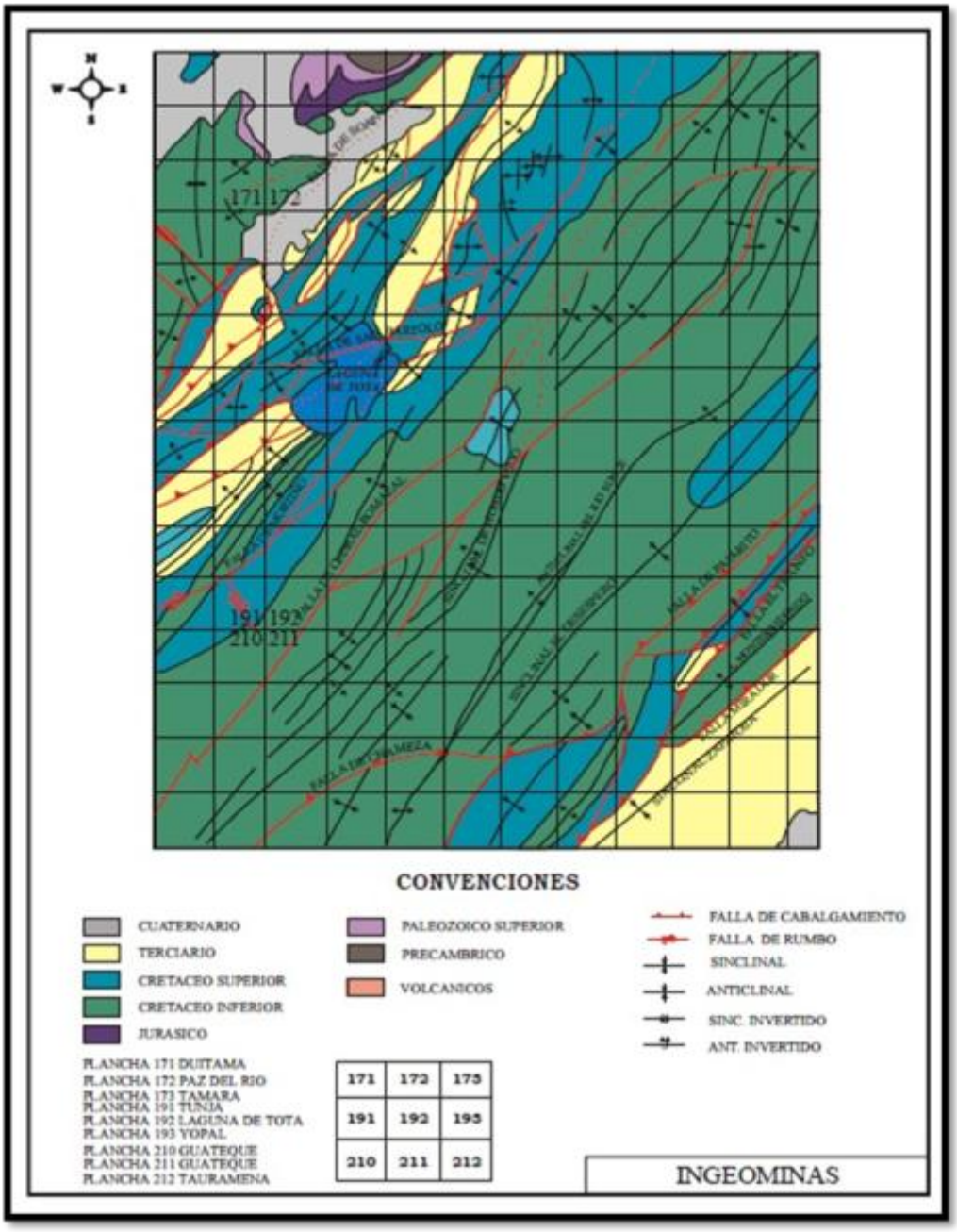
Las principales fallas que aparecen cartografiadas en la plancha geológica 172 Paz del Río son: Soapaga, Otenga, Paz de Rio, Gameza, La Puerta. **Ver Figura 2**

Figura 2. Corte Estructural A-A’



Fuente: Tomado de Ulloa, et al., 1998. Plancha 192- Laguna de Tota. INGEOMINAS.

Figura 3. Mapa tectónico de las planchas 172 y 192.



Fuente: Tomado de Ulloa, 2001.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en 5 etapas, partiendo de la revisión bibliográfica, una fase de campo, una fase de laboratorio y finalmente el análisis de los resultados obtenidos.

I. FASE INICIAL

En esta fase se realizó la debida verificación bibliográfica para recolectar información sobre el área de estudio. Con ayuda de la información recolectada se elaboró el cronograma de actividades, este cronograma es para ordenar y soporte las actividades en las siguientes fases.

Parte de la información bibliográfica recopilada se basa en tesis con temas relacionados, estudios realizados en los alrededores a la zona de estudio; también se consultó memorias explicativas de las formaciones presentes en la zona y de la tectónica y deformación sufrida en esa zona.

La cartografía utilizada hace parte de las planchas 172 y 192 a escala 1:100.000 (Tomado Ingeominas, 2008), pertenecientes a la zona de Paz del Río y Laguna de tota, correspondientemente. Estas planchas fueron realizadas como parte de la investigación e información geo científica del INGEOMINAS.

II. FASE DE CAMPO

En esta segunda fase se procedió a realizar la salida de campo al área de estudio, donde se recolecto información procedente de los 3 afloramientos indicados a trabajar dentro del área comprendida; también se recolectaron datos estructurales

que nos ayudaron a comprender los eventos ocurridos en la zona, así como muestras de los diferentes estratos de la formación de estudio.

Se levantaron 3 secciones estratigráficas de escala 1:50 utilizando el método del bastoneo con la vara de Jacob, una por cada sección seleccionado previamente, es decir, se levantó una columna estratigráfica en el sección de la Mina el Recuerdo (Sogamoso), Playa Blanca- Laguna de Tota y Cerro el Uvo (Paz del Río). **Ver Anexo 4 y Anexo 5**

En la descripción de las muestras de mano en las 3 secciones se utilizó lupa de mano de 20x y la tabla de tamaño de grano (Wentworth, 1922). La clasificación empleada para las rocas siliciclásticas que corresponde a la nomenclatura (Folk, 1974), en la descripción del tamaño de grano se empleó la clasificación granulométrica de Wentworth (1922) y la descripción de capas de acuerdo con Ingram (1954, 1971).

En total se recolectaron 60 muestras para saber a ciencia cierta su composición y tamaños de grano entre las tres secciones estratigráficas, realizadas en las zonas correspondientes a la Sección de la Mina el Recuerdo (Sogamoso), Sección Playa Blanca (Laguna de Tota) y Sección Cerro el Uvo (Paz de Río).

III. FASE DE LABORATORIO

En esta tercera fase se analizaron las muestras recolectadas de la formación Picacho para determinar los patrones texturales, composicionales y tamaño de grano mediante macro petrografía el cual se realizó en los laboratorios de ingeniería civil aptos para tamizar de la universidad industrial de Santander.

Para las muestras recolectadas se utilizó el proceso de tamizaje para comprobar el tamaño de grano, para ello se utilizaron tamices de diferentes números como:

número 8 para los gránulos, el número 14 para arena muy gruesa, el número 30 para arena gruesa, número 50 para arena media, número 100 para arena fina y número 200 para arena muy fina.

IV. FASE DE ANALISIS

CARACTERIZACIÓN DE FACIES

En la caracterización de las facies sedimentarias que se reconocieron e identificaron en los sectores de la Mina el Recuerdo (Sogamoso), Playa Blanca (Lago de Tota) y Cerro el Uvo (Paz del Rio), se utilizó el siguiente procedimiento.

1. Las facies se identificaron y determinaron por cada sector trabajado (Mina el Recuerdo, Playa Blanca y Cerro el Uvo). Al finalizar la descripción de cada afloramiento y los cuales se basaron en las características representativas en cada uno de los afloramientos; también se tomó como base las composiciones litológicas y las estructuras sedimentarias presentes a lo largo de cada sección.

2. la nomenclatura y el nombre de las Facies se determinaron a partir de las características físicas y estructurales más destacables (Farrel, 2012) **Ver tabla 2**, para mayor manejo y facilidad se utilizó una nomenclatura corta y así tener un manejo simplificado dentro de las columnas estratigráficas. **Ver Anexo 1 y Anexo 2.**

Tabla 2. Tabla de clasificación según Farrel 2012.

Texture		Attribute		Lithofacies Codes - Examples	
Code	Description	Code	Description	Code	Description
G	gravel	m	massive	sG gr	Graded sandy gravel
sG	sandy gravel	biot	bioturbated	smG df	Sandy muddy gravel with dissolution fabric
mG	muddy gravel	b	burrowed	msG ch	Chaotically bedded, muddy, sandy gravel
smG	sandy, muddy gravel	lam	laminated	(s)G mot	Mottled, slightly sandy gravel
msG	muddy, sandy gravel	b-lam	burrow-laminated		
		l	lenticular bedding	S m	Massive sand
S	sand	w	wavy bedding	S biot	Bioturbated sand
mS	muddy sand	f	flaser bedding	S b	Burrowed sand
gS	gravelly sand	gr	graded	S x	Crossbedded sand
gmS	gravelly muddy sand	gr-lam	graded laminates	S r-lam	Ripple-laminated sand
mgS	muddy gravelly sand	x	cross-bedded		
		ch	chaotic bedding	(m)S f	Flaser-bedded slightly muddy sand
M	mud	con	convoluted	mS b	Burrowed muddy sand
sM	sandy mud	s	swirling	gmS b-gr	Burrowed to graded gravelly, muddy sand
gM	gravelly mud	r	rippled		
gsM	gravelly mud	r-lam	ripple-laminated	M mp	Micropelletal mud
sgM	sandy gravelly mud	s-lam	swirling laminated	M lam	Laminated mud
		mld	moldic	(s)M l	Lenticularly bedded, slightly sandy mud
(g)	slightly gravelly	intr	intraclastic	sM b	Burrowed sandy mud
(s)	slightly sandy	df	dissolution fabric	(g)sM rt	Rooted, slightly gravelly sandy mud
(m)	slightly muddy	rt	root traces	sP b	Burrowed sandy peat
(c)	slightly clayey	mot	mottled		
(z)	slightly silty	org	plant debris		Heterolithic Strata
	Other	dis	disturbed		
		rt-mot	root-mottled	G/S	Interbedded gravel and sand, gravel dominant
C	clay	rh	rhythmically layered	S/G	Interbedded sand and gravel, sand dominant
Z	silt	bnd	banded	S/M w	Wavy bedded sand and mud (interbedded)
c	clayey	cem	cemented	M/S l	Lenticularly bedded mud with subordinate sand
z	silty	p	pelletal	M/G	Interbedded mud and gravel, mud dominant
/	interlayered	mp	micropelletal	mSb/sM l	Rhythmic interbeds of burrowed muddy sand and lenticularly bedded sandy mud.
P	peat	lig	lignitic		

Fuente: tomado de Farrel, 2012

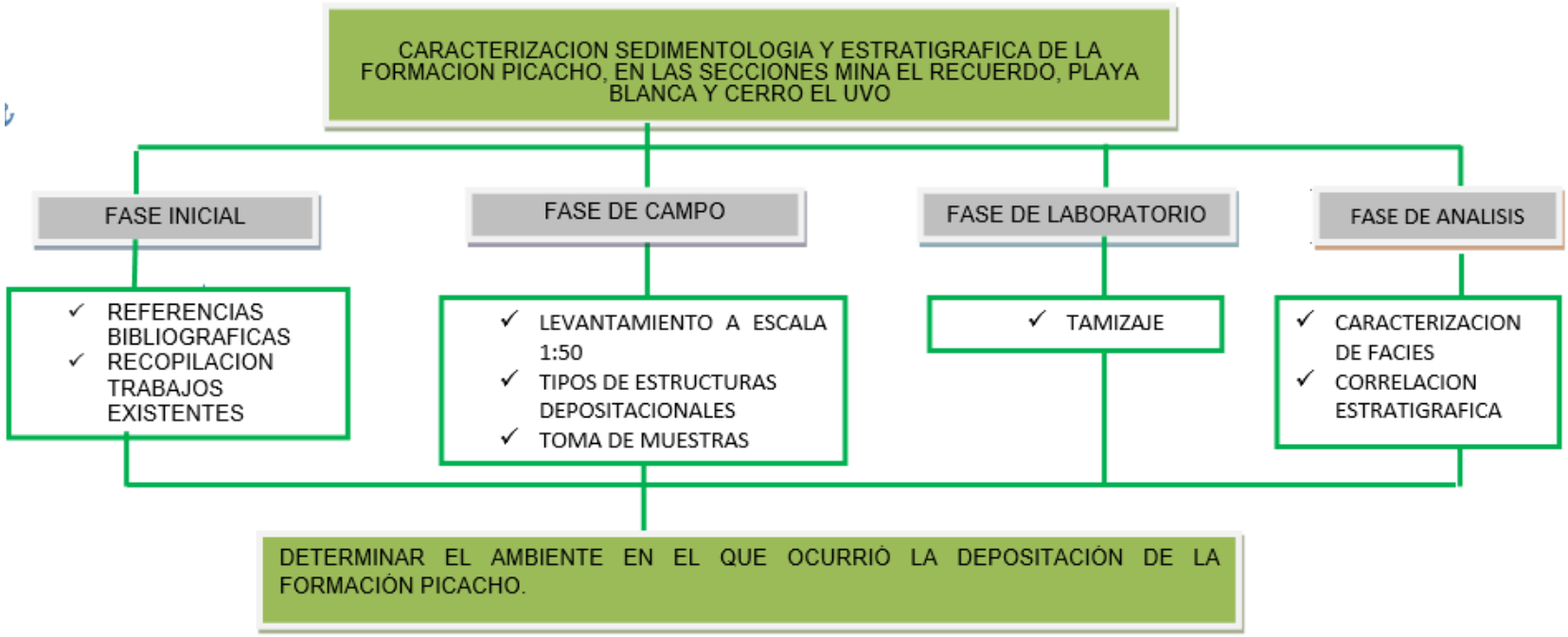
3. después de elegir las facies y utilizar la nomenclatura adecuada, se procedió a realizar la asociación de facies teniendo en cuenta la disposición vertical de los estratos. La disposición de estos estratos es evidencia del ambiente de depositación así como las variaciones del tamaño de grano y características tanto físicas como químicas.

V. FASE FINAL: INTERPRETACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta última fase, se interpretó y analizo los resultados, mediante los cuales se recopilaron durante el desarrollo del proyecto, se realizó un estudio con el fin de caracterizar y hacer una comparación de los cuerpos arenosos de la Formación Picacho por medio de una correlación estratigráfica entre los afloramientos trabajados.

El siguiente esquema indica la metodología que se utilizó.

Figura 4. Esquema de la metodología empleada durante el estudio



5. RESULTADOS

Para el análisis granulométrico se utilizó una serie de tamices de aperturas decrecientes apilados para fraccionar la muestra en los distintos tamaños de granos y de esta manera clasificarlos según la apertura de cada tamiz los cuales oscilan desde tamaño de grano muy fino a gránulos, para realizarlo se coloca un juego de tamices en cascada, es decir, ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla, la muestra a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio. La finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en cada muestra.

En el sector mina el recuerdo se encontró que la variación de tamaño de grano va desde granos muy finos hasta gránulos predominando el tamaño de grano fino, también se determinó la composición de mineralógica con ayuda de la lupa de mano de 20x se observó Cuarzo, Feldespato Potásico y Fragmentos líticos. (Tabla 3). En el sector de Playa Blanca se encontró una variación de tamaño de grano muy fino a gránulos donde su mayor proporción de granos son de tamaño medio, se determinó la composición de mineralógica con ayuda de la lupa de mano de 20x se observó Cuarzo, Feldespato Potásico y Fragmentos líticos. (Tabla 4) y en el sector Cerro el Uvo se clasifico el tamaño de grano desde muy fino a gránulos encontrando que el tamaño de grano fino es el predominante se determinó la composición de mineralógica con ayuda de la lupa de mano de 20x se observó Cuarzo, Feldespato Potásico y Fragmentos líticos. (Tabla 5).

Tabla 3. Granulometría y composición mineralógica sector Mina el Recuerdo.

TAMAÑO DE GRANO	% TAMAÑO DE GRANO	COMPOSICION	
Muy fino	10%	CUARZO	96%
Fino	45%	FELDESPATO POTASICO	3%
Medio	38%	FRAGMENTOS LITICOS	1%
Grueso	4%		
Muy grueso	2%	**Mina El Recuerdo**	
Gránulos	1%		

Tabla 4. Granulometría y composición mineralógica sector Lago de Tota-Playa Blanca.

TAMAÑO DE GRANO	% TAMAÑO DE GRANO	COMPOSICION	
Muy fino	10%	CUARZO	95%
Fino	12%	FELDESPATO POTASICO	4%
Medio	50%	FRAGMENTOS LITICOS	1%
Grueso	20%		
Muy grueso	5%	**laguna de tota**	
Gránulos	3%		

Tabla 5. Granulometría y composición mineralógica sector Cerro el Uvo.

TAMAÑO DE GRANO	% TAMAÑO DE GRANO	COMPOSICION	
Muy fino	10%	CUARZO	97%
Fino	48%	FELDESPATO POTASICO	2%
Medio	32%	FRAGMENTOS LITICOS	1%
Grueso	4%		
Muy grueso	4%	**Cerro El Uvo**	
Gránulos	1%		

5.2 DESCRIPCIÓN DE FACIES

5.2.1 Sector Mina El Recuerdo. En el sector de la Mina el recuerdo se realizó el análisis litológico y se identificaron 7 facies sedimentarias. Estas facies se identificaron teniendo en cuenta los principales atributos texturales y estructurales vistos y reconocidos a lo largo de la descripción de las columnas estratigráficas. (Anexo 1) En el sector Mina El Recuerdo encontramos las siguientes Facies asociadas en la tabla mostrada a continuación:

Tabla 6. Facies identificadas en la columna estratigráfica del sector de la Mina El Recuerdo.

Slam	Arenisca con laminación
CgS	Arenisca arcillosa conglomeratica
Sm	Arenisca masiva
Sx	Arenisca con laminación cruzada
Si-lam	arenisca con laminación inclinada
gSlam	Arenisca conglomeratica con laminación
Gm	Limolita conglomeratica

5.2.1.1 Facie areniscas con laminación paralela (Slam). Arenisca de grano fino a grueso. Abarca un espesor de 0,95 mts del primer bastón. Presenta coloración blanca, parda a amarillento. Bien calibrado, granos subangulares, subredondeados, granosoportada, porosidad primaria intragranular. Matriz de cuarzo, cemento silíceo, gradación normal. Estratificación plana paralela. Gran presencia de Qz. Meteorizada hacia la base.

Se repite en el 5to bastón, con diferencia de cemento de caolín.

Estos tipos de depósitos están asociados a depósitos de arenisca masivas y areniscas conglomeraticas. Estos depósitos son originados por fluidos diluidos, se

interpreta como depósitos de decantación subácuea. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

5.2.1.2 Facie arenisca arcillosa conglomeratica (cgS) Arenisca de grano medio a fino, con presencia de arcilla y conglomerados como guijarros que van desde los 2 mm a los 8 mm. Espesor de 1, 17 mts. Presenta coloración parda amarillenta. Bien calibrado, granos subangulares y subredondeados, arenosoportada. Matriz de cuarzo y cemento silicio principalmente. Porosidad primaria intergranular. Gradación normal.

Estos tipos de depósitos están asociados a depósitos de areniscas conglomeraticas y areniscas masivas. Se encuentra asociada a depósitos de carga de fondo. Son originarios por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

5.2.1.3 Facie arenisca masiva (Sm) Arenisca de grano fino a medio. Espesor de 2,1 mts, al tope del baston 3. Coloración parda amarillenta. Bien seleccionado, granos subangulares, subredondeados. Matriz arenosa, cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular.

Estos tipos de depósitos están asociados a depósitos de areniscas conglomeraticas y areniscas con laminación. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

5.2.1.4 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) Arenisca de grano medio. Espesor de 1,4 mts, bastón 4 y parte del bastón 10 de espesor 0,70 mts. Coloración amarillenta. Bien calibrado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, cemento de caolinita. Presenta estratificación cruzada en artesa. Porosidad primaria intergranular.

Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

5.2.1.5 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) Areniscas de grano medio. Bastón 6 y 7 de espesor 2,8 mts. Coloración blanca, parda amarillenta. Presenta estratificación inclinada plana. Moderadamente ha bien seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Se observa meteorización.

Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

5.2.1.6 Facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam) Arenisca de grano fino a medio, con una capa de conglomerado como cantos, guijos, guijarros de 5 mm a 14 mm, la cual no sigue ninguna dirección preferencial. Bastón 8 de espesor de 1,4 mts. Coloración blanca a parda amarillenta. Presenta estratificación plano paralela. Bien seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Contacto erosivo con la base de la capa suprayacente.

Se interpreta como depósitos residuales basales, corresponden a las zonas centrales y /o cabeceras de las barras sabuliticas. Son originados por flujos diluidos traccionales turbulentos.

5.2.1.7 Facie limolita conglomeratica (gM) Limolita asociada a granos de conglomerados. Parte del bastón 10 de espesor 0.70 mts.

Su contacto con la capa de arenisca infrayacente es erosivo. Se interpreta como depósitos sedimentarios por decantación a partir de suspensión en cuerpos de agua someros. Se puede concluir que el ambiente de depositación es cercano a la planicie de inundación.

5.2.2 Sector Playa Blanca. Con el análisis litológico se lograron identificar 10 facies sedimentarias haciendo referencia a los principales atributos texturales y estructurales vistos y reconocidos a lo largo de la descripción de las columnas estratigráficas (Anexo 2). En el sector Playa Blanca encontramos las siguientes Facies asociadas (tabla 4):

Tabla 7. Facies identificadas en el sector de Playa Blanca (Laguna de Tota)

gSlam	Arenisca conglomeratica con laminación
cgS	Arenisca arcillosa conglomeratica
mgS	Areniscas lodosas conglomeraticas
gM	Limolita conglomeratica
gSi-lam	Arenisca conglomeratica con laminación inclinada
Slam	Arenisca con laminación
Sx	Arenisca con laminación cruzada.
gSx	Arenisca conglomeratica con laminación cruzada
mSh	Areniscas lodosa heterolítica
Si-lam	Arenisca con laminación inclinada

5.2.2.1 Facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam) Arenisca de grano fino a muy grueso, predominando el tamaño de grano fino, también se encuentran capas de conglomerados pequeñas siguiendo la dirección de la laminación, estos conglomerados se van acuñando hacia el tope. Abarca el bastón 1 con un espesor de 1,4 mts; parte del bastón 7 con un espesor de 0,50 mts; del bastón 8 al 10 con un espesor de 4,2 mts; del bastón 22 al 24 con un espesor de 4,2 mts; bastón 26 y 27 con un espesor de 2,8 mts; del bastón 30 al 34 con un espesor de 7 mts; del bastón 43 al 46 con un espesor de 5,6 mts; del bastón 53 al

67 con un espesor de 19,6 mts; bastón 69 y 70 con espesor de 2,8 mts; bastón 78 al 82 con espesor de 7 mts; bastón 85 al 87 con espesor de 4,2 mts; bastón 89 y 90 con espesor de 2,8 mts; bastón 92 con espesor de 1,4 mts; bastón 94 al 106 con espesor de 18,2 mts; bastón 125 al 129 con espesor de 7 mts; bastón 133 y 134 con espesor de 2,8 mts; bastón 136 y 137 con espesor de 2,8 mts. Presenta una coloración blanca a parda amarillenta. Presenta una laminación plana paralela. Moderadamente seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Se observa oxidación y meteorización. (Figura 5)

Estos tipos de depósitos están asociados areniscas conglomeraticas y areniscas con laminación. Se les interpreta como depósitos de capa plana de alto régimen de flujo producto de la disminución de agua. Son originados por flujos diluidos traccionales y turbulentos. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 5. Facie Arenisca conglomeratica con laminación, gSlam. Se observan gránulos y guijos y guijarros.

5.2.2.2 Facie arenisca arcillosa conglomeratica (cgS) Arenisca de grano medio a muy grueso, con presencia de pequeñas capas de arcilla entre capas de espesor de 2 mm y presencia de pequeñas capas de conglomerados que siguen la dirección de laminación, hacia el tope las capas de conglomerados se acuñan. Abarca el bastón 2 y 3 con un espesor de 2,8 mts. Presenta una coloración blanca. Se observa una laminación inclinada discontinua. Moderadamente seleccionada, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa. Porosidad primaria intergranular. Se observa oxidación siguiendo la laminación, posee meteorización y su contacto entre capas es erosivo. (Figura 6).

Estos tipos de depósitos se encuentra asociada a depósitos de carga de fondo. Son originarios por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 6. Facie Arenisca arcillosa conglomeratica (cgS). Se observan intraclastos de arcillas así como la presencia de conglomerados.

5.2.2.3 Facie areniscas lodosas conglomeraticas (mgS) Areniscas de grano fino a grueso con presencia de conglomerados de tamaño de 2mm a 16 mm, también se observó una capa de lodo de espesor de 0,32 mts. Abarca el bastón 3 y parte del bastón 4 con un espesor total de 2,5 mts. Presenta una coloración blanca. Presenta una laminación cruzada. Moderadamente seleccionado, granos subredondeados y subangulares, arenosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. El contacto con la capa de limolita es neto, y entre las otras capas el contacto es erosivo. Porosidad primaria intergranular. (Figura 7)

Estos depósitos están asociados a depósitos de arenisca conglomeraticas y a lodolitas conglomeraticas. Se interpreta como depósitos en condiciones de bajo régimen de flujo en corrientes de muy poca profundidad. En ocasiones se asocian a cuerpos canalizados. Originados por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 7. Facie areniscas lodosas conglomeraticas (mgS), se observa una capa de conglomerados los cuales siguen la dirección de la estratificación.

5.2.2.4 Facie limolita conglomeratica (gM) Limolita asociada a granos de conglomerados con tamaños de 8mm a 26 mm. Abarca parte del bastón 4 y todo el bastón 5 con un espesor total de 1,7 mts; bastón 148 y parte del bastón 149 con espesor de 1,6 mts. Presenta una coloración gris claro. (Figura 8)

Estos depósitos están asociados a depósitos de areniscas conglomeraticas con laminación inclinada. Su contacto con la capa de infrayacente es erosivo. Se interpreta como depósitos sedimentarios por decantación a partir de suspensión en cuerpos de agua someros. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 8. Facie limolita conglomeratica (gM), laminación inclinada, se observa los conglomerados siguiendo la dirección de la laminación.

5.2.2.5 Facie arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam) Arenisca con granos finos a grueso, presencia de conglomerados de tamaños de 3mm a 6mm. Abarca parte del bastón 7 con un espesor de 0,90 mts; bastón 76 y 77 con espesor de 2,8 mts; bastón 151 con espesor de 1,4 mts. Presenta una coloración blanca a parda amarillenta. Se observó laminación inclinada. Bien calibrada, granos subangulares a subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa. Porosidad intergranular. (Figura 9)

Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 9. Facie arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam), laminación inclinada, matriz arenosa.

5.2.2.6 Facie areniscas con laminación paralela (Slam) Arenisca de grano fino a medio. Abarca el bastón 11 con un espesor de 1,4 mts; bastón 47 y 48 con un espesor de 2,8 mts; bastón 52 con un espesor de 1,4 mts; bastón 71 al 73 con espesor de 4,2 mts; bastón 91 con espesor 1,4 mts; bastón 93 con espesor de 1,4 mts; bastón 130 al 132 con espesor de 4,2 mts; bastón 138 a 147 con espesor de 14 mts. Presenta coloración blanca, parda a amarillento. Moderadamente calibrado, granos subangulares, subredondeados, granosoportada, porosidad primaria intergranular. Matriz arenosa. Laminación plana paralela. Presenta meteorización y oxidación hacia la base. (Figura 10)

Esos depósitos están asociados a depósitos de areniscas conglomeraticas. Son originados por fluidos diluidos, se interpreta como depósitos de decantación subácuea. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 10. Facie areniscas con laminación paralela (Slam), laminación plano paralela, colores amarillentos debido a la meteorización y erosión.

Segmento cubierto.

Segmento cubierto por vegetación. Abarca desde el bastón 12 al 20 con un espesor de 12,6 mts.

5.2.2.7 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) Arenisca de grano medio a grueso. Abarca el bastón 21 con espesor de 1,4 mts; desde el bastón 49 al 51 con un espesor de 4,2 mts. Coloración blanca a parda amarillenta. Moderadamente calibrado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, gradación normal. Presenta laminación cruzada discontinua. Porosidad primaria intergranular. Presenta una pequeña capa de limolita de espesor de 0,15 mts, el contacto con esta capa es erosivo. Hacia el tope se observó meteorizado y erosionado. (Figura 11)

Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 11. Facie arenisca con laminación cruzada (Sx), se observa el predominio de grano medio a grueso.

5.2.2.8 Facie arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx) Arenisca de grano fino a medio presenta conglomerados de 2mm a 12 mm. Abarca el bastón 24 con espesor de 1,4 mts; bastón 28 y 29 con un espesor de 2,8 mts; bastón 68 con espesor de 1,4 mts; bastón 83 y 84 con espesor 2,8 mts; bastón 88 con espesor de 1,4 mts; parte del bastón 149 y el bastón 150 con espesor de 2,6 mts. Coloración blanca a parda amarillenta. Moderadamente calibrado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, gradación normal. Presenta laminación cruzada. Porosidad primaria intergranular. (Figura 12)

Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 12. Facie arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx), predomina una estructura masiva y se observa una capa de conglomerados que siguen la dirección preferencial de la laminación.

Segmento cubierto.

Segmento cubierto por vegetación. Abarca desde el bastón 35 al 42 con un espesor de 11,2 mts.

5.2.2.9 Facie arenisca lodosa heterolítica (mSh) Areniscas de grano fino a muy fino con estratos intercalados de limolita. Abarca desde el bastón 107 al 124 con espesor de 25,2 mts; bastón 135 con espesor de 1,4 mts. Coloración blanca a grisácea. Bien seleccionado, granos subredondeados. Porosidad intergranular. Los contactos entre los estratos de arenisca y de limolitas son erosivos. (Figura 13)

Estos tipos de depósitos están asociados a depósitos de areniscas laminadas. Estas facies son originadas por flujos orbitales en un medio subácueo. Son producidas por procesos alternantes de decantación y tracción. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 13. Facie arenisca lodosa heterolítica (mSh), arenisca de grano muy fino a fino, se observa meteorización hacia la base.

5.2.2.10 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) Areniscas de grano fino a grueso. Bastón 152 al 154 con espesor de 4,2 mts. Coloración blanca, parda amarillenta. Presenta estratificación inclinada plana. Moderadamente seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Gran presencia de feldespato potásico. Se observa meteorización y oxidación. (Figura 14)

Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 14. Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam), estratificación inclinada, colores pardos debido a agentes oxidantes.

5.2.3 Sector Cerro El UVO. Con el análisis litológico se lograron identificar 5 facies sedimentarias haciendo referencia a los principales atributos texturales y estructurales vistos y reconocidos a lo largo de la descripción de las columnas estratigráficas. En el sector Cerro el Uvo encontramos las siguientes Facies asociadas (tabla 5):

Tabla 8. Facies identificadas en el sector Cerro el Uvo (Paz del Río)

Slam	**Areniscas con laminación**
Sx	Arenisca con laminación cruzada
M	Limolita
Si-lam	Arenisca con laminación inclinada

5.2.3.1 Facie areniscas con laminación (Slam): Arenisca de grano muy fino a fino. Abarca el bastón 3 al 12 con espesor de 14 mts; bastón 20 al 22 con espesor de 4,2 mts; bastón 26 al 28 con espesor de 4,2 mts. Presenta coloración marrón negruzca, blanca a parda amarillenta. Muy bien calibrado, granos subangulares, subredondeados, porosidad primaria intergranular. Matriz arenosa. Laminación plana paralela. También se observó pequeñas capas de arcilla o en algunas zonas lentes siguiendo la laminación. (Figura 16)

Estos depósitos están asociados con depósitos de areniscas conglomeraticas y areniscas masivas. Son originados por fluidos diluidos, se interpreta como depósitos de decantación subácuea. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 15. Facie areniscas con laminación (Slam), laminación plano paralela, presencia de pequeños lentes de arcilla.

5.2.3.2 Facie arenisca con laminación cruzada (Sx) Arenisca de grano fino a medio. Abarca el bastón 13 al 16 con espesor de 5,6 mts. Coloración marrón oscuro a negro. Moderadamente seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, cemento de sílice. Presenta laminación cruzada. Porosidad primaria intergranular. Presenta pequeñas capas de arcilla, el contacto con esta capa es erosivo. (Figura 17)

Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 16. Facie arenisca con laminación cruzada (Sx), laminación cruzada.

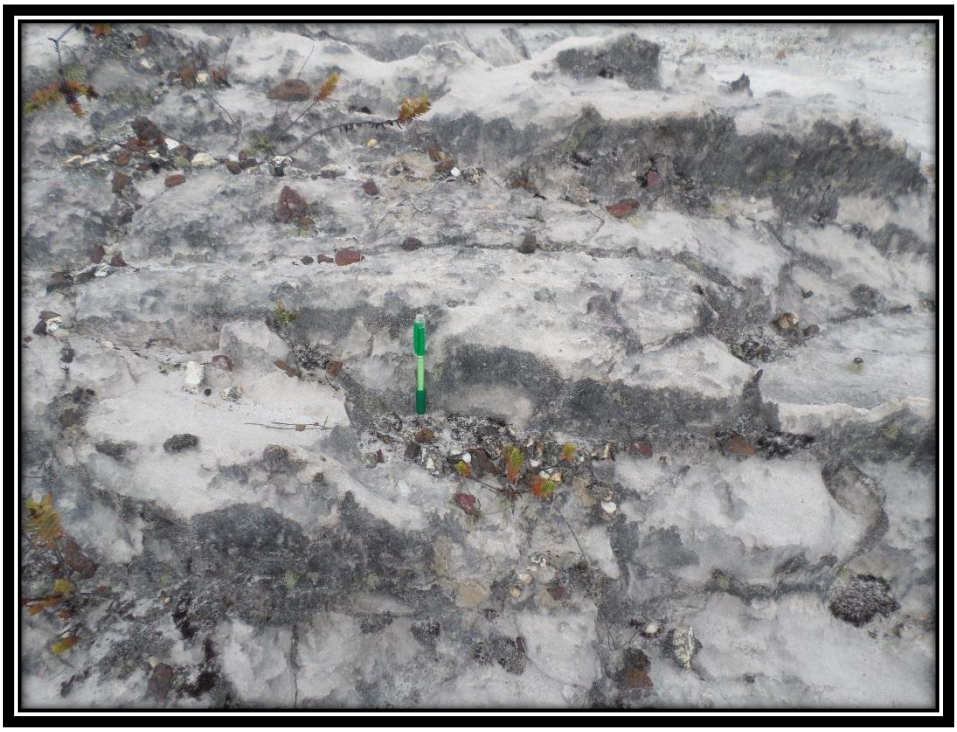
5.2.3.3 Facie limolita (M) Limolita masiva de color grisáceo. Abarca el bastón 17 al 19 con espesor de 4,2 mts. Se interpreta como depósitos sedimentarios por decantación a partir de una suspensión de cuerpos de agua someros. Estos depósitos están asociados a depósitos de arenisca lodosa (Figura 18). Se puede concluir que el ambiente de depositación es cercano a la planicie de inundación.

Figura 17. Facie limolita (M), masiva, colores grisáceos, se observa meteorizado por efectos de agentes erosivos.

5.2.3.4 Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam) Areniscas de grano fino a grueso. Bastón 23 al 25 con espesor de 4,2 mts. Coloración blanca a parda amarillenta. Presenta estratificación inclinada plana. Bien seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa y cemento de silice. Porosidad primaria intergranular. Gran presencia de feldespato potásico. Presencia de pequeñas capas de arcilla que están en contacto erosivo con las capas de arenas. (Figura 19)

Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Se puede concluir que el ambiente de depositación es continental fluvial.

Figura 18. Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam), presencia de pequeñas capas de arcilla.



5.3 ASOCIACIÓN DE FACIES

En la descripción de las columnas estratigráficas pertenecientes a las sección Mina el Recuerdo, Lago de Tota y Cerro el Uvo correspondientes a la Formación Picacho se lograron identificar 12 Facies Sedimentarias las cuales se asociaron para determinar e interpretar el tipo de ambiente en que se desarrolló o deposito esta formación (Anexo 6). A continuación se describen las facies encontradas

- **Facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam)**
  Arenisca de grano fino a muy grueso, predominando el tamaño de grano fino, también se encuentran capas de conglomerados pequeñas siguiendo la dirección de la laminación, estos conglomerados se van acuñando hacia el

tope. Presenta una coloración blanca a parda amarillenta. Presenta una laminación plana paralela. Moderadamente seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Se observa oxidación y meteorización.

Se les interpreta como depósitos de capa plana de alto régimen de flujo producto de la disminución de agua. Son originados por flujos diluidos traccionales y turbulentos. El ambiente de depositación es Continental Fluvial.

- **Facie arenisca arcillosa conglomeratica (cgS)**
  Arenisca de grano medio a muy grueso, con presencia de pequeñas capas de arcilla entre capas de espesor de 2 mm y presencia de pequeñas capas de conglomerados que siguen la dirección de laminación, hacia el tope las capas de conglomerados se acuñan. Presenta una coloración blanca. Se observa una laminación inclinada discontinua. Moderadamente seleccionada, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa. Porosidad primaria intergranular. Se observa oxidación siguiendo la laminación, posee meteorización y su contacto entre capas es erosivo.

  Se encuentra asociada a depósitos de carga de fondo. Son originarios por flujos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie arenisca masiva (Sm)**
  Arenisca de grano fino a medio. Coloración parda amarillenta. Bien seleccionado, granos subangulares, subredondeados. Matriz arenosa, cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular.

  Estos depósitos son originados por fluidos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental fluvial.

- **Facie arenisca con laminación cruzada (Sx)**

  Arenisca de grano medio a grueso. Coloración blanca a parda amarillenta. Moderadamente calibrado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, gradación normal. Presenta laminación cruzada discontinua. Porosidad primaria intergranular. Presenta pequeñas capas de limolita, el contacto con esta capa es erosivo. Meteorizado y erosionado.

  Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial

- **Facie arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam)**

  Arenisca con granos finos a grueso, presencia de conglomerados de tamaños de 3mm a 6mm. Presenta una coloración blanca a parda amarillenta. Se observó laminación inclinada. Bien calibrada, granos subangulares a subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa. Porosidad intergranular.

  Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie arenisca con laminación inclinada (Si-lam)**

  Areniscas de grano fino a grueso. Coloración blanca, parda amarillenta. Presenta estratificación inclinada plana. Moderadamente seleccionado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. Porosidad primaria intergranular. Gran presencia de feldespato potásico. Se observa meteorización y oxidación.

Generalmente este tipo de facie se presenta como relleno de canal, presentando tangencialidad hacia la base. Se interpreta como depósitos de carga de fondo, son originadas por flujos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie limolita conglomeratica (gM)**
  Limolita asociada a granos de conglomerados con tamaños de 8mm a 26 mm. Presenta una coloración gris claro.

  Su contacto con la capa de infrayacente es erosivo. Se interpreta como depósitos sedimentarios por decantación a partir de suspensión en cuerpos de agua someros.

- **Facie areniscas lodosas conglomeraticas (mgS)**
  Areniscas de grano fino a grueso con presencia de conglomerados de tamaño de 2mm a 16 mm. Presenta una coloración blanca. Presenta una laminación cruzada. Moderadamente seleccionado, granos subredondeados y subangulares, arenosoportada. Matriz arenosa y cemento de caolín. El contacto con la capa de limolita es neto, y entre las otras capas el contacto es erosivo. Porosidad primaria intergranular.

  Se interpreta como depósitos en condiciones de bajo régimen de flujo en corrientes de muy poca profundidad. En ocasiones se asocian a cuerpos canalizados. Originados por flujos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie areniscas con laminación paralela (Slam)**
  Arenisca de grano fino a medio. Presenta coloración blanca, parda a amarillento. Moderadamente calibrado, granos subangulares, subredondeados,

granosoportada, porosidad primaria intergranular. Matriz arenosa. Laminación plana paralela. Presenta meteorización y oxidación hacia la base.

Estos depósitos son originados por fluidos diluidos, se interpreta como depósitos de decantación subácuea. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx)**
  Arenisca de grano fino a medio presenta conglomerados de 2mm a 12 mm. Coloración blanca a parda amarillenta. Moderadamente calibrado, granos subangulares y subredondeados, granosoportada. Matriz arenosa, gradación normal. Presenta laminación cruzada. Porosidad primaria intergranular.

  Están asociadas a depósitos de cuerpos de arena masiva. Se interpreta como depósitos de carga de fondo arenosos, resultados de migración de dunas. Son originadas por fluidos diluidos traccionales. Ambiente de depositación Continental Fluvial.

- **Facie arenisca lodosa heterolítica (mSh)**
  Areniscas de grano fino a muy fino con estratos intercalados de limolita. Coloración blanca a grisácea. Bien seleccionado, granos subredondeados. Porosidad intergranular. Los contactos entre los estratos de arenisca y de limolitas son erosivos.

  Estas facies son originadas por flujos orbitales en un medio subácueo. Son producidas por procesos alternantes de decantación y tracción.

- **Facie limolita (M)**

  Limolita masiva de color grisáceo. Se interpreta como depósitos sedimentarios por decantación a partir de una suspensión de cuerpos de agua someros. Ambiente de depositación planicie de inundación.

5.4 INTERPRETACIÓN AMBIENTAL

En un ambiente fluvial, la morfología depende de la acción de los ríos, los ríos provocan erosión, transporte y sedimentación, el tipo de paisaje depende fuerte mente de la acción del agua y viceversa.

Los depósitos en los ríos con grava las corrientes de tracción y los flujos fluidos actúan en los procesos de transporte de gravas y en la formación de estructuras tales como barra longitudinales y/o transversales y canales.

Los cambios en la velocidad de flujo y las condiciones de esfuerzo cortante pueden ocurrir en periodo de tiempo muy cortos reflejando cambios en la descarga del rio y responde a la migración del canal y a los patrones de avulsión, como respuesta de lo anterior la textura puede mostrar cambios verticales muy rápidos.

Las barras longitudinales se forman cuando se dan condiciones de transporte muy rápidas de gravas las capas se alargan más rápidamente aguas abajo dando así una estructura alargada corriente abajo con estratificación inclinada de bajo ángulo, cuando el transporte es lento la acreción vertical es más importante y se desarrollan barras transversales y puede presentar estratificación cruzada.

La reducción de la profundidad puede permitir una reducción del tamaño de hacia arriba (gradación normal).

Los flujos de sedimentos por gravedad tienen altas concentraciones de sedimentos y el transporte de los grano resulta de la flotabilidad de los mismos.

Para niveles de concentración de sedimentación más baja el flujo es no cohesivo y puede ser internamente turbulentos así como presentar laminación incipiente.

Los flujos turbulentos se caracterizan por poseer poca concentración sedimentaria el transporte y la depositación está dada por tracción y poca suspensión.

El flujo sedimentario gravitacional se caracteriza por poseer flujo de alto régimen de viscosidad con alta concentración sedimentaria que minimiza la turbulencia dando como resultado flujos laminares y matriz granosoportada por flotabilidad.

El ambiente sedimentario dentro del cual se depositaron las rocas observadas en el sector Playa Blanca y Cerro el Uvo, correspondiente a la Formación Picacho, se interpreta un ambiente continental fluvial en el cual se reconocen los siguientes sub ambientes dentro del miembro arenoso de dicha formación; canales, abanicos de desborde y abanicos fluviales. En la unidad arcillosa se identifican llanura de inundación.

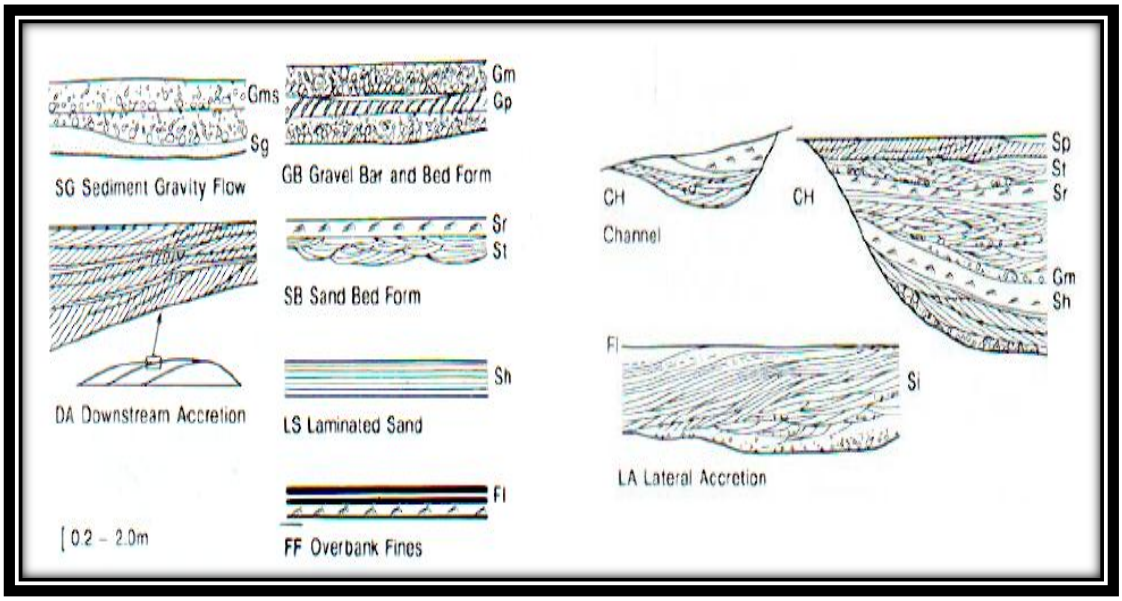
En la unidad arenosa se tienen depósitos de flujos orbitales en un medio subácueo, depósitos de carga de fondo y fluidos diluidos de decantación subácuea correspondientes a sub ambientes de canal localizados en la parte media de la formación. Por otra parte se tiene depósitos de bajo regímenes de flujo y rellenos de canal debido a flujos diluidos traccionales que corresponden a un sub ambiente de abanico de desborde encontrados hacia la base. Finalmente y hacia la base se encuentran depósitos de alto régimen de flujo asociados a abanicos fluviales.

En el miembro arcilloso se encontró depósitos por decantación correspondiente al sub ambiente de llanura de inundación localizado en la parte media y tope.

En las arenas de depósitos de canal están representados por las facies: arenisca lodosa heterolitica (mSh), arenisca conglomeratica con laminación cruzada (gSx), arenisca con laminación cruzada (Sx), arenisca arcillosa conglomeratica (cgS) y areniscas con laminación paralela (Slam). Dichos depósitos exhiben secuencias grano decreciente. Así mismo los depósitos de abanico de desborde corresponden a las facies: areniscas lodosas conglomeraticas (mgS), areniscas masivas (Sm), arenisca con laminación inclinada (Si-lam) y arenisca conglomeratica con laminación inclinada (gSi-lam). Estos depósitos presentan una secuencia grano decreciente, además presentan laminaciones inclinadas paralelas y laminación cruzada. Finalmente en los depósitos de abanico fluvial se encuentra la facie arenisca conglomeratica con laminación (gSlam), en este depósito se muestra una secuencia grano decreciente y una laminación plano paralela.

En los niveles de arcillas los surge una llanura de inundación que se encuentra representada por las facies: limolita (M) y limolita conglomeratica (gM). Estos depósitos presentan una ausencia de estructuras sedimentarias físicas debido a los organismos bioperturbadores.

Figura 19: Elementos arquitecturales básicos en los depósitos fluviales (Modificado de Miall, 1996).



6. CONCLUSIONES

- Se midieron 3 secciones estratigráficos de escala 1:50, en las secciones escogidas para recolectar información de la Formación Picacho; para realizar el levantamiento estratigráfico se utilizó el método de bastoneo dando como resultado 268,8 mts estratigráficos levantados, divididos en las secciones la Mina el Recuerdo con 14 mts, Playa Blanca con 215,6 mts y Cerro el Uvo con 39,2 mts.

- La litología predominante cada uno de los intervalos arenosos encontrados en campo para estudiar la Formación Picacho en los 3 sectores: en la Mina el recuerdo se ve areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con granos subangulares y subredondeados en su mayoría, y con estructura que varía entre plana paralela, inclinada y cruzada; en la sección de Playa blanca son en su mayoría areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a muy grueso, en algunas capas con intercalación de limolita. Las areniscas poseen granos subangulares y subredondeados y estructuras que varían entre plana paralelas, inclinadas y cruzadas; en la sección del cerro el Uvo son en su mayoría areniscas cuarzosas de grano fino, con granos subredondeados y estructura plana paralela.

- Como resultado de estas interpretaciones, se deduce que la Formación Picacho se depositó en un ambiente continental fluvial en el cual se determinaros sub ambientes depositacionales dentro del miembro arenoso de dicha Formación tales como: canales, abanicos de desborde y abanicos fluviales y en la unidad arcillosa se identifican sub ambientes propios de llanura de inundación.

- La composición mineralógica está relacionada con las variaciones texturales observando así que la proporción de fragmentos líticos disminuye a medida que aumenta el tamaño de grano.

- En la Formación Picacho se pudo diferenciar dos grupos petrográficos principales a un nivel macro, el primer grupo está compuesto por Cuarzoarenitas de Grano Medio a Conglomerático con matriz arenosa y el segundo grupo está constituido por litoarenitas de grano fino a muy fino con matriz arenosa.

- Se describió litológicamente y sedimentológicamente cada uno de los intervalos arenosos encontrados en campo para estudiar la Formación Picacho en los 3 sectores: en la Mina el recuerdo se ve areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con granos subangulares y subredondeados en su mayoría, y con estructura que varía entre plana paralela, inclinada y cruzada; en la sección de Playa blanca son en su mayoría areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a muy grueso, en algunas capas con intercalación de limolita. Las areniscas poseen granos subangulares y subredondeados y estructuras que varían entre plana paralelas, inclinadas y cruzadas; en la sección del cerro el Uvo son en su mayoría areniscas cuarzosas de grano fino, con granos subredondeados y estructura plana paralela.

- En la sección Mina el recuerdo las areniscas son más gruesas hacia la base y el tope, pero hacia el intermedio son de tamaño medio a fino. En el sector de Playa Blanca las areniscas hacia la base y el intermedio varían continuamente entre los tamaños finos a gruesos, mientras que hacia el tope las variaciones disminuyen y se mantienen con un tamaño grueso. En el sector del Cerro el Uvo hacia la base las areniscas son de tamaño fino, hacia el intermedio las areniscas varían entre fino a medio y hacia el tope las areniscas son de tamaño fino.

BIBLIOGRAFIA

Avarado, B. & Sarmiento, R. 1944. Informe geológico sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la Región de Paz de Río. Departamento de Boyacá. Serv. Geol. Nal. Informe 468 inédito. 132 p. Bogotá.

ANH & Geoestudios, 2006. *"Cartografía Geológica, Cuenca Cordillera Oriental, Sector Soapaga"*. Internal report ANH.

Arche, Alfredo. Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria, 75 p. Millares (Editor).

Dunham, R., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture.-Classification of carbonate rocks, a symposium. American Association of Petroleum Geologist, Memoir 1, Tulsa, Oklahoma.

Farrell, K.M., Harris, W.B., Mallinson, D., Culver, S.J., Riggs, S.R., Wehmiller, J.F., Pierson, J., Self-Trail, J.M., and Lautier, J.C., 2012, standardizing texture and facies codes for a process-based classification of clastic sediment and rock, U.S.A.: Journal of Sedimentary Research, 2012, v. 82, 364–378

Folk, R. L., 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas.

Folk, R. 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. *Hemphill Publishing Co*., 184 p. Austin.

Gressly, A., 1838.Observations géologiques sur le Jura Soleurois. Neue Denkschr. Allg. Schweis. Ges. Ges. Naturw, 2, 1-112.

Ingram, R.L., 1954, Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. Geol. Soc. Bulletin, 65: 937-938.

Ingram, D.L., 1971, Sieve analysis, in Carver, R.E. (ed), Procedures in Sedimentary Petrology: NewYork, Wiley Intersciense, 49–68.

Miall, A. 1996. The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer eds. 582 p.

Rincón, H., 2008. Caracterización Sedimentológica y Estratigráfica de una Secuencia Corazonada de la Formacion Rancho, Valle Inferior del Magdalena.

Rodriguez, A. J, (1984). Arcillas: Aportes a su conocimiento, evaluación y caracterización fisico-céramica, informe No. 2347, Ingeominas. Santafé de Bogota

Ulloa, C; Rodriguez, E; Guerra, A, (1973). Plancha 172- Paz del Río. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras-. Ministerio de Minas y Energía.

Ulloa, C; Rodriguez, E; Escobar, R, (1998). Plancha 192- Laguna de Tota. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras-. Ministerio de Minas y Energía (INGEOMINAS).

Ulloa, C., Rodríguez, E., y Rodríguez, G., 2003. Geología de la plancha 172 Paz de Río. Memoria Explicativa, Ingeominas (2001), 109 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.

Uribe, E., 2010. Determinación de las rocas fuentes y de las condiciones de generación de las manifestaciones de petróleo presentes en el bloque Soapaga (Boyacá Colombia).

Walker R., 1984. Facies Models. Geological Association of Canada.

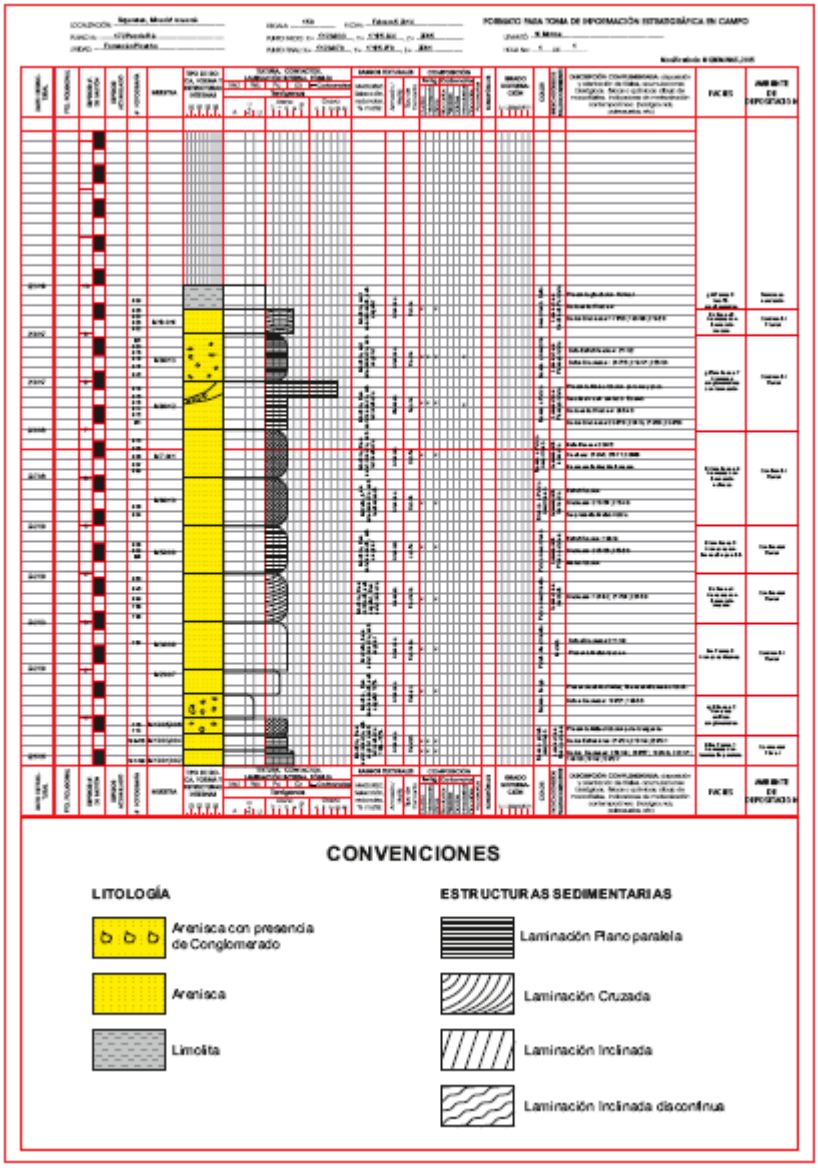
Weller J., 1960. Stratigraphic Principles and Practice. University of Chicago.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, Vol. 30, p. 377-392.

ANEXOS

ANEXO A. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION MINA EL RECUERDO

Columna 1.pdf

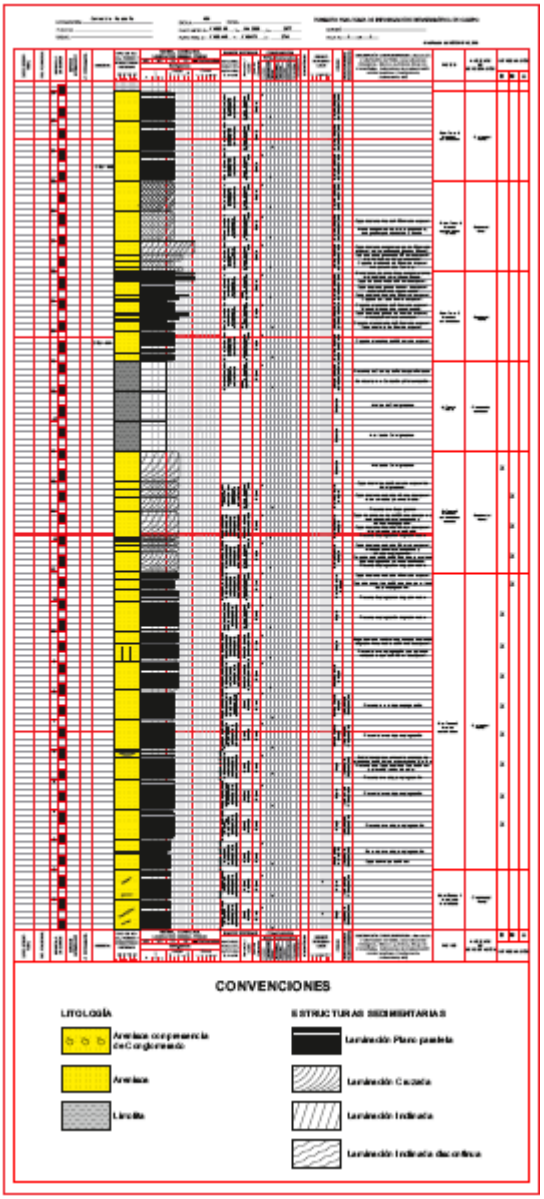


ANEXO B. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION LAGO DE TOTA, PLAYA BLANCA

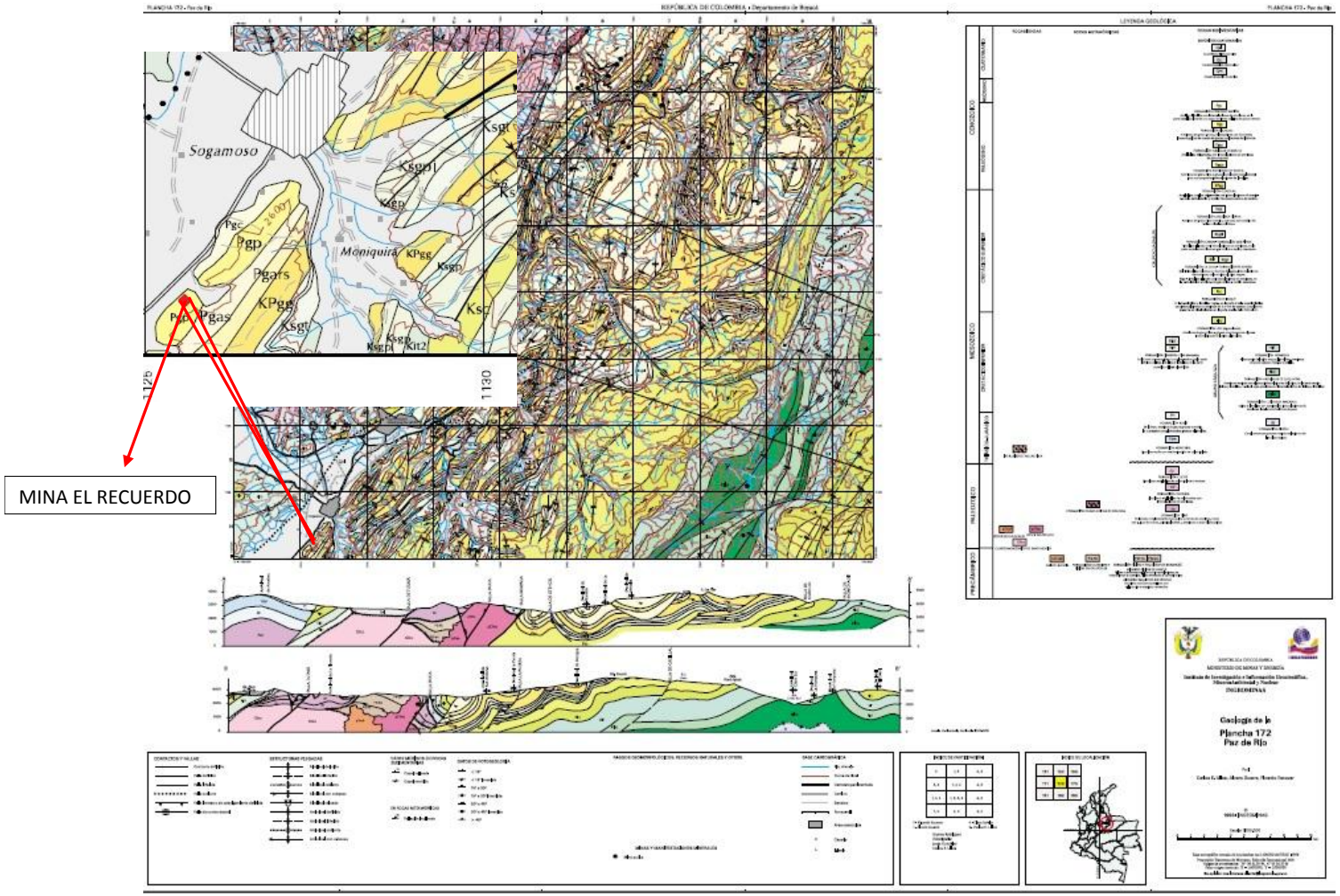
columna 2.pdf

ANEXO C. COLUMNA ESTRATIGRAFICA: SECCION CERRO EL UVO

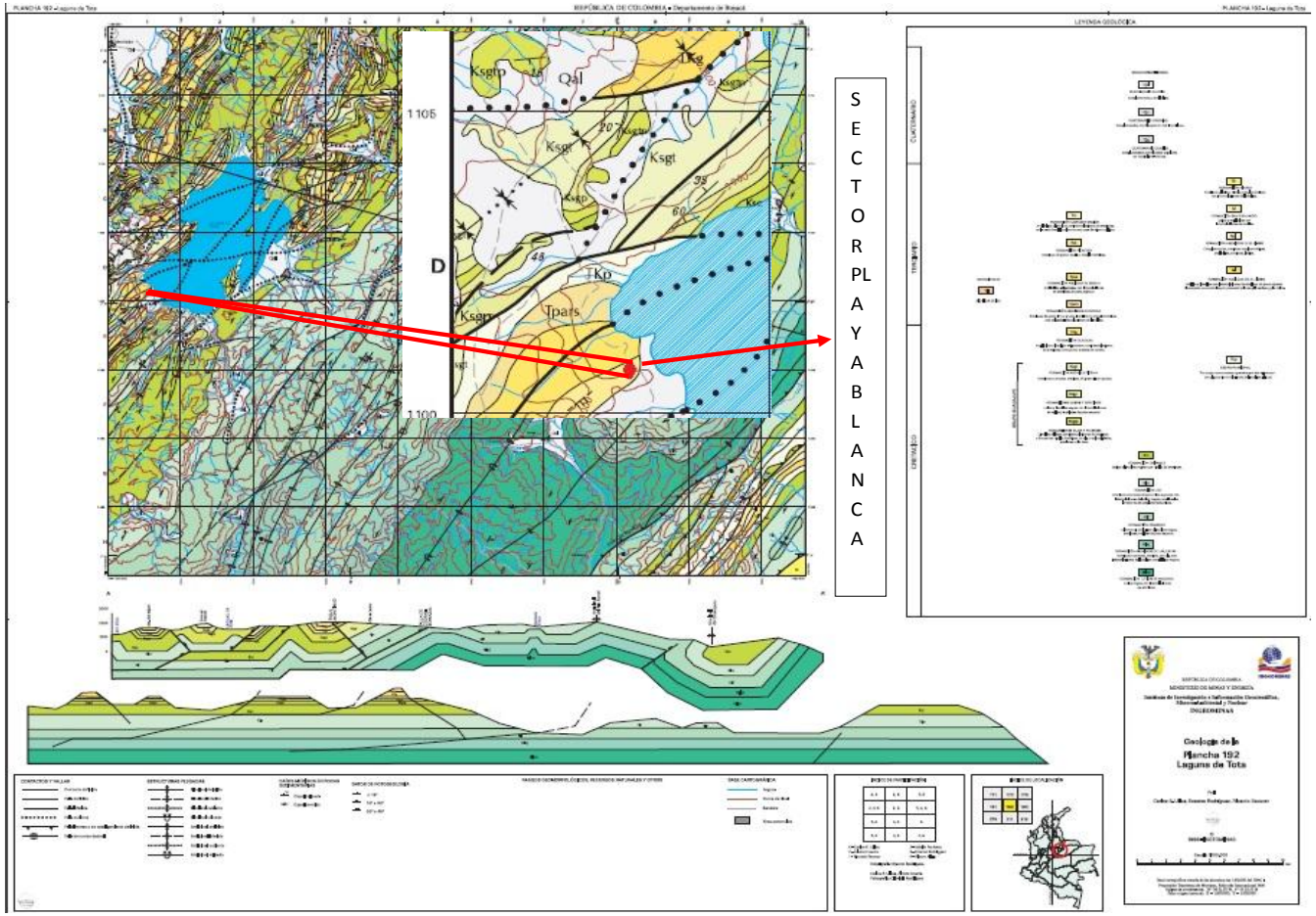
Columna 3.pdf



ANEXO D MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO EN PLANCHA GEOLÓGICA 172- PAZ DE RIO. INGEOMINAS.



ANEXO E. MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUESTREO EN PLANCHA GEOLÓGICA 192- LAGUNA DE TOTA. INGEOMINAS.



ANEXO F. CORRELACION ESTRATIGRAFICA SECTOR LAGO DE TOTA-PLAYA BLANCA Y SECTOR CERRO EL UVO

correlacion estratigrafica 1.pdf