

**CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE
DEPÓSITO PARA LA FORMACIÓN MUGROSA EN LOS POZOS
CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO VALLE
MEDIO DEL MAGDALENA**

**DIANA CAROLINA CASTILLO VALENCIA
VÍCTOR ALFONSO GÓMEZ ROSALES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO - QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2008

**CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE
DEPÓSITO PARA LA FORMACIÓN MUGROSA EN LOS POZOS
CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO VALLE
MEDIO DEL MAGDALENA**

DIANA CAROLINA CASTILLO VALENCIA

VÍCTOR ALFONSO GÓMEZ ROSALES

**Proyecto de Grado en modalidad Pasantía de Investigación
presentado para optar por el título de Geólogo**

DIRECTOR

M. Sc. RICARDO MIER UMAÑA

TUTOR

Geol. HELGA NAYIBE NIÑO GUIZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICO - QUIMICAS

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2008

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A la Geóloga Helga Nayibe Niño Guiza y al Profesor Ricardo Mier Umaña por haber sido la guía principal en la realización de este proyecto.

Al Ingeniero Nicolás Santos Santos y al Grupo De Modelamiento De Procesos Hidrocarburos *GMPH* por permitirnos hacer parte de este y por su apoyo en la elaboración del proyecto.

Al Geólogo Edgar Herrera y a la Corporación *NATFRAC* por su constante ayuda, recomendaciones y apoyo incondicional.

A la Universidad Industrial de Santander, principalmente a la Escuela De Geología y en especial a todos sus Docentes quienes con sus enseñanzas han sido parte fundamental en el proceso de alcanzar esta meta.

DEDICATORIA

A Dios que por su infinita misericordia me ha concedido alcanzar esta meta en mi vida.

A María Eugenia Valencia y Manuel Gerardo Castillo Padres y Docentes quienes con sus enseñanzas, apoyo, entrega y sobre todo su esfuerzo han formado la Mujer q soy ahora. A ellos mi amor, mis triunfos y mi reconocimiento.

Al más especial de los hermanos a Luis Carlos por permitirnos gozar de tu cariño, apreciar la belleza de tu alma, por enseñarnos a ver el mundo un poco mejor de cómo lo hemos encontrado, por ser la persona más feliz y por saber que al menos nosotros hemos vivido mejor gracias a ti.

A mi hermana Laura Marcela por llegar cuando todos los demás se van y por quedarse cuando todos los demás han desaparecido, gracias por ser mi gran compañía.

A Sergis, David, Silvis y Glori por no andar delante de mi, por no andar detrás de mi, simplemente por andar y estar a mi lado y ser mis amigos.

Diana Carolina Castillo Valencia

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 2. OBJETIVOS | 18 |
| 2. 1 OBJETIVO GENERAL..... | 18 |
| 2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 3. GENERALIDADES DEL CAMPO COLORADO CAMPO DE ESTUDIO | 19 |
| 3.1 LOCALIZACIÓN | 19 |
| 3.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL..... | 20 |
| 3.2.1 Estratigrafía | 21 |
| 3.2.2 Geología Estructural | 24 |
| 4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 26 |
| 4.1 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA..... | 26 |
| 4.2.1 Ambiente De Depósito Continental..... | 30 |
| 4.2.2 Medios Fluviales | 30 |
| 4.3 TIPOS DEPÓSITOS FLUVIALES | 36 |
| 4.3.1 Depósitos De Canal..... | 36 |
| 4.3.2 Depósitos De Abandono De Canal..... | 36 |
| 4.3.3 Depósitos De Crevasse Splay. | 36 |
| 4.3.4 Depósitos De Llanura De Inundación | 36 |
| 4.4 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LOS REGISTROS ELÉCTRICOS | 37 |
| 4.4.1 Potencial Espontáneo (Sp) | 37 |
| 4.4.2 Registros De Resistividad..... | 37 |
| 5. METODOLOGÍA | 39 |
| 5.1 RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE | 39 |

| | |
|---|----|
| 5.2 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO | 39 |
| 5.3. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA | 41 |
| 5.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 43 |
| 5.5 INTERPRETACION DE REGISTROS SEGÚN NANZ | 43 |
| 5.6 CORRELACIONES | 44 |
| 6. RESULTADOS..... | 46 |
| 6.1 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DE CAMPO COLORADO | 46 |
| 6.1.1 Pozo C-21 (Anexo 1). | 48 |
| 6.1.2 Pozo C-24 (Anexo 2). | 49 |
| 6.1.3 Pozo C-25 (Anexo 3) | 51 |
| 6.1.4 Pozo C-26 (Anexo 4) | 52 |
| 6.1.5 Pozo C-27 (Anexo 5). | 54 |
| 6.2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA | 57 |
| 6.2.1 Color – 21 (3782'10")..... | 57 |
| 6.2.2 Color – 21 (4285'5")..... | 58 |
| 6.2.3 Color – 24 (2526'5")..... | 59 |
| 6.2.4 Color – 24 (4012'8")..... | 60 |
| 6.2.5 Color – 25 (1910'5")..... | 61 |
| 6.2.6 Color – 25 (2057'10")..... | 63 |
| 6.2.7 Color - 25 (2072'10") | 64 |
| 6.2.8 Color 25 (2125'3")..... | 65 |
| 6.2.9 Color - 26 (3652'3") | 66 |
| 6.2.10 Color - 26 (3754') | 67 |
| 6.2.11 Color – 27 (3502'7")..... | 68 |
| 6.2.12 Color – 27 (4032'3")..... | 69 |
| 6.3 IDENTIFICACIÓN DE FACIES DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO | 72 |

| | |
|---|-----|
| 6.3.1 Descripción Facial | 74 |
| 6.4 DISTRIBUCIÓN DE FACIES DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DE CAMPO COLORADO | 85 |
| 6.5 ANÁLISIS DE REGISTROS ELÉCTRICOS | 86 |
| 6.5.1 Amarre Registro – Roca. | 87 |
| 7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 90 |
| 7.1 ASOCIACIONES FACIALES Y SUBAMBIENTES DE DEPÓSITO | 90 |
| 7.1.1 Asociación Facial 1 (Alc, Ace, Ar, Al, Amb). | 91 |
| 7.1.2 Asociación Facial 2 (All, Fsc, Fm)..... | 92 |
| 7.1.3 Asociación Facial 3 (All, Ar, Amb, Alb, Ail)..... | 92 |
| 7.1.4 Asociación Facial 4 (Fm, Fsc, Alb, Fav)..... | 92 |
| 7.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES GENERALES | 93 |
| 7.3 INTERPRETACIÓN DE LAS CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS | 95 |
| 7.3.1 Sección A-A' (Anexo 2A). | 96 |
| 7.3.2 Sección B-B' (Anexo 2B) | 98 |
| 8. CONCLUSIONES | 99 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 102 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización del Campo Colorado | 19 |
| Figura 2. Columna estratigráfica generalizada VMM | 22 |
| Figura 3. Mapa Estructural al tope de la Formación Mugrosa (Zona B)..... | 25 |
| Figura 4. Forma de las partículas con base en el concepto de esfericidad | 27 |
| Figura 5. Imágenes de calibrado de las partículas..... | 27 |
| Figura 6. Tipos fábrica presente en los sedimentos y en las rocas sedimentarias..... | 28 |
| Figura 7. Aspecto de una corriente trenzada | 31 |
| Figura 8. Características morfológicas de un sistema fluvial trenzado, | 32 |
| Figura 9. Aspecto de un río meándrico | 33 |
| Figura 10. Características morfológicas de un sistema fluvial meándrico,..... | 34 |
| Figura 11. Secuencia típica en los depósitos de sistemas fluviales meándricos | 35 |
| Figura 12. Formato de descripción sedimentológica de núcleos. | 41 |
| Figura 13. Formas generadas por el registro SP | 44 |
| Figura 14. Ubicación de las líneas de correlación..... | 45 |
| Figura 15. Ubicación de los pozos Analizados en el Bloque I..... | 46 |
| Figura 16. Lodolita limosa ligeramente arenosa. | 58 |
| Figura 17. Líticos ígneos efusivos (Le) y metamórficos (Lm)..... | 58 |
| Figura 18. Aspecto de la distribución de los granos de cuarzo | 59 |
| Figura 19. Fracturamiento y disolución de feldespatos potásicos (Kfs) y plagioclasas (Pl)..... | 60 |
| Figura 20. a. textura lodosoportada b. Obsérvese la laminación incipiente | 61 |
| Figura 21. Amplia distribución de los granos de cuarzo de formas subredondeada a subangular. | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. (a) Lítico sedimentario limo-arcilloso y (b) Líticos volcánico silíceos en diversos estados de disolución. | 62 |
| Figura 23. Apariencia de la porosidad primaria..... | 63 |
| Figura 24. Distribución de los granos de cuarzo y el contacto entre granos..... | 64 |
| Figura 25. a. Granos subangulares de cuarzo rodeados por sectores con matriz limo-arcillosa. b. Distribución de granos de cuarzo y contacto lineal | 65 |
| Figura 26. Granos de cuarzo de tamaño arena muy fina a gruesa. | 66 |
| Figura 27. Estructuras semicirculares de origen biogénico..... | 66 |
| Figura 28. Cementos encontrado en la muestra Color -26/ 3754'..... | 67 |
| Figura 29. a. Aspecto textural de la roca. b. Sector con matriz carbonatada..... | 68 |
| Figura 30. Limolita arenosa | 68 |
| Figura 31. Granos de cuarzo de tamaño de arena fina y muy fina. | 69 |
| Figura 32. Aspecto de la porosidad secundaria de la roca. | 70 |
| Figura 33. Triángulo de clasificación composicional de las muestras analizadas..... | 71 |
| Figura 34. Aspecto de la facies Ace..... | 74 |
| Figura 35. Aspecto de la facies Alc..... | 75 |
| Figura 36. Aspecto de la facies Amb | 76 |
| Figura 37. Aspecto de la facies Ar | 77 |
| Figura 38. Aspecto de la facies Ail..... | 78 |
| Figura 39. Aspecto de la facies Alb..... | 79 |
| Figura 40. Aspecto de la facies Al..... | 80 |
| Figura 41. Aspecto de la facies All..... | 81 |
| Figura 42. Aspecto de la facies Fsc..... | 82 |
| Figura 43. Aspecto de la facies Fm..... | 83 |
| Figura 44. Aspecto de la facies Fav..... | 84 |
| Figura 45. Porcentaje de las facies presentes en cada uno de los pozos | 86 |
| Figura 46. Amarre registro-roca Pozo C-26 | 88 |
| Figura 47. Porcentaje de distribución de facies totales..... | 91 |

| | |
|--|----|
| Figura 48. Bloque diagrama generalizado del ambiente de depósito | 94 |
| Figura 49. Sección A-A' | 97 |
| Figura 50. Sección B-B' | 98 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación simplificada de los ambientes de depositación | 29 |
| Tabla 2. Pozos corazonados y analizados en el Campo Colorado | 40 |
| Tabla 3. Secciones delgadas analizadas de los pozos de Campo Colorado. | 42 |
| Tabla 4. Nombre composicional de las secciones delgadas analizadas..... | 72 |
| Tabla 5. Facies interpretadas para los intervalos analizados | 73 |
| Tabla 6. Asociaciones faciales y ambientes de depositación | 90 |
| Tabla 7. Resumen de las facies y ambientes interpretados..... | 95 |

LISTADO DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo | |
| C-21 | 103 |
| Anexo 2.. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo | |
| C-24 | 104 |
| Anexo 3. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo | |
| C-25 | 105 |
| Anexo 4. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo | |
| C-26 | 106 |
| Anexo 5. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo | |
| C-27 | 107 |
| Anexo 6. Correlación A-A' | 108 |
| Anexo 7. Correlación B-B' | 109 |

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE DEPÓSITO PARA LA FORMACIÓN MUGROSA EN LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO VALLE MEDIO DEL MAGDALENA*

AUTORES: CASTILLO VALENCIA, Diana Carolina; GÓMEZ ROSALES, Víctor Alfonso**

PALABRAS CLAVES: Sedimentología, Estratigráfica, Terciario, Ambiente De Depositación, Fluvial, Facies, Asociaciones Faciales.

El presente trabajo fue realizado en base a la descripción sedimentológica de 232 ft de núcleos de perforación pertenecientes a cinco pozos del Bloque I del Campo Colorado en el Valle Medio del Magdalena y a la interpretación de los registros de pozo existentes (Potencial Espontáneo).

Para las rocas Terciarias concernientes a la Formación Mugrosa específicamente, se interpreta un ambiente de depositación netamente continental de carácter fluvial, en el que se destacan cuatro tipos de asociaciones faciales: asociación de facies de canal, asociación de facies de abandono de canal, asociación de facies de crevasse splay y asociación de facies de llanura de inundación. Dentro de estas facies son de especial interés las desarrolladas en canales fluviales ya que representan potenciales reservorios. En las facies de abandono de canal pueden generarse tapones de arcilla que ocasionan compartimentalización del reservorio. Las facies de llanura de inundación representan los sellos principales en el área estudiada sin descartar su potencial generador. En los pozos estudiados se hacen presentes los depósitos de crevasse splay, los cuales pueden ser importantes reservorios.

Este trabajo tiene como objetivo principal caracterizar ambientalmente la Formación Mugrosa en el Bloque I del Campo Colorado, así como identificar unidades estratigráficas y áreas con potencial para la acumulación de hidrocarburos dentro de la Formación en el Campo. Igualmente este trabajo proyecta fortalecer el conocimiento sedimentológico y estratigráfico de la Formación Mugrosa, la cual es descrita como una de las formaciones de mayor potencial e interés económico ya que posee características de roca reservorio.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Química. Escuela de Geología. Geólogo M.Sc., Ricardo Mier Umaña, Director. Tutora Helga Niño.

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENT AND SUBENVIRONMENT OF DEPOSIT FOR MUGROSA FORMATION IN CORED WELLS FROM BLOCK I OF COLORADO FIELD MIDDLE VALLEY OF MAGDALENA*

AUTHORS: CASTILLO VALENCIA, Diana Carolina; GÓMEZ ROSALES, Víctor Alfonso**

KEY WORDS: Sedimentology, Stratigraphic, Tertiary, Deposition Environment, Fluvial, Facies Associations.

This work was made base on sedimentologic description of 232 ft of cores from five wells in Block I in Colorado Field that is located in Middle Valley Magdalena, and the well logs interpretation (Potential Spontaneous - SP)

Specifically for Tertiary rocks in Mugrosa Formation, a continental fluvial deposition environment is interpreted; there are four important types of facies association: facies association Channel, facies association abandoned channel, facies association of crevasse splay and facies association of floodplain. Within these facies are of particular interest developed in the river channels as they represent potential reservoirs. In the abandonment facies channel can be generated clay stoppers caused compartmentalization of the reservoir.

The facies floodplain represent the seals in the main study area without discarding their potential generator. In wells studied are present crevasse splay deposits, which may be important reservoirs.

This work has as its main objective to characterize environmentally The Mugrosa Formation in Block I of the Field Colorado, as well as stratigraphic units and identify areas with potential for the accumulation of hydrocarbons within the Formation in the Field. Equally this work plans to strengthen sedimentological and stratigraphic knowledge of the Mugrosa Formation, which is described as one of the greatest potential Formations and economic interest as it has characteristics of rock reservoir.

* Graduation Project.

** Faculty Of Physical - Chemical Engineering. School of Geology. Director M.Sc. Ricardo Mier Umaña. Tutor Helga Niño

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental determinar las asociaciones faciales y el ambiente de depósito de la Formación Mugrosa en los pozos corazonados del Bloque I del Campo Colorado en la cuenca del Valle Medio del Magdalena, mediante la descripción de 232 ft de núcleos correspondientes a cinco pozos corazonados del Bloque I. Adicionalmente se realizó la descripción de algunas secciones delgadas, con el fin de complementar la clasificación composicional de los núcleos analizados.

Se identificaron 11 facies las cuales se interpretaron dentro de un ambiente fluvial de ríos meandriformes en donde se reconocieron depósitos de canales, depósitos de abandono de canal, complejos de crevasse splay y depósitos de llanura de inundación.

En cuanto al sistema petrolífero se sugiere que las facies finas (Fsc, Fm, Fav) interpretadas como depósitos de llanura de inundación actuarían como sello y las facies de canal como buenos reservorios, sugiriendo las facies de crevasse splay como rocas intermedias en cuanto a la acumulación de hidrocarburos de una de las Formaciones de mayor interés económico en la cuenca.

2. OBJETIVOS

2. 1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las asociaciones faciales y el ambiente de depósito para la Formación Mugrosa en los pozos corazonados del Bloque I del Campo Colorado Valle Medio del Magdalena.

2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la descripción sedimentológica a escala 1:10 de los pozos C-21, C-24, C-25, C-26 y C-27 del Campo Colorado correspondientes a 232 ft.
- Realizar el análisis petrográfico de 12 secciones delgadas tomadas en intervalos representativos de los pozos corazonados del Bloque I del Campo Colorado.
- Determinar las facies para las muestras corazonadas de los pozos C-21, C-24, C-25, C-26 y C-27
- Establecer las asociaciones faciales y determinar el ambiente de depósito para la Formación Mugrosa en los pozos C-21, C-24, C-25, C-26 y C-27.

3. GENERALIDADES DEL CAMPO COLORADO CAMPO DE ESTUDIO

3.1 LOCALIZACIÓN

El Campo Colorado está localizado en la Cuenca Valle Medio del Magdalena (VMM) en la Provincia Estructural del Piedemonte Occidental de la Cordillera Oriental, geográficamente en la Vereda Los Colorados, Corregimiento de Yarima, en el Municipio de San Vicente de Chucurí, Departamento de Santander. Ubicado al sureste de la ciudad de Barrancabermeja y al sur del Campo La Cira-Infantas (Figura 1), comprendido entre las coordenadas:

X= 1'036.000 - 1'040.500 Este
Y =1'238.000 - 1'247.500 Norte

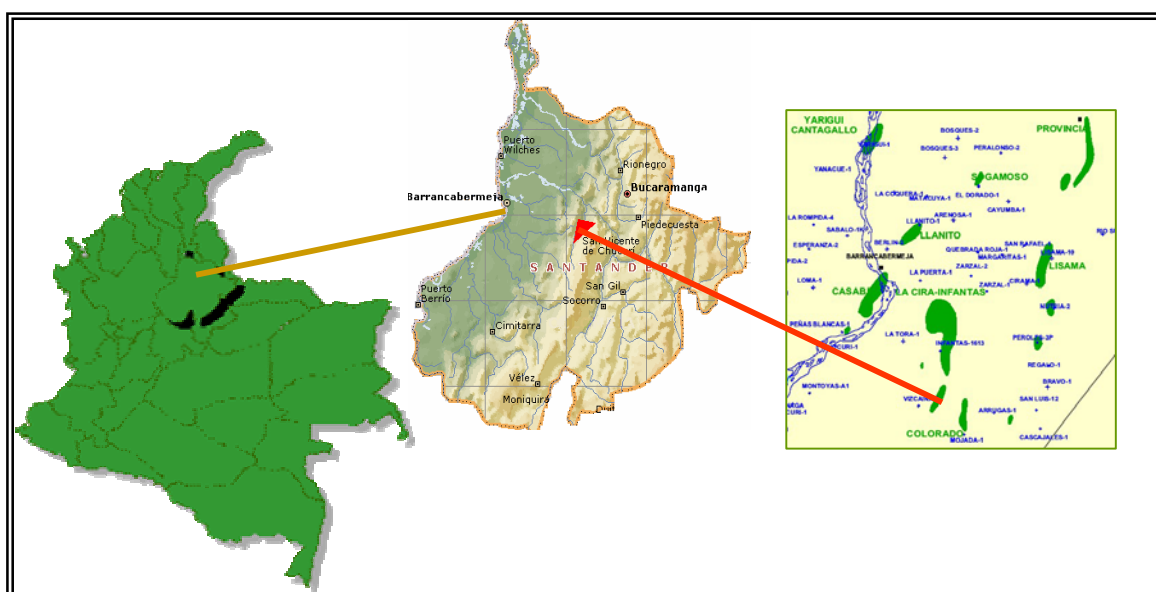


Figura 1. Localización del Campo Colorado. (DUQUE 2003).

3.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La cuenca del Valle Medio del Magdalena es considerada una de las más importantes del país ya que ha sido una de las mayores productoras de crudo.

El VMM separa las Cordilleras Central y Oriental, Cordilleras a las que se les ha asignado significación muy distinta ya que mientras la Cordillera Oriental se ha originado a partir de un área geosinclinal Mesozoica, la Central ha tendido a ser una región positiva separando los dos geosinclinales occidental y oriental. (JULIVERT 1961).

Desde el punto de vista geológico, se trata de una cuenca intracordillerana basculada hacia el oriente, con tendencia homoclinal, perturbada por algunos pliegues y fallas. El VMM ha sido afectado por varios eventos tectónicos distensivos y compresivos (MOJICA 1992 en BADILLO 1996).

Los eventos compresivos del VMM comprenden un lapso prolongado, con algunas interrupciones, entre el Triásico Tardío (?) y el Cretácico Superior. En un principio en el Jurásico se forma un graben supracontinental, bordeado por paleofallas normales con subsidencia por causa de una tectónica de bloques (FABRE 1983 en BADILLO 1996), que permite la acumulación de los sedimentos continentales de las Formaciones Bocas, Jordán, Girón y Los Santos. Luego a comienzos del Cretácico, y por el mismo mecanismo de distensión y fallamiento normal, se produjo una transgresión marina que dura hasta principios del Terciario. La regresión esta marcada por la depositación de la Formación Lisama (MOJICA 1992 en BADILLO 1996).

La fase de tectónica compresiva del VMM se inicio en el Paleoceno y sigue efectuándose en la actualidad según Morales et al., (1958) la depresión misma del

VMM habría comenzado a ocurrir a finales del Cretácico, y hasta el Mioceno donde habría tomado su actual configuración.

A mediados del Paleoceno ocurre el levantamiento del Macizo de Santander-Floresta (MOJICA 1992 en BADILLO 1996). Durante esta fase, en las zonas anticlinales formadas la erosión, remueve gran parte de la secuencia Cretácica, mientras que la sedimentación y la subsidencia prosiguen en las zonas sinclinales, sin mayores interrupciones (JULIVERT 1961).

Desde el Eoceno hasta el Mioceno se depositan las Formaciones La Paz, Esmeraldas, Mugrosa y Colorado en ambientes de sedimentación de tipo continental. Durante el Mioceno Medio a Tardío, la fase compresiva es mayor y los sedimentos hasta entonces depositados son fallados y plegados. Durante el mioceno Tardío-Plio-Pleistoceno se deposita la última secuencia molásica representada por el Grupo Real, el Grupo Mesa y depósitos recientes, los cuales se observan poco o nada deformados (MOJICA 1992 en BADILLO 1996).

3.2.1 Estratigrafía. El Valle Medio del Magdalena comprende rocas que abarcan el intervalo de tiempo entre el pre-Cretáceo como son la Formación Girón (Jurásico); sedimentos Cretáceos pertenecientes a las Formaciones Los Santos – Tambor (Valanginiano - Hauteriviano), Formación Rosablanca (Hauteriviano), Formación Paja (Barremiano - Aptiano Temprano), Formación Tablazo (Aptiano Tardío –Albiano), Formación Simití (Albiano Temprano – Albiano Medio), Formación La Luna (Cenomaniano – Santoniano), Formación Umir (Campaniano a Maestrichtiano – Daniano), hasta llegar a depósitos terciarios representados por rocas de las Formaciones Lisama (Paleoceno), Formación La Paz (Eoceno medio), Formación Esmeraldas (Eoceno Tardío), Formación Mugrosa (Oligoceno – Mioceno Inferior), Formación Colorado (Mioceno Inferior a Mioceno Medio) y Grupo Real (Mioceno Medio – Mioceno Superior).

La secuencia estratigráfica del VMM fue inicialmente descrita por Morales et al. (1958) y modificada por Etayo et al. (1958). Abarca edades desde el Jurásico tardío hasta el Reciente (Figura 2).

Los alcances de este estudio corresponden específicamente a la Formación corazonada y analizada del Campo Colorado referida a Mugrosa la cual se comporta principalmente como unidad almacenadora de hidrocarburos en el VMM y corresponde al Terciario (Oligoceno-Mioceno Inferior).

| PERIODO | EPOCA | FORMACION | LITOLOGIA |
|------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|
| CUATERN. | PLEISTOCENO | MESA | |
| | PLIOCENO | | |
| TERCIARIO | MIOCENO | REAL | |
| | | COLORADO | |
| | OLIGOCENO | MUGROSA | |
| | EOCENO | ESMERALDAS | |
| | | LA PAZ | |
| | PALEOCENO | DISCORDANCIA EOCENO-PALEOCENO | |
| CRETACEO | | LISAMA | |
| | MAESTRICHIANO | UMIR | |
| | CAMPANIANO | LA LUNA | |
| | SANTONIANO | | |
| | CONIACIANO | | |
| | TURONIANO | | |
| | CENOMANIANO | | |
| | ALBIANO | SIMITI | |
| | APTIANO | TABLAZO | |
| | BARREMIANO | PAJA | |
| ROSABLANCA | | | |
| VALANGINIANO | TAMBOR | | |
| JURASICO | | GIRON | |
| | PREMESOZOICO | BASAMENTO | |

Figura 2. Columna estratigráfica generalizada VMM. (DUQUE 2003).

3.2.1.1 Formación Mugrosa. El término Mugrosa fue usado por primera vez por McGill (1928 en TABORDA 1965) para referirse a estratos a lo largo del anticlinal de Mugrosa en La Concesión De Mares. El nombre es derivado de la Quebrada Mugrosa donde ocurre la sección tipo. La Formación Mugrosa incluye la parte de la sección Terciaria entre el tope de Los Corros y el tope horizonte fosilífero de la Formación Mugrosa. Esta sección también incluye la Zona C de los Campos productores dentro de la Concesión De Mares. La Formación Mugrosa aflora y esta presente en la subsuperficie en varias partes de La Concesión de Mares (TABORDA 1965).

En la parte norcentral de la cuenca, La Formación Mugrosa esta dividida en una porción inferior con predominio de shales y una parte superior predominantemente arenisca feldespática (reservorio). La parte inferior es también conocido como la Zona C, contiene arenas de grano fino a medio, gris a verde y Limolitas indicando una depositación de llanura aluvial -Flood Plain- (TABORDA 1965).

La parte superior de la Formación Mugrosa tiene dos zonas: La zona B inferior, principalmente shales y arenas de grano fino de llanura aluvial, y las zona B superior consistiendo de arenas de grano grueso a fino, ocasionalmente areniscas congloméricas interestratificadas con cantidades pequeñas de shales moteados – abigarrados – (MORALES et al. 1958 y TABORDA, 1965).

El horizonte fosilífero en el tope de la sección consiste en shales negros a marrones, que contiene fósiles como gasterópodos de agua dulce del genero Hemisinus como también ocasionalmente espinas de peces y conchas de tortugas (Taborda, 1965). En los campo La Cira – Infantas y Colorado, el horizonte fosilífero de Mugrosa es aproximadamente 10ft de espesor (TABORDA 1965).

El espesor de Mugrosa es ampliamente variable, desde 823 metros (2700 ft) en el Campo Colorado, hasta 488 metros (1600 ft) en el Campo La Cira -Infantas, y hasta 610 metros (2000ft) en el Campo Llanito (TABORDA 1965).

La edad de la Formación Mugrosa, como se estableció por la Zona fosilífera que suprayace a Mugrosa varía desde el Eoceno a Oligoceno, según Van Der Hammen (1954, en JULIVERT 1961).

Esta formación se acumulo dentro de un ambiente de sistemas de ríos meándricos (RUBIANO 1995 en DUQUE 2003).

3.2.2 Geología Estructural. La estructura del Campo Colorado está conformada por un anticlinal asimétrico, cuyo flanco mas extenso buza al oriente y el mas corto hacia el occidente con inclinaciones entre 25 a 45°, con eje N-S y cabeceo hacia el norte, ubicado en el bloque colgante de una falla inversa en sentido N-S y buzamiento al este denominada como la Falla de Colorado. Esta estructura fue definida principalmente a partir de la correlación de registros de pozo (DUQUE 2003), identificándose un sistema de fallas satélite SW-NE en el bloque colgante de la Falla de Colorado; 6 fallas de tipo inverso y una normal que evidencia relajación del sistema de esfuerzos compresivos dominante, hacia el norte de la estructura. De la sísmica disponible en las áreas cercanas al campo se infiere una geometría anticlinal que corresponde a interpretaciones anteriores al presente estudio (VALENCIA y CASTRO, 1979).

El Anticlinal de Colorado está limitada regionalmente por rasgos estructurales en sentido N-S y SSW-NNE tales como: la Falla de Infantas al NNW, el Anticlinal de San Luís al ENE, el Sinclinal de Peña de Oro al N, el, la Falla de La Salina y el Sinclinal de Nuevo Mundo al NE y está dividido en seis bloques por fallas locales en sentido W-E y SW-NE. De sur a norte en este trabajo se denominan los Bloques I, II, III y IV, los cuales están limitados por fallas inversas con buzamiento hacia el sur, cabalgándose unos a otros hacia el norte, de tal forma que el Bloque I está mas alto y el Bloque IV más bajo. Este último está limitado al norte por una falla inversa que buza hacia el norte y que lo separa del Bloque V, el cual a su vez está limitado por una falla normal que buza hacia el norte y que lo separa del Bloque VI en la parte norte del campo. (Figura 3).

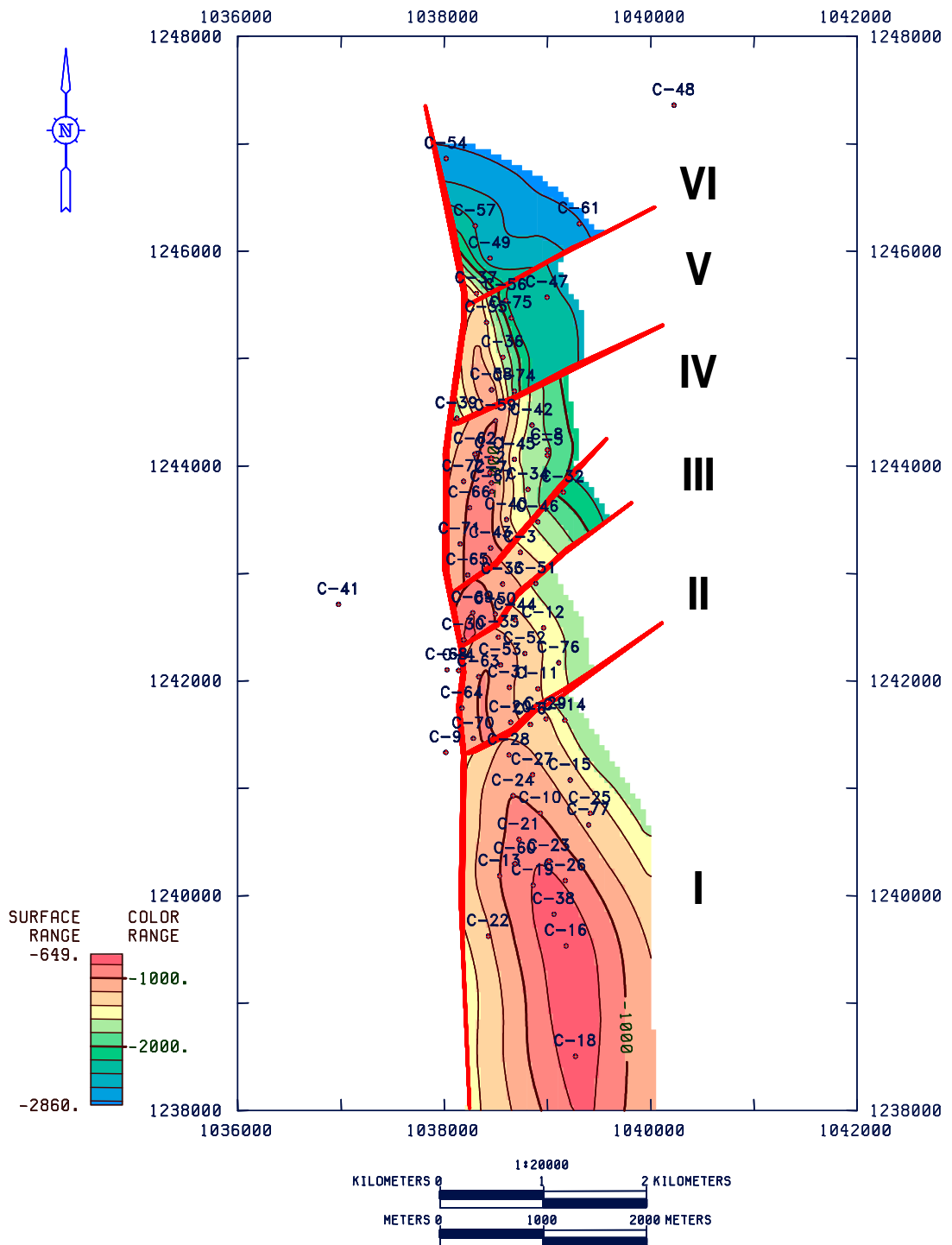


Figura 3. Mapa Estructural al tope de la Formación Mugrosa (Zona B). (DUQUE 2003).

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA

La descripción macroscópica de una roca comprende la composición mineralógica, la textura y las estructuras sedimentarias presentes. Las muestras geológicas como son los núcleos de perforación y secciones delgadas se clasifican utilizando los conceptos de descripción textural, estructural y composicional propuestos por Cruz Guevara, L. E. Caballero, V. M, en las guías de descripción de rocas sedimentarias, quienes a su vez se basan en la teoría de descripción propuesta por Folk 1974 y Friedman 1978.

También se analiza la forma de los granos y la relación entre ellos, este es un factor muy importante en la descripción de rocas sedimentarias ya que proporcionan evidencias de la historia de depositación de la roca. Los granos poseen formas particulares que reflejan tanto el origen de la partícula, como los procesos de erosión, transporte depositación y retrabajamiento ocurridos antes o durante su depositación final. En la determinación de la forma de la partícula se utilizan dos criterios la Esfericidad y la Redondez.

La esfericidad es la tendencia tener la forma de una esfera y se determina por la diferencia métrica entre los diámetros perpendiculares presentes en una partícula: el menor, intermedio y mayor. La Esfericidad es definida como el grado en el cual la partícula se aproxima a la esfera, caso en el cual los tres diámetros perpendiculares son iguales (Figura 4).

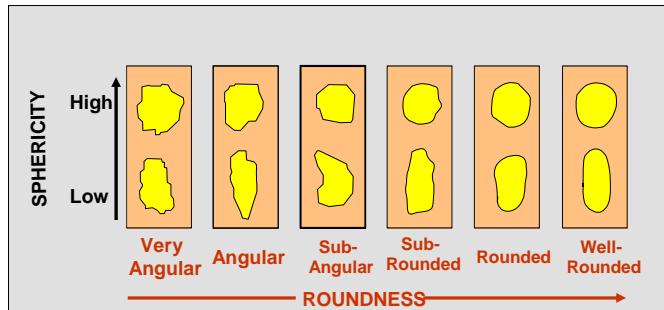


Figura 4. Forma de las partículas con base en el concepto de esfericidad o la uniformidad de los ejes mayor, intermedio y menor. Perpendiculares entre sí. (Modificado de FRIEDMAN 1978).

Otro criterio para establecer la forma de la partícula, que es complementario del anteriormente mencionado, es denominado la redondez, este método considera la presencia de bordes o aristas o en su defecto el redondeamiento o pérdida de ellas. La redondez y la esfericidad de las partículas se pueden establecer con la ayuda de imágenes de redondez, mediante la comparación directa de estas con la muestra de roca o sedimento (Figura 4).

En la descripción de las rocas sedimentarias también se hace necesario la descripción del calibrado de la roca. La selección o calibrado es la medida de la uniformidad o de variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria o en un sedimento. El calibrado es reflejo directo de la energía de un medio y de su capacidad para seleccionar los tamaños de las partículas que transporta y que deposita. El calibrado se puede determinar para las fracciones arena y grava, para hacerlo se utilizan las imágenes de calibrado de Pettijhon. En la Figura 5 se observa la clasificación del calibrado para las rocas sedimentarias.

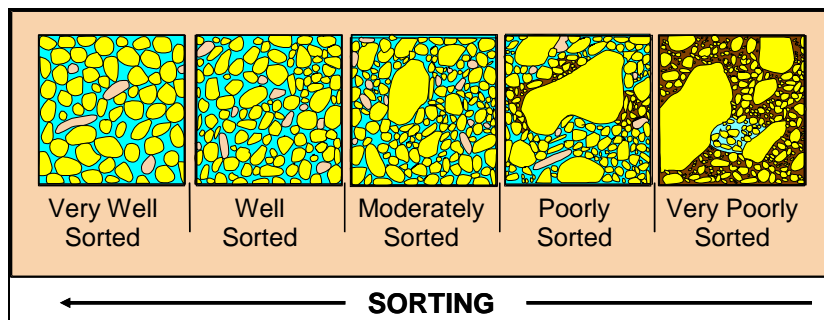


Figura 5. Imágenes de calibrado de las partículas. (PETTIJHON en BOGGS, 2001).

Para el estudio de este tipo de rocas es necesario analizar la fábrica de la roca, entendiendo como fábrica la relación espacial entre la matriz y los granos en una roca sedimentaria, en la fábrica interviene el concepto de armazón, matriz y cemento.

El armazón de la roca son los materiales que soportan la roca, generalmente son los de mayor tamaño o las más abundantes. El armazón determina si la roca presenta fábrica (a) grano soportada, ya sea, arena soportada, gravo soportada o arena gravo soportada (b) lodo soportada, o (c) intermedia, o si presente fragmentos esqueletales (d) biosoportada. (Figura 6).

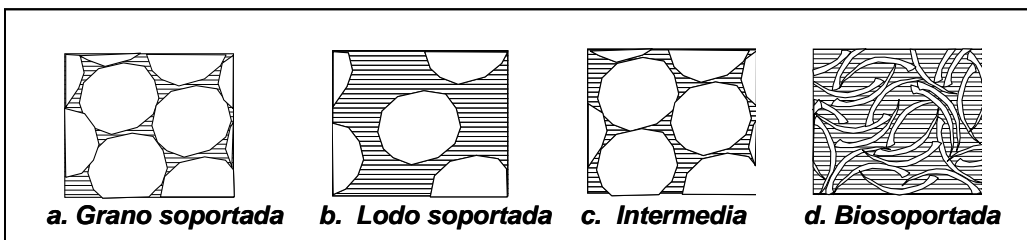


Figura 6. Tipos fábrica presente en los sedimentos y en las rocas sedimentarias. (CRUZ, G., CABALLERO, V. ALVAREZ, M. 2002)

La matriz es el material clástico de menor tamaño (arcilla, limo, arena muy fina) depositado mecánicamente durante la sedimentación, que se almacena en los espacios dejados por el armazón, cuando este es grueso; se excluyen las rocas compuestas en su mayoría o totalmente de lodo.

La cementación se considera como el principal proceso que conduce a la disminución de la porosidad de las arenitas (y de las rocas detríticas en general); los más comunes son: calcita, sílice microcristalino, dolomita, yeso, anhidrita, hematina y barita.

4.2 AMBIENTES DE DEPÓSITO

El ambiente de depositación es el complejo de condiciones físicas, químicas y biológicas bajo las cuales se acumula un sedimento. Este complejo determina en gran parte las propiedades de los sedimentos depositados dentro del medio (KRUMBEIN & SLOSS 1963).

Tradicionalmente se han reconocido tres sitios primarios para el depósito global de sedimentos: (1) Continental, (2) Marino-marginal, y (3) Marino. Cada uno de éstos se encuentra dividido en diferentes sistemas de depósito, así como en una serie de ambientes y sub-ambientes asociados (Tabla 1). El ambiente principal ha tratar en este estudio es de tipo Fluvial.

Tabla 1. Clasificación simplificada de los ambientes de depositación. (BOGGS 2001)

| Conjunto Depositacional Primario | Ambiente Principal | Subambiente |
|---|---------------------------|------------------------|
| CONTINENTAL | Fluvial | Abanicos Aluviales |
| | | Corrientes Trenzadas |
| | | Corrientes Meándricos |
| | Desértico | |
| | Lacustre | |
| Glaciar | | |
| MARINO MARGINAL | Deltaico | Planicie Deltaica |
| | | Frente Deltaico |
| | | Prodelta |
| | Playa / Islas Barrera | |
| | Estuario / Lagunal | |
| Plataforma mareal | | |
| MARINO | Nerítico | Plataforma Continental |
| | | Arrecife orgánico |
| | Oceánico | Talud Continental |
| | | Piso oceánico profundo |

4.2.1 Ambiente De Depósito Continental. En lo que respecta al depósito continental, podemos mencionar que los sedimentos son acumulados dentro de cuatro sistemas bien definidos: Fluvial (Abanicos aluviales, Ríos), Desértico, Lacustre (Lagos) y Glacial. Cada uno de ellos presenta ambientes sedimentarios que lo caracteriza, aunque esto no quiere decir que sean exclusivos de dicho sistema. Por ejemplo, los sedimentos fluviales son depositados principalmente por ríos generados en regiones húmedas; sin embargo, dentro de los sistemas desértico y glacial, también se tiene el desarrollo de ríos que depositan el material, pero con características sedimentológicas diferentes.

Los depósitos que se generan en los sitios continentales son sedimentos predominantemente detríticos que se caracterizan por un contenido fosilífero escaso, llegando a dominar en algunos casos, restos de madera fósil y algunos vertebrados. Sin embargo, pueden presentarse productos subordinados tales como calizas de agua dulce que contengan una gran cantidad de invertebrados fósiles. Inclusive, en aquellos sedimentos finos de planicies de inundación fluvial o lacustre, podemos encontrar una diversidad de polen y esporas muy importantes en la palinología.

En el ámbito global los afloramientos de rocas sedimentarias de origen continental son menos abundantes que su contraparte depositada en ambientes marino y marginal marino, pero si bien es cierto éstos pueden llegar a representar un papel muy importante en la historia geológica de una región en particular. (KRUMBEIN & SLOSS 1963).

4.2.2 Medios Fluviales. Los depósitos fluviales constituyen uno de los medios continentales de mayor importancia estratigráfica y están constituidos principalmente por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos y los procesos de deslizamiento por gravedad asociados. Dada la universalidad de las corrientes fluviales, sus depósitos tienen una amplia distribución geográfica y se forman actualmente bajo una gran diversidad de condiciones climáticas que van desde desérticas hasta glaciales donde se reconocen cuatro sistemas fluviales bien definidos: Sistema de Abanicos Aluviales (Alluvial Fans), Sistema de Ríos Trenzados (Braided), Sistema de Ríos Meándricos (Meandering), y Sistema de Ríos Anastomosados (Anastomosing). (SANTOS 2004)

4.2.2.1 Patrones De Ríos De Canales. Para el estudio de los patrones de flujo es importante caracterizar las facies asociadas y los diferentes tipos

de depósito. Los patrones de canales se refiere a las características de un canal vista en planta. Los depósitos de los ríos varían dependiendo del patrón del canal, entonces se desarrollan diferentes tipos de modelos de facies con diferentes patrones de canal. Los principales tipos de patrones son Meandriforme, Trenzado y Anastomosados. (SANTOS 2004)

4.2.2.1.1 Sistema De Ríos Trenzados. La sinuosidad de los ríos es definida como la relación entre la longitud del canal y la longitud del valle sobre el cual se desarrollan (Einsele, 1992), los sistemas de ríos trenzados tienen una baja sinuosidad de entre 1.1 y 1.2 (Figura 7), mientras que los sistemas de ríos meándricos alcanzan valores de cuando menos 1.5.

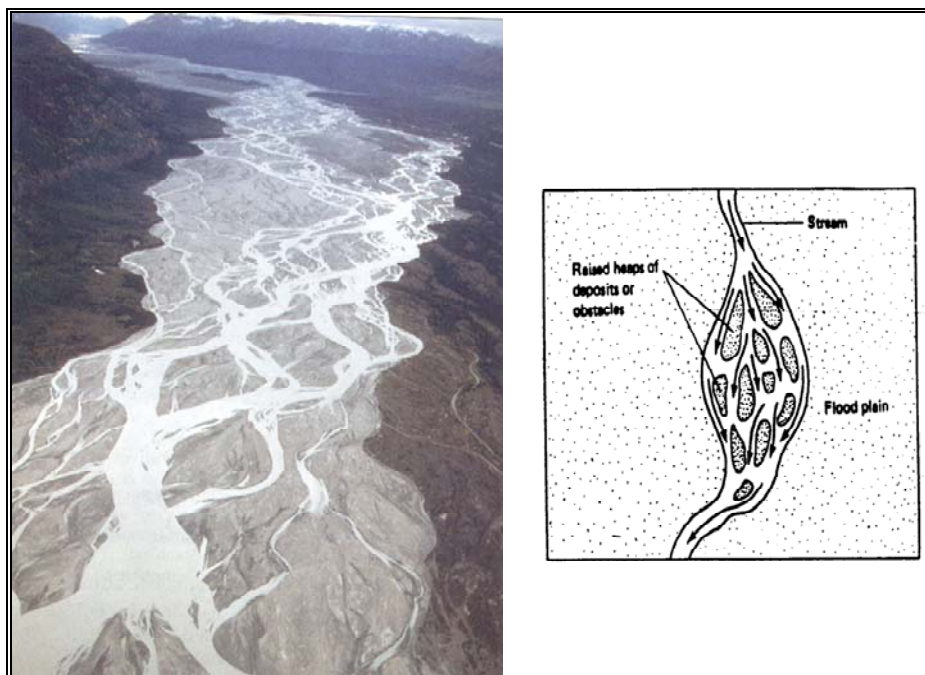


Figura 7. Aspecto de una corriente trenzada. (SANTOS 2004).

Este sistema fluvial es caracterizado por muchos canales separados por barras y pequeñas islas (Figura 8) y es muy común encontrarlos donde los sedimentos son abundantes, las descargas de agua son altas y esporádicas, y los ríos son sobrecargados con sedimentos; esto ocurre generalmente en las partes distantes de los abanicos aluviales. Durante los períodos de descarga alta, la corriente en los canales es rápidamente sobrecargada de sedimentos gruesos, formando barras alrededor de las

cuales la corriente se desvía; un desarrollo repetitivo de estas barras y la separación consecuente de los canales, genera el aspecto trenzado de este sistema fluvial. (BOGGS 2001)

De hecho, los sistemas de ríos trenzados son particularmente definidos a partir de los diferentes tipos de barras que en ellos se generan, y que pueden ser agrupadas en tres tipos básicos: 1) Barras longitudinales, 2) Linguoides y Barras trasversas y 3) Barras laterales incluyendo las Barras puntuales y las Side bars (Figura 8).

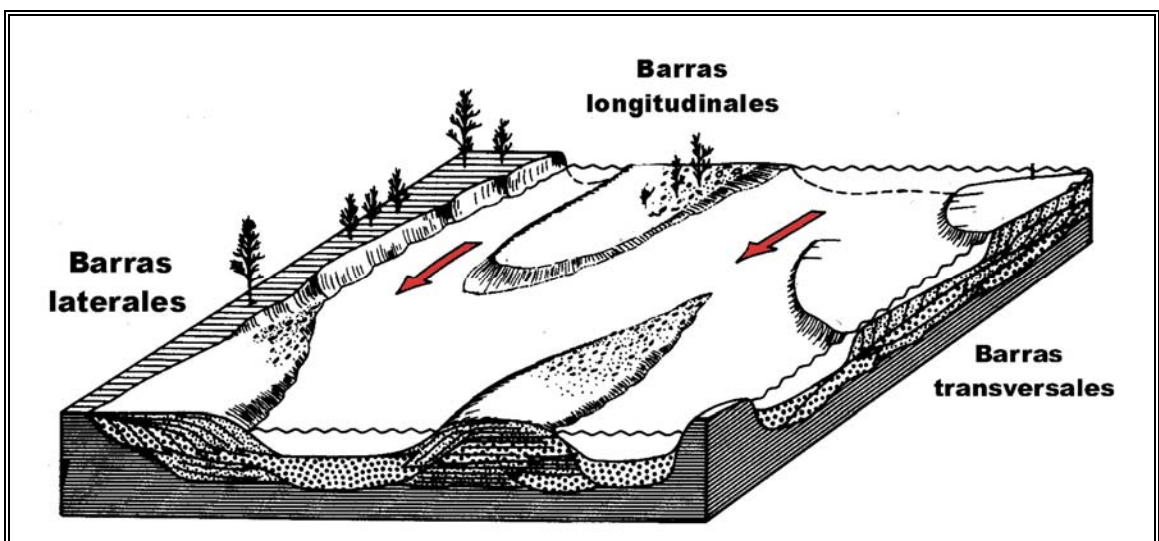


Figura 8. Características morfológicas de un sistema fluvial trenzado, mostrando el desarrollo de los diferentes tipos de barras. (BOGGS 2001)

Dentro de condiciones de régimen de flujo alto, que prevalecen en los ríos trenzados, la mayoría del sedimento depositado es arena y grava. Los sistemas de ríos trenzados pueden ser dominado por gravas o dominados por arenas (MIALL 1996), el lodo se presentara como un elemento subordinado distintivo en los depósitos de corrientes trenzadas. Las barras longitudinales tienden a estar compuestas en gran parte de gravas o mezcla de arenas y gravas. Las Barras transversas y laterales son generalmente más arenosas. Las barras longitudinales, gravosas muestran estratificación plana incipiente y estratificación cruzada pobremente desarrollada. (BOGGS 2001)

4.2.2.1.2 Sistema De Ríos Meándricos. A diferencia del desarrollo de varios canales en los sistemas de ríos trezados, los sistemas de ríos meándricos tienden a ser confinados a un canal principal que presenta una sinuosidad mayor a 1.5 (Figura 9). En estos sistemas el gradiente de la pendiente es mucho menor, y los sedimentos involucrados en la carga de las corrientes son más finos. Otras de las características de los sistemas de ríos meándricos es que, por un lado, aunque algunos ocurren como sistemas independientes, otros pueden representar un cambio gradual (corriente abajo) de un sistema de ríos trezados; y por otro, comúnmente los grandes sistemas de ríos meándricos desarrollan en su desembocadura sistemas deltáicos de depósito. Algunos autores prefieren llamar sistema de ríos de alta sinuosidad a este tipo de sistema fluvial (MIALL 1995).



Figura 9. Aspecto de un río meándrico. (SANTOS 2004).

Los principales elementos morfológicos-arquitectónicos de que consiste un sistema de ríos meándricos (Figura 10) son: El canal del meandro principal, las barras puntuales que crecen hacia afuera de la parte interior de la curva del meandro, bordes naturales / albardón natural, cuencas de inundación junto a los albardones y oxbow lakes y meandros abandonados (WALKER 1976). Ya que en estos sistemas los sedimentos se acumulan debido a la acción del canal principal y de la inundación periódica de la planicie adyacente, los depósitos están asociados a estos elementos morfológicos.

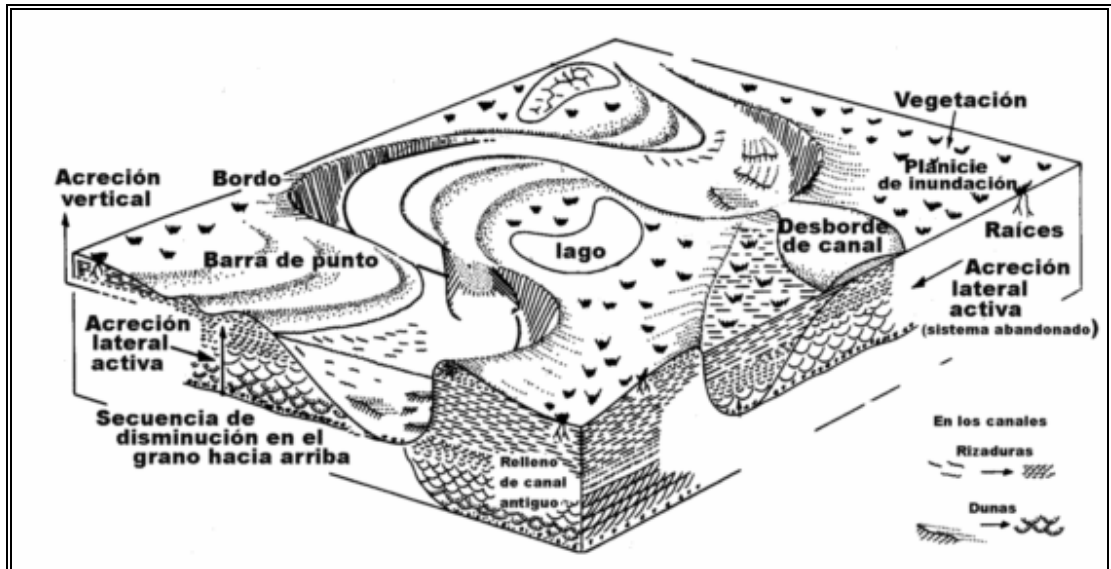


Figura 10. Características morfológicas de un sistema fluvial meándrico, mostrando los sitios principales de depósito y los productos generados. (BOGGS 2001)

La sedimentación dentro de los sistemas de ríos meándricos se lleva a cabo casi simultáneamente en todos los sitios mencionados con anterioridad, ya sea sobre el canal o sobre la planicie de inundación. Cuando el canal del río migra por su acción erosiva, los diferentes ambientes del sistema migran también lateralmente y los sedimentos depositados en ambientes continuos llegan a sobreponerse. Así, como resultado de la acción meándrica, los depósitos gruesos de los canales tienden a ser suprayacidos por las secuencias arenosas de disminución de tamaño de grano hacia arriba de los depósitos de barras de punto, los cuales a su vez, son también suprayacidos por los sedimentos de lodos y arcillas de los depósitos de planicie de inundación. A partir de este punto se da el modelo típico para un sistema de ríos meándricos (Figura 11) que fue propuesto por primera vez por Allen, 1970 y que desde entonces sigue vigente, siendo retomado por diversos autores que han realizado trabajos sobre este sistema fluvial (MIALL 1995).

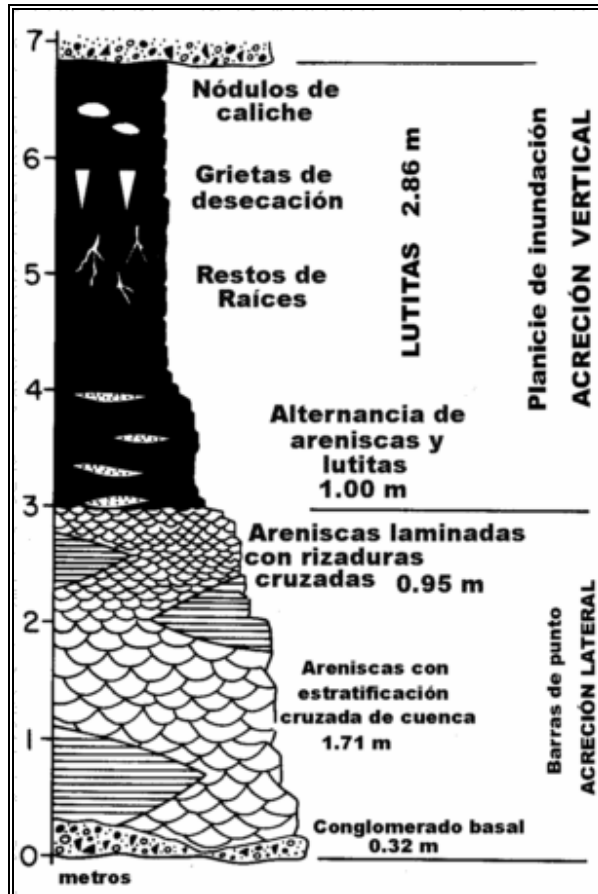


Figura 11. Secuencia típica de disminución en el tamaño de grano hacia arriba en los depósitos de sistemas fluviales meándricos. (KRUMBEIN & SLOSS 1963).

Este modelo consiste de una secuencia de disminución de tamaño de grano hacia arriba que da inicio con un conglomerado basal sobre una superficie de erosión. Esta unidad basal es reemplazada por arenas con estratificación cruzada cóncava de una barra de punto, cuyo tamaño de grano decrece hacia arriba; algunas arenas con laminación paralela pueden estar presentes como cuerpos lenticulares (acreción lateral). La parte superior del modelo está caracterizada por los lodos y arcillas de los depósitos de la planicie de inundación que contienen restos de raíces, grietas de desecación, y posiblemente estructuras de bioturbación. (MIALL 1995).

4.3 TIPOS DEPÓSITOS FLUVIALES

A continuación se describirán los tipos de depósitos a tratar en este trabajo, característicos de la Formación Mugrosa en los pozos corazonados del Bloque I del Campo Colorado.

4.3.1 Depósitos De Canal. Estos tipos de depósitos son los más significativas en un yacimiento de hidrocarburos de tipo fluvial, ya que son cuerpos arenosos que consiguen almacenar mayor espesor de hidrocarburos debido a su continuidad, los channels sand o arenas de canal, son depósitos de tipo agradacional compuestos por facies de arenas con estratificación cruzada. (ROJAS 2000).

4.3.2 Depósitos De Abandono De Canal. Este tipo de depósitos es común hallarlos al tope de algunas de las secuencias de canales, donde es frecuente encontrar el desarrollo de limolitas laminadas, donde generalmente gradan a arcillolitas. Representa los rellenos de abandono de canal que ocasionan compartimentalización de los reservorios. (ROJAS 2000).

4.3.3 Depósitos De Crevasse Splay. Los crevasse splay son ambientes que indican que el río ha roto su barrera natural y se ha desbordado. El tipo de facies que presentan poseen cierto interés en la industria petrolera por sus cuerpos arenosos, sin embargo no presentan mucha continuidad, los crevasse splay o desborde de canal pertenecen a depósitos progradacionales reconocidos por la facies de arenas bioturbada, arenas lodosas, arenas con relictos de estratificación cruzada, arena con bioturbación en menor proporción. (ROJAS 2000).

4.3.4 Depósitos De Llanura De Inundación. Los depósitos de floodplain o llanura de inundación constituyen ambientes de baja energía, donde el río toma control de la mayoría del valle. Estos son depósitos de tipo agradacional que corresponden a limolitas y arcillolitas de color gris verdoso representadas por las subfacies arcillolita, arcillolita bioturbada, limolita, limolita bioturbada y paleosuelos. (ROJAS 2000).

4.4 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LOS REGISTROS ELÉCTRICOS

Los registros han sido parte esencial en la evaluación de formaciones tanto homogéneas como heterogéneas y han empezado a tomar una gran importancia para el estudio de formaciones y las diferentes electrofacies ubicadas en el subsuelo.

4.4.1 Potencial Espontáneo (Sp). La Curva de Potencial Espontáneo (SP) es un registro en función de la profundidad, de la diferencia entre el potencial de un electrodo móvil en el pozo y el potencial fijo de un electrodo de superficie.

Frente a las lutitas, las lecturas de la curva del SP son más o menos constantes y tienden a seguir una línea recta en el perfil, llamada línea base de lutitas. En capas de suficiente espesor la curva de SP tiende a alcanzar una desviación constante definiendo una línea de arenas mientras que para el caso de formaciones permeables, con alta tendencia de fracturamiento, suele ocurrir invasión del filtrado de lodo en la fractura, lo cual origina fuertes efectos de auto potencial que se ven reflejados por deflexiones negativas de la curva SP indicando aumentos de permeabilidad en la roca (Pirson, 1977).

La desviación de la curva del SP puede ser hacia la izquierda (negativa) ó hacia la derecha (positiva) dependiendo de las salinidades relativas del agua de formación y del filtrado de lodo.

El SP no se puede registrar en pozos llenos de lodos no conductores (base-aceite), ya que tales lodos no forman una conexión eléctrica entre el electrodo del SP y la formación. Si las salinidades (resistividades) del filtrado del lodo y del agua de formación son más ó menos iguales, las deflexiones del SP serían pequeñas y la curva casi sin variación.

4.4.2 Registros De Resistividad. Los registros de resistividad generalmente se corren a tres diferentes profundidades de investigación, las medidas de las cuales proporcionan las resistividades de formación, zona virgen y zona invadida (R_{XO} y R_t), que son los parámetros buscados. (Bendeck, 1992).

Asumiendo que la resistividad del filtrado de lodo es igual o un poco mayor que la resistividad del agua de formación ($R_{mf} > R_w$); la herramienta de microresistividad leerá sobre el filtrado de lodo, registrando una curva de valores bajos; mientras que la curva de resistividad somera leerá sobre la zona de transición y la curva de resistividad profunda sobre la

zona no invadida; registrando valores reales de la resistividad de la formación (R_w). En general, estas lecturas diferenciales se reflejan gráficamente como una separación positiva entre estas dos últimas curvas (Bendeck, 1992).

5. METODOLOGÍA

El proceso metodológico propuesto para la realización de los objetivos planteados para este trabajo contempla varias etapas las cuales se describen a continuación:

5.1 RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

- Búsqueda y compilación de toda la información existente del Campo Colorado disponible en la Litoteca Nacional Bernardo Taborda y en el Centro de Información Técnica del Instituto Colombiano del Petróleo.
- Análisis de la información de los núcleos de los pozos perforados en el Campo Colorado, análisis de informes, tesis, publicaciones geológicas y demás material disponible de la zona, con el fin de conocer más a fondo los tipos de rocas y de ambientes que componen la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.
- Definir el área de estudio del Campo Colorado, la formación y los pozos que se van a analizar.

5.2 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO

El principal objetivo de la descripción de núcleos es la caracterización de facies y la determinación del ambiente de depósito de la Formación Mugrosa en los pozos corazonados del Bloque I pertenecientes al Campo Colorado. 232ft de corazones están disponibles en la Litoteca Nacional Bernardo Taborda correspondientes a 5 pozos corazonados (ver Tabla 2), sobre los cuales se realizó la descripción sedimentológica y la caracterización de las facies presentes.

Tabla 2. Pozos corazonados y analizados en el Campo Colorado

| TOTAL PIES CORAZONADOS | |
|-------------------------------|-------------|
| POZO | PIES |
| C-21 | 40 |
| C-24 | 19 |
| C-25 | 77 |
| C-26 | 46 |
| C-27 | 50 |
| TOTAL PIES | 232 |

Los intervalos corazonados se encontraban distribuidos verticalmente a lo largo de la formación analizada. Para saber con precisión la profundidad de cada uno de los intervalos corazonados se recopiló la información de corazonamiento y almacenamiento de las muestras presentes en la Litoteca, así como los registros de topes propiedad de la Gerencia Regional del Magdalena Medio – ECOPETROL S.A.

La metodología empleada en el proceso descriptivo se puede esquematizar de la siguiente manera:

En la descripción de los núcleos de perforación de Campo Colorado se busco registrar e interpretar secuencialmente los siguientes parámetros: litología (textura, tamaño de grano, tipo de matriz, color y otras características básicas), estructuras sedimentarias (físicas, químicas y biológicas) y fósiles a partir de observaciones visuales directas. Esta información fue consignada en una tabla previamente diseñada, en la cual se unificaron conceptos, terminología y nomenclatura empleada.

La descripción sedimentológica de los intervalos corazonados para la Formación de estudio se realizo pie a pie y fue consignada en el formato de descripción a una escala 1:10 (Figura 12).

Tabla 3. Secciones delgadas analizadas de los pozos de Campo Colorado.

| Nº | POZO | | FORMACIÓN | PROFUNDIDAD (PIES) |
|----|----------|----|-----------|--------------------|
| 1 | COLORADO | 21 | MUGROSA | 3782'10" |
| 2 | | | | 4285'5" |
| 3 | | 24 | | 2526'5" |
| 4 | | | | 4012'8" |
| 5 | | 25 | | 1910'5'' |
| 6 | | | | 2057'10" |
| 7 | | | | 2072'10" |
| 8 | | | | 2125'3'' |
| 9 | | 26 | | 3652'3'' |
| 10 | | | | 3754' |
| 11 | | 27 | | 3502'7'' |
| 12 | | | | 4032'3" |

Las secciones delgadas fueron preparadas utilizando la metodología establecida en el Manual de Procedimientos Técnicos del Laboratorio de Procesamiento de Muestras Geológicas del Instituto Colombiano del Petróleo, ECOPETROL-ICP. Las muestras se impregnaron con resina epóxica para la porosidad, la cual permite una mayor visualización del espacio poroso, facilitando su identificación.

El análisis petrográfico se desarrolló empleando un microscopio de luz transmitida Nikon Eclipse del Laboratorio de petrografía de la Universidad Industrial de Santander, mediante el método de conteo de ± 150 puntos para determinar la textura y composición de las rocas.

La clasificación utilizada es la propuesta por Folk (1974) para las areniscas. En cada sección se determinó: tamaño de grano, selección, redondez, contactos, composición mineralógica, porosidad primaria–secundaria y los procesos diagenéticos que afectaron la roca.

5.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez hecha la descripción de los núcleos se identificaron y definieron las diferentes facies presentes en cada uno de los intervalos corazonados con el fin de agruparlas y determinar las asociaciones faciales que permitan ubicarlas en un ambiente de depósito.

La definición de facies se basó en similitudes sedimentológicas tomando como parámetros críticos de comparación, la litología, estructuras sedimentarias físicas y grado de bioturbación. Una vez se realizó el análisis de sucesión de facies se realizó la interpretación de los subambientes de depósito presentes en los pozos analizados.

Posterior a la descripción de los núcleos se realizó la digitalización de las columnas estratigráficas a escala 1:100 en Corel Draw X3 y teniendo en cuenta la descripción sedimentológica de los núcleos, se realizó el amarre roca – registro el cual permitió comparar las respuestas de las curvas en los registros con las facies caracterizadas en el núcleo. Esto solo se logró en algunos intervalos debido al pésimo estado de preservación de los núcleos de perforación.

5.5 INTERPRETACION DE REGISTROS SEGÚN NANZ

El criterio utilizado para la caracterización de facies fluviales en este trabajo, consistió en la identificación de la forma del registro. Una primera forma puede ser la forma de campana, (Figura 13a), esta figura de campana muestra una secuencia granodecreciente que se consideran como facies de canal, estos son excelentes reservorios en depósitos de ambientes fluviales, ya que por lo general muestran buenas continuidades y espesores. La siguiente forma (Figura 13b) corresponde a la forma de cilindro, la cual se interpreta como paleosuelos, facies finas o floodplain que generalmente presentan continuidades relativamente mayores. Por último, esta la forma de embudo (Figura 13c) se interpreta como un ambiente de crevasse splay, que son arenas con poca continuidad.

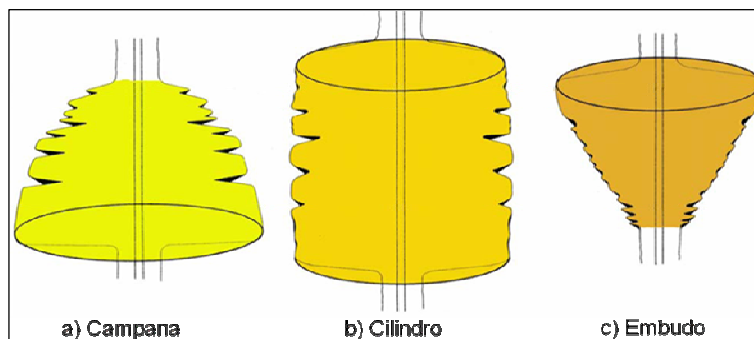


Figura 13. Formas generadas por el registro SP. a) Registro en forma de campana. b) Registro en forma de cilindro. c) Registro en forma de embudo. (NANZ, 1959).

5.6 CORRELACIONES

Para la elaboración de las correlaciones primero se definieron los pozos a correlacionar. Se determinaron dos líneas de correlación como se observa en la Figura 14. Seguido a esto se identificaron las electrofacies teniendo en cuenta la interpretación de NANZ (1959) y se realizaron las correlaciones manualmente empleando el software Corel DrawX3 para ubicar los pozos teniendo en cuenta la distancia que hay entre cada uno.

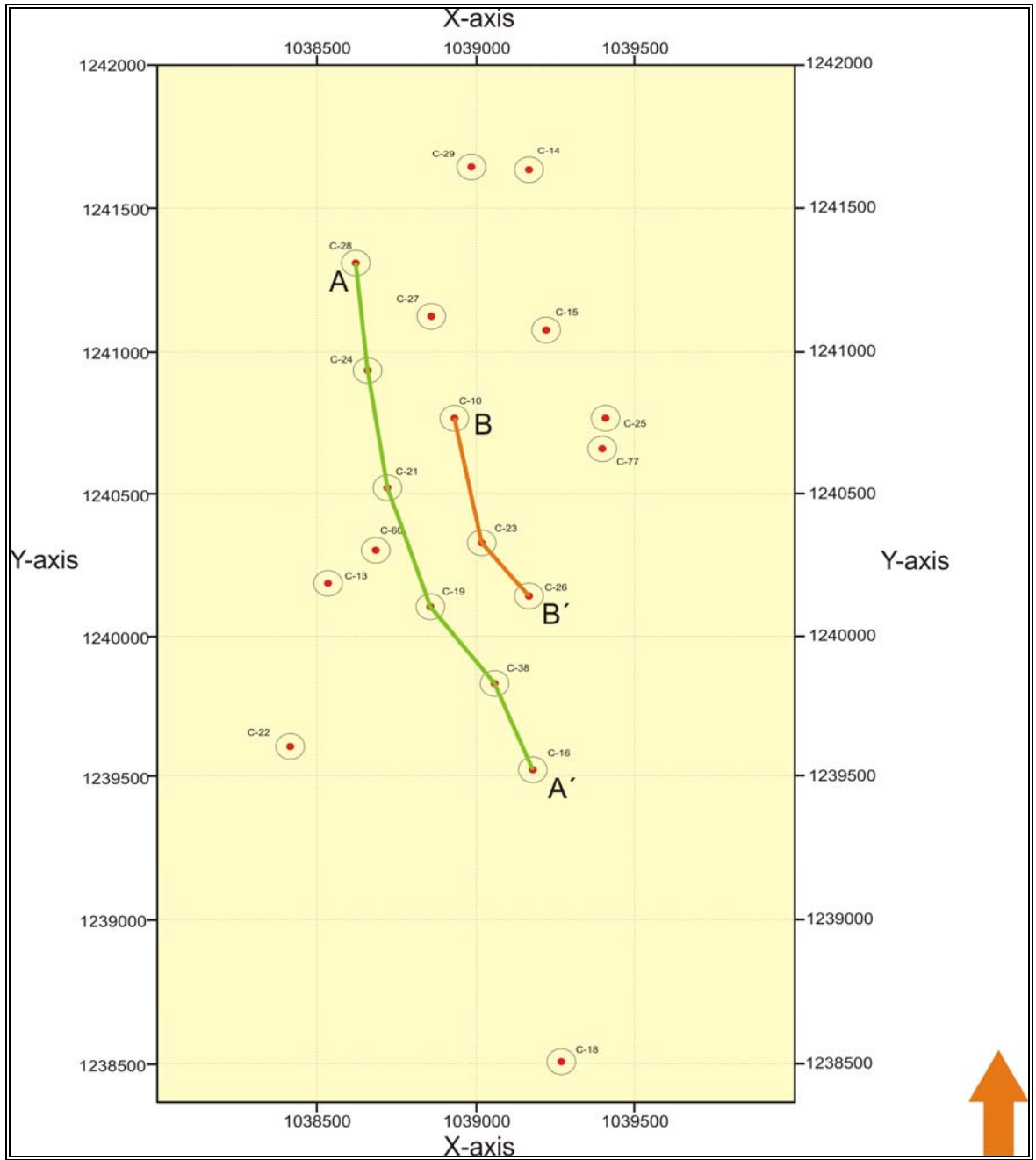


Figura 14. Ubicación de las líneas de correlación.

6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DE CAMPO COLORADO

Los pozos que fueron analizados se encuentran ubicados en la parte sur dentro del Bloque I del Campo. En la Figura 15 se muestra la ubicación de los pozos analizados en el estudio de interpretación de corazones.

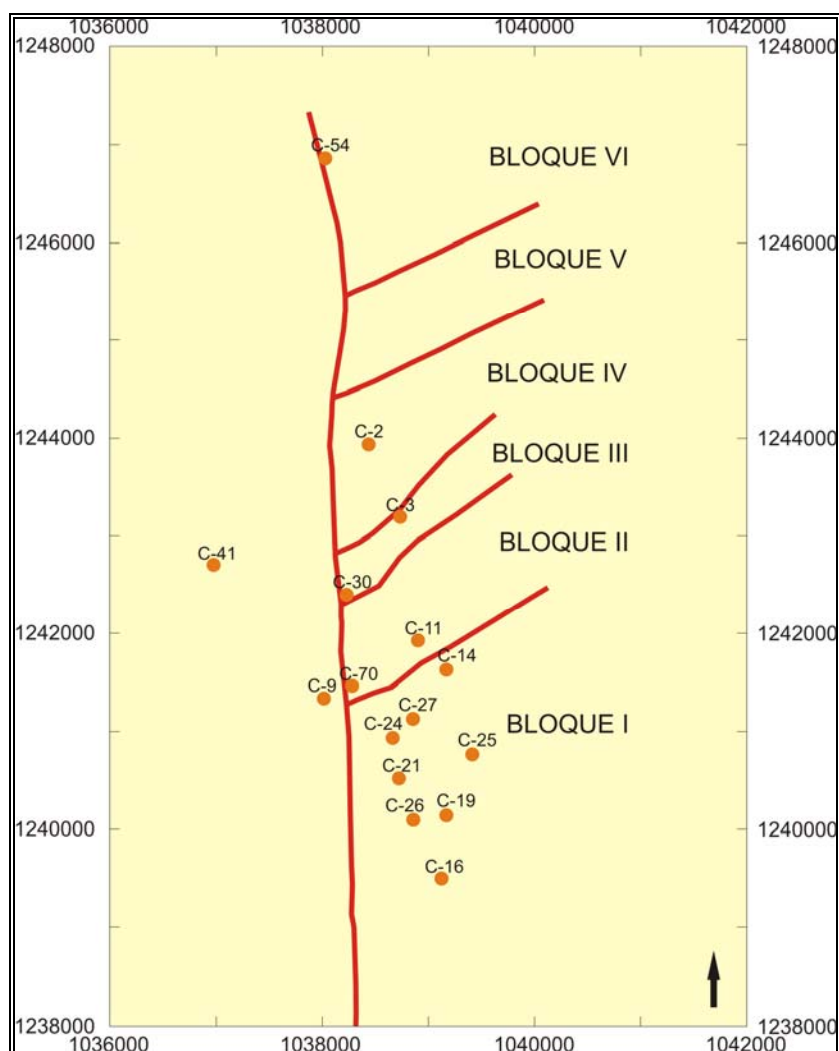


Figura 15. Ubicación de los pozos Analizados en el Bloque I.

En general, el estado de preservación de los pozos corazonados varía de regular a malo. Algunos de los corazones no presentan marcas de profundidad ni en la base ni en el tope del corazón, únicamente está marcada la profundidad en la caja. El pozo C-25 que tiene un diámetro de 2 pulgadas, no está correctamente empacado permitiendo que los fragmentos del corazón se muevan de un lado para otro cada vez que se manipula la caja, dificultando la confiabilidad de la información. En algunos de los pozos que solo tenían una caja, aparece un pie representando un intervalo de 20 pies o mas, quedando dudas en la profundidad donde ubicar el corazón, se asumió que se recuperó parte del tope del corazón. Ninguno de los intervalos corazonados presenta impregnación marcada de hidrocarburos

Para los pozos Colorado 14, 16 y 19 no se anexo la descripción ya que solo contaban en su gran mayoría con tan solo dos a tres pies de intervalo corazonado, sumado a esto se encontraban en muy mal estado y la preservación no era optima para tomar estos datos ya que los intervalos se encontraban distribuidos en diferentes cajas que no concordaban con la información de corazonamiento dada por la Litoteca Nacional.

En el anexo 1, se adjuntan las columnas de descripción sedimentológica y estratigráfica a escala 1:100 para cada uno de los pozos analizados anteriormente.

La recolección de la información fue hecha de base a tope, esto con el fin de seguir la secuencia real en la que se depositaron los sedimentos.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

6.1.1 Pozo C-21 (Anexo 1). Hacia la base del pozo en el intervalo 4288-4285 ft se encuentra Arenisca cuarzo-feldespática finogranular, de granos subredondeados de baja esfericidad y de buena selección. En algunos sectores se observan cristales de 3 mm de Mica Biotita y Mica Moscovita. Muestra alto grado de bioturbación dejando relictos de estratificación cruzada y ocasionales manchas de azufre. Se observa una ligera oxidación presentando óxidos y nódulos de fe. Ligeramente friable hacia el tope. Presenta fracturas inducidas.

En el intervalo que va desde 4023,6-4021 ft se encuentra un predominio de Arcillolita Limosa sílicea, abigarrada y alterada por procesos de formación de paleosuelos, se observan procesos de caolinitización. Muestra alto grado de bioturbación presentado madrigueras no diferenciadas, raíces y abundante oxidación.

En el intervalo que va desde 4009,3-4004,5 ft se encuentra un desarrollo de Areniscas cuarzo-feldespáticas fino-mesogranular de granos subredondeados de baja esfericidad. Muestra alto grado de bioturbación, presentando madrigueras no diferenciadas, raíces y relictos de estratificación cruzada, asimismo es notorio observar locales intercalaciones limosas de color grisáceo con abundante oxidación presentado bandas de fuerte coloración rojiza (siderita), estructuras de ondulitas, bioturbación y madrigueras no diferenciadas.

En el intervalo que va desde 3858-3855 ft se observa una secuencia de Limolita Arcillosa sílicea, varicoloreada y alterada por procesos de formación de paleosuelos. Exhibe grado medio de bioturbación con presencia de madrigueras de thalassinoides, raíces y azufre. Contiene pirita.

En el intervalo que va desde 3824,9-3823,8 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca gruesogranular de matriz arcillosa, de granos subredondeados de baja esfericidad y baja selección. Es notoria la bioturbación con presencia de madrigueras no diferenciadas. Localmente hacia la base se observa una disminución del tamaño de grano presentándose Limolita arenosa cuarzosa, con bajo grado de bioturbación, presencia de óxidos de fe y azufre.

En el intervalo que va desde 3786-3775.7 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca de grano fino a medio, con alto grado de bioturbación donde se observan madrigueras no diferenciadas, así como relictos de estratificación y raíces. Localmente presenta intraclastos de material lodoso de forma elongada, oxidación y fracturas rellenas de sílice.

En el intervalo que va desde 3636,7-3647,4 ft se observa Arenisca cuarzo feldespática finogranular de granos subredondeados de poca esfericidad y de moderada selección, bioturbada con presencia de relictos de estratificación, ocasionales óxidos de Fe y raíces. En algunos sectores se observan cristales de 3 mm de Mica Biotita y Mica Moscovita, locales intraclastos de material lodoso y fracturas inducidas, intercalada con una serie de Limolita arenosa silícea, fisil, abigarrada, con bajo grado de oxidación, ligeramente deleznable, bioturbada. Localmente presenta laminación ondulosa y madrigueras no diferenciadas.

En el intervalo que va desde 3527-3525 ft se observa un desarrollo de Arcillolita limosa silícea, alterada por procesos de formación de paleosuelos. Presenta bioturbación, grado medio de oxidación y raíces.

En el intervalo que va desde 3489-3486 ft se observa hacia la base del intervalo un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular de granos subredondeados subesféricos y moderada selección. Se evidencia un bajo grado de bioturbación, raíces y relictos de estratificación. Se observan intraclastos de material lodoso. Hacia la mitad del intervalo se observa un conglomerado de matriz arcillosa compuesto de gránulos de fragmentos rocosos angulares. Presenta una coloración ocre. Hacia el tope del intervalo 3487-3486 ft se observa una Limolita Arcillosa, silícea, con alto grado de bioturbación y oxidación. Presenta raíces. Localmente fisil. Granodecreciente.

Hacia el tope del pozo en el intervalo de profundidad 3458-3438,5 ft es posible observar hacia la base Arcillolita silícea, abigarrada, bioturbada. Presenta un fuerte desarrollo de óxidos de Fe al igual que un alto grado de alteración debido a procesos de formación de paleosuelos. Seguido a esto se observa un desarrollo de cuarzoareniscas finogranular, de granos subredondeados – subelongados y de mala selección. Localmente presenta relictos de estratificación y ocasionales óxidos de Fe. En algunos sectores se observan cristales de 3 mm de Mica Biotita y Mica Moscovita. Hacia el tope del intervalo es posible encontrar nuevamente Arcillolita silícea, abigarrada fuertemente bioturbada y alterada por procesos de formación de paleosuelos con alto grado de oxidación. Este intervalo presenta pérdida de información.

6.1.2 Pozo C-24 (Anexo 2). Hacia la base del pozo en el intervalo que va desde 4018,11–4011 ft se observa un predominio de Limolita de color grisáceo, localmente fisil y con moderado grado de bioturbación indiferenciada. Exhibe algunas intercalaciones arenosas y un leve desarrollo moteado de oxidación. Presenta laminación convoluta, ripples y

fracturas inducidas. Ascendiendo hacia la profundidad 4012 ft se observa un local aumento en el tamaño del grano, observándose hacia la base una Limolita Arenosa que presenta laminación ondulada discontinua y fracturas rellenas de sílice. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3979-3980,5 ft se observa un local desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular, granos subredondeados y moderada selección.

Presenta laminación plano paralela discontinua. Hacia la profundidad 3980,3 ft es posible observar en contacto neto con Limolita de color grisáceo y alto grado de bioturbación y oxidación en forma ramificada que atraviesa parte de la roca.

Hacia el intervalo que va desde 3976,4-3482,6 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca Lodosa fino-mesogranular, de granos subredondeados, baja esfericidad y pobre selección. Presenta local laminación ondulosa discontinua, lentes de material carbonoso, fracturas inducidas rellenas de sílice y yeso como resultado de procesos pedogénicos. Se observan intercalaciones de manera caótica con material lodoso en intervalos granocrecientes al tope, desarrollo moteado de oxidación y laminación plana discontinua. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 2535,6-2531 ft se observa una secuencia de Lodolita varicoloreada, abigarrada y alterada por procesos de formación de paleosuelos. Exhibe apariencia masiva con desarrollo de óxidos producto de exposición. Presenta alto grado de bioturbación y presencia de arcillas expansivas.

Hacia el intervalo que va desde 2526,9-2524 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular con lentes de material lodoso, de granos subredondeados. Localmente presenta estratificación cruzada, ondulitas y ocasionales lentes de siderita, en algunos sectores se observa masiva por acción de la bioturbación. Presenta moderado grado de oxidación y fracturas rellenas de sílice.

Hacia el techo del pozo en el intervalo que va desde 2143,4-2138 ft se observa un predominio de Cuarzoarenisca Lodosa finogranular, de granos subredondeados de baja esfericidad. Exhibe apariencia masiva por la acción del fuerte desarrollo de la bioturbación. Muestra frecuente desarrollo moteado de oxidación en la secuencia, fracturas inducidas y presencia de arcillas expansivas. Hacia la profundidad 2141 ft se observa

una secuencia de Arcillolita bioturbada, de apariencia masiva, varicoloreada, abigarrada con abundante oxidación producto de exposición y fuertemente alterada por procesos de formación de paleosuelos.

6.1.3 Pozo C-25 (Anexo 3). Hacia la base del pozo en el intervalo que va desde 2380- 2374 ft se observa un secuencia de Cuarzoarenisca la cual varía de mesogranular a finogranular con moderada matriz lodosa, en general presentando partículas subredondeadas con moderada selección modificando a mala hacia la base y tope del intervalo. Localmente hacia la base del intervalo se presentan pebbles angulosos y hacia el tope desarrollo de laminación. En general este intervalo presenta bajo grado de bioturbación.

Hacia el intervalo que va desde 2352,9-2350 ft se observa un predominio de Cuarzoarenisca masiva gruesogranular a mesogranular con granos de baja esfericidad y moderada selección.

Hacia el intervalo que va desde 2257- 2245 ft se presenta una secuencia de Cuarzoarenisca finogranular laminada con moderada selección y granos subredondeados a redondeados. Hacia el tope de este intervalo se desarrolla Arcillolita silícea abigarrada con alto grado de bioturbación y oxidación producto de exposición y desarrollo incipiente de paleosuelos.

Hacia el intervalo que va desde 2203-2123 ft se caracteriza por la presencia hacia la base de Cuarzoarenisca finogranular con moderada selección y laminas de lodos no consecutivas que varían de 0.5 a 1 in de espesor. La parte media del intervalo está representada por Limolita silícea varicoloreada con alto grado de bioturbación y abundante presencia de raíces. Al tope del intervalo se presenta Cuarzoarenisca masiva mesogranular a gruesogranular ligeramente conglomerática con moderada selección y bajo grado de friabilidad.

Hacia el intervalo que va desde 2083-2077 ft se observa un desarrollo de Arcillolita silícea abigarrada, varicoloreada con alto grado de bioturbación y presencia de raíces.

Hacia el intervalo que va desde 2073-2057 ft se presenta intercalación de Cuarzoarenisca finogranular a mesogranular, moderadamente seleccionada, con Limolita silícea bioturbada la cual presenta lentes de arenisca muy fina de forma esporádica. Localmente hacia el tope del intervalo se observa cuarzoarenisca que presenta laminación ondulosa discontinua.

Hacia el intervalo que va desde 2035-2026 ft se observa Arcillolita silícea abigarrada con alto contenido de óxidos de hierro, presentado alto grado de bioturbación y alteración. En algunos sectores de este intervalo se presenta Limolita bioturbada de tonalidades grises la cual presenta localmente laminación ondulosa, plana paralela y esporádicos lentes de arena.

Hacia el intervalo que va desde 1994,10-1964 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular de granos subangulares - subredondeados y moderada selección. Hacia la base del intervalo se observa alta matriz lodosa, dando ligera friabilidad a la roca. En general se observa bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas y raíces. Hacia la mitad del intervalo se observa masiva carente de estructura interna y hacia el techo se observan locales laminaciones. Presenta en algunos sectores cristales de 3 mm de Mica Biotita y Mica Moscovita.

Hacia el intervalo que va desde 1942-1939 ft se presenta Cuarzoarenisca mesogranular poco friable de pobre a moderada selección con pebbles angulosos ligeramente orientados. Hacia el tope del intervalo se presenta Arenisca finogranular bioturbada con partículas subredondeadas y modera selección.

Hacia el intervalo que va desde 1916-1914 ft se presentan intervalos de 1 ft de Cuarzoarenisca mesogranular con granos subangulares de moderada selección variando a finogranular hacia el techo de estos.

Hacia el intervalo que va desde 1914-1912 ft se observa Cuarzoarenisca mesogranular con moderada selección, granos subangulares. Presencia esporádica de fragmentos líticos y cristales accesorios de minerales máficos.

Hacia el techo del pozo en el intervalo que va desde 1900-1864 ft se observa hacia la base un desarrollo de Limolita arenosa silícea, bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas y raíces. Posteriormente hacia la mitad del intervalo se observa un predominio de Cuarzoarenisca finogranular de granos subangulares a subredondeados y moderada selección. Presenta bajo grado de bioturbación y locales lentes de lodo. Hacia el techo se observa Arcillolita Limosa silícea, bioturbada. Alterada por procesos de formación de paleosuelos.

6.1.4 Pozo C-26 (Anexo 4). Hacia la base de pozo en el intervalo que va desde 4148-4335,4 ft predominan una secuencia de Arcillolita varicoloreada abigarrada y alterada por procesos de formación de paleosuelos. Se observa un alto desarrollo de óxidos de Fe, igualmente

es notoria la bioturbación no diferenciada. Hacia el tope del intervalo se observa una secuencia granocreciente observándose Cuarzoarenisca finogranular de granos subesféricos-subredondeados y mala selección, presentando intraclastos de material lodoso e intercalaciones lodosas. Se evidencian madrigueras no diferenciadas y fracturas rellenas de sílice. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 4120– 4140,6 ft se observa un predominio de Cuarzoarenisca bioturbada fino-mesogranular de granos subredondeados de baja esfericidad y buena selección. Presenta cristales de 3mm de Mica Biotita y Mica Moscovita y esporádicos óxidos de Fe. Es notoria la presencia de madrigueras no diferenciadas además de ocasionales intraclastos de material lodoso. Localmente presenta laminación ondulosa discontinua. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3864,11–4041 ft se observa una disminución en el tamaño de grano, observándose un fuerte desarrollo de Arcillolita limosa de color grisáceo, bioturbada con evidencias de raíces y madrigueras no diferenciadas así como esporádicos óxidos de Fe. Presenta un alto grado de alteración debido a los procesos de formación de paleosuelos. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3824–3864,4 ft es posible observar reiteradamente el desarrollo de una secuencia de Cuarzoareniscas de grano fino a grueso ligeramente conglomerática con local presencia de pebbles de fragmentos rocosos, de granos subangulares – subredondeados y en general de pobre a moderada selección. Presentan cristales de Mica Biotita, Mica Moscovita y algunos máficos. Varias de estas areniscas presentan tonalidades amarillentas acompañadas de una fuerte impregnación al parecer de azufre. Se evidencia la acción de la bioturbación al observarse relictos de estratificación cruzada y presencia de madrigueras no diferenciadas y raíces. Localmente presenta restos de fragmentos carbonáceos, nódulos de Fe, esporádica oxidación y fracturas rellenas de sílice. Moderadamente friable. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia la base del intervalo que va desde 3651,6-3816,10 ft se observa una secuencia de Arcillolita limosa bioturbada con abundante oxidación, que presenta fracturas inducidas rellenas de sílice. Hacia la mitad del intervalo se presenta un aumento en el tamaño de grano observándose un predominio de Cuarzoarenisca limosa finogranular, de granos subesféricos, subangulares, de moderada selección. Muestran un grado medio de bioturbación y se observan madrigueras no diferenciadas.

Localmente presentan intraclastos de material lodoso, fracturas rellenas de sílice, relictos de estratificación cruzada y moderado grado de oxidación. Localmente calcárea. Hacia la profundidad 3747 ft es posible observar en contacto neto Arenisca limosa con Limolita bioturbada que presenta relictos de laminación plana paralela. Hacia el tope del intervalo disminuye el tamaño de grano observándose una secuencia de Limolita con intercalaciones arenosas, bioturbada, con moderada oxidación y presencia de nódulos de Fe. Localmente presenta laminación ondulosa continua y laminación plana paralela. Se observan cristales de 3mm de Mica Moscovita. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia la base del intervalo que va desde 3607–3650 ft se observa un desarrollo de Cuarzoareniscas finogranular de granos subangulares-subredondeados y moderada selección. Presenta locales intercalaciones limosas con laminación plana paralela y ondulosa. Además es notoria la bioturbación no diferenciada y se observan fracturas rellenas de sílice. Se observan cristales de 4mm de Mica Biotita y Mica Moscovita, así como una ligera oxidación presentándose nódulos de Fe. Hacia el tope se observa una secuencia de Limolita arenosa finogranular, bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas, se observan lentes lodosos de coloración rojiza. Presenta moscovita, biotita y nódulos de Fe. Localmente se observan intraclastos de material lodoso, abigarramiento y alto grado de alteración debido a procesos de formación de paleosuelos. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3587-3594 ft se observa un desarrollo de Arcillolita limosa de moderada fisilidad, abigarrada, varicoloreada, alterada por procesos de formación de paleosuelos. Es notoria la bioturbación presentándose relictos de laminación o en algunos sectores masiva.

Hacia el tope del pozo se observa una secuencia de arenisca lodosa cuarzo feldespática bioturbada con presencia de madrigueras de thalassinoides y skolithos (3557-.3558 ft), además se observan pequeñas intercalaciones de Limolita arcillosa con esporádica oxidación y pirita.

6.1.5 Pozo C-27 (Anexo 5). Hacia la base del pozo en el intervalo que va desde 4513-4505 ft se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular de matriz lodosa. Presenta alto grado de bioturbación con presencia de thalassinoides, teichichnus, madrigueras no diferenciadas y raíces rellenas por óxidos. Localmente presenta una fuerte oxidación. Esta secuencia se encuentra intercalada hacia la profundidad 4508 ft por un predominio de Limolita arcillosa silíceas bioturbada, localmente abigarrada y alterada debido a procesos de formación de paleosuelos.

Exhibe bajo grado de fisilidad y gran contenido de óxidos de Fe. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia la base del intervalo que va desde 4481-4109 ft se observa un desarrollo de Limolita arenosa bioturbada. Localmente presenta relictos de laminación, fracturas rellenas de sílice y moderada oxidación. Hacia el tope se observa una aumento en el tamaño del grano presentándose un dominio de Cuarzoarenisca finogranular bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas, de granos subredondeados y moderada selección. Localmente presenta lentes lodosos, relictos de estratificación y grado medio de oxidación. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 4063-4032 ft se observa una intercalación entre Cuarzoarenisca finogranular, de granos subredondeados y moderada selección. Presenta un desarrollo moteado de oxidación, relictos de estratificación, moderado grado de bioturbación e intraclastos oxidados, con una secuencia de Arcillolita-Limolita con alto grado de bioturbación y oxidación, observándose madrigueras no diferenciadas y fracturas rellenas de sílice.

Hacia la base del intervalo que va desde 3975-3957 ft se observa un predominio de Arcillolita-Limolita abigarrada con alto grado de bioturbación y presencia de madrigueras no diferenciadas. Presenta alto grado de oxidación y fracturas rellenas de sílice; Seguido de un desarrollo de Cuarzoarenisca fino-mesogranular de granos subredondeados de poca esfericidad y moderada selección favorables para la impregnación de hidrocarburos. Se observan intercalaciones lodosas, bioturbación y moderado grado de oxidación. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3919,3–3916 ft se observa hacia la base Limolita de color grisáceo, silíceo con moderado grado de bioturbación y fracturas rellenas de sílice. Presenta bioturbación y madrigueras no diferenciadas. En algunos sectores es posible observar laminación ondulosa discontinua; Posteriormente se observa hacia el techo un desarrollo de Cuarzoarenisca fino-mesogranular, de granos subredondeados subesféricos y moderada selección. Presenta alto grado de bioturbación, observándose madrigueras no diferenciadas. En algunos sectores se observa masiva carente de estructura interna y en otras partes presenta relictos de estratificación, debido a la acción de la bioturbación.

Hacia el intervalo que va desde 3899,4-3897 ft se observa hacia la base una secuencia de Arcillolita bioturbada con alto grado de oxidación, al tope se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular, granos subangulares y pobre selección. Presenta fuerte oxidación, relictos de estratificación y fracturas inducidas; seguido se observa Limolita Arenosa con alto grado de oxidación. Presenta laminación ondulosa continua, bioturbación con madrigueras no diferenciadas, fracturas y raíces.

Hacia el intervalo que va desde 3857–3842 ft se observa un predominio de Cuarzoarenisca finogranular, de granos subredondeados, de baja esfericidad y moderada selección. Exhibe bioturbación presentado madrigueras no diferenciadas y moderada oxidación. En algunos sectores se observa masiva debido a la acción de la bioturbación y en otros fragmentos se observan algunas tonalidades amarillas de fuerte impregnación al parecer de azufre. Presenta cristales de Mica Biotita y Mica Moscovita, intercalada con una secuencia de Arcillolita-Limolita silícea, bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas, nódulos de hierro y fracturas rellenas de sílice. Se encuentra alterada debido a procesos de formación de paleosuelos.

Hacia la profundidad de 3834,6 ft se observa el desarrollo de una secuencia de Cuarzoarenisca de grano fino a grueso de granos subangulares-subredondeados y moderada a pobre selección. Presenta un alto grado de bioturbación observándose madrigueras de thalassinoides por la forma circular que presentan y madrigueras no diferenciadas. Se observan tonalidades amarillas de fuerte impregnación al parecer de azufre y moderado grado de oxidación. Presenta estructura masiva carente de estructura interna, al parecer por la acción de la bioturbación.

Hacia la base del intervalo que va desde 3782–3765 ft se observa Lodolita varicoloreada, abigarrada con un alto grado de bioturbación y oxidación. Presenta fuerte alteración debido a procesos de formación de paleosuelos, presenta yeso formado por procesos pedogénicos. Presenta local laminación ondulosa discontinua. Posteriormente se observa un desarrollo de Cuarzoarenisca finogranular de granos subangulares subelongados y moderada selección. Localmente presenta intercalaciones e intraclastos de material limoso, un desarrollo moteado de óxidos de Fe y fracturas rellenas de sílice. Se observa masiva carente de estructura interna y en algunos sectores presenta relictos de estratificación. Presenta cristales accesorios de Mica Moscovita. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el intervalo que va desde 3671-3600 ft se observa un predominio de Arcillolita varicoloreada, abigarrada con un alto grado de alteración debido a los procesos frecuentemente de formación de paleosuelos y procesos pedogénicos. Exhibe fuerte oxidación debido a exposición. Este intervalo presenta pérdida de información.

Hacia el techo del pozo en el intervalo que va desde 3525-3439 ft se observa un predominio de Arcillolita Limolita varicoloreada, abigarrada, bioturbada en algunos sectores alterada por procesos de formación de paleosuelos y procesos pedogénicos. Presenta moderado grado de oxidación por exposición. Localmente presenta laminación plano paralela y relictos de la misma, interrumpida por la acción de la bioturbación, laminación ondulosa discontinua, madrigueras no diferenciadas y fragmentos de material carbonoso. Intercalada con un local desarrollo de Cuarzoarenisca bioturbada finogranular, de granos subredondeados y moderada selección. Presenta lentes de material lodoso y fragmentos de material carbonoso.

6.2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Se analizaron 12 muestras de núcleo correspondientes a los pozos C-21, C-24, C-25, C-26 y C-27 del Bloque I del Campo Colorado. De las 12 muestras analizadas, 8 de ellas corresponden a arenisca y las otras cuatro son lodolitas, algunas ligeramente arenosas.

6.2.1 Color – 21 (3782'10'')

Lodolita limosa ligeramente arenosa (8-9%) (Granos de cuarzo de arena muy fina a fina). Presenta matriz limo-arcillosa levemente cloritizada y cemento calcáreo (10%). Está constituida por granos de cuarzo principalmente de tipo monocristalino, los cuales presentan extinción ondulosa y en menor proporción extinción recta. Es común encontrar líticos sedimentarios limo-arcillosos, ígneos de composición silícea y metamórficos. Se observan feldespatos, moscovita y biotita. A manera de accesorios se presentan rutilo, zircón, turmalina y leucoxeno. Se observan microfracturas que agregan una porosidad adicional a la roca.

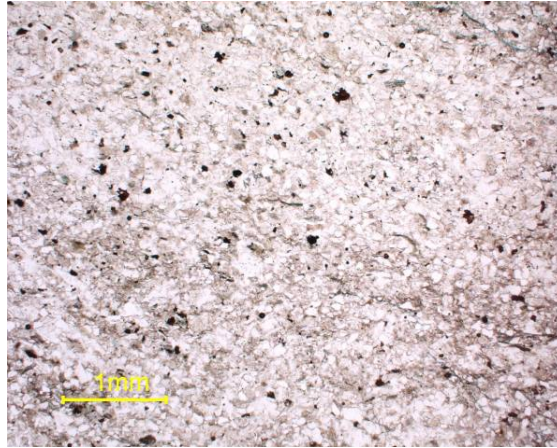


Figura 16. Lodolita limosa ligeramente arenosa.

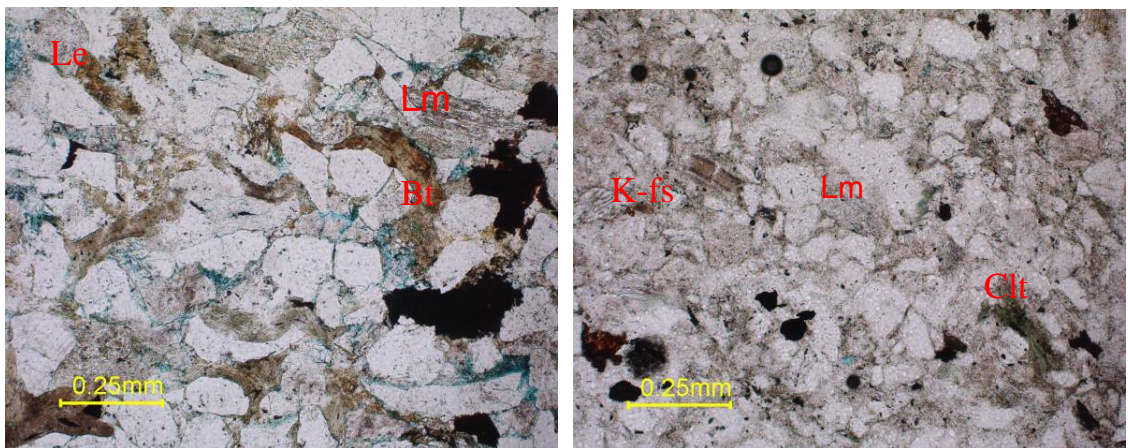


Figura 17. Líticos ígneos efusivos (Le) y metamórficos (Lm) presentes en la roca.

6.2.2 Color – 21 (4285'5'')

Corresponde a una arenisca de grano medio, de granos subangulares de formas tabulares y moderada selección. Presenta contacto lineal principalmente. Presenta matriz limosa (6,93%) y cemento de tipo silíceo (2,46%) que se observa como sobrecrecimientos de formas euédrales sobre los granos de cuarzo.

Composicionalmente el armazón de la roca está constituida por granos de cuarzo de tipo monocristalino (33,79%), con extinción ondulosa principalmente (25,72%) y extinción recta en menor proporción (8,07%) y de tipo policristalino (18,7%), feldespato potásico (4,1%), plagioclasa (3,21%), líticos sedimentarios a manera de trazas, líticos ígneos de carácter efusivo (9,65%), líticos metamórficos grafitosos (1,49%),

moscovita (0,72%), biotita (0,64%). A manera de accesorios se observan trazas de zircón, pirita, turmalina y leucoxeno. La porosidad de la roca es de tipo primario (9,1%).

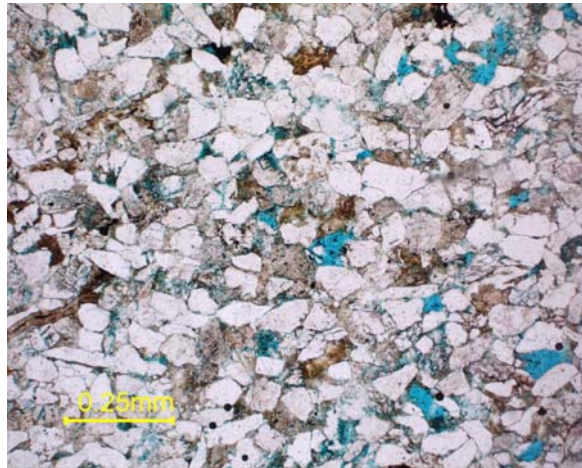


Figura 18. Aspecto de la distribución de los granos de cuarzo. Nótese la porosidad de la roca

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Arcosa Lítica. (Figura 33 y Tabla 4)

6.2.3 Color – 24 (2526'5'')

Corresponde a una arenisca de tamaño de grano de grueso a muy fino (arena gruesa (1,67%), arena media (33,33%), arena fina (52,5%), arena muy fina (4,17%), de granos subredondeados a subangulares y pobre selección. El contacto intergranular es de tipo lineal. Los granos se encuentran embebidos en una matriz limo-arcillosa (7,19%). El principal cemento de la roca es de tipo silíceo (5,04%) el cual se encuentra en algunos sectores como sobrecrecimientos de formas euhedrales sobre los granos de cuarzo.

Composicionalmente el armazón de la roca esta constituido por granos de cuarzo de tipo monocristalino (39,57%) de extinción ondulosa principalmente (28,78%) y extinción recta (10,79%) y de tipo policristalino (15,83%), feldespato potásico (4,32%), plagioclasa (3,6%), líticos ígneos de carácter efusivo (10,07%), líticos metamórficos grafitosos (1,44%), biotita (1,49%) y moscovita a manera de trazas.

Como accesorios se observa turmalina (0,72%), zircón, leucoxeno y pirita a manera de trazas.

En esta muestra los feldespatos (potásico y sódico) se encuentran en avanzado grado de disolución.

La porosidad de la roca es de tipo primario y secundario, debido a un local evento de microfracturamiento intragranular (10,07%).

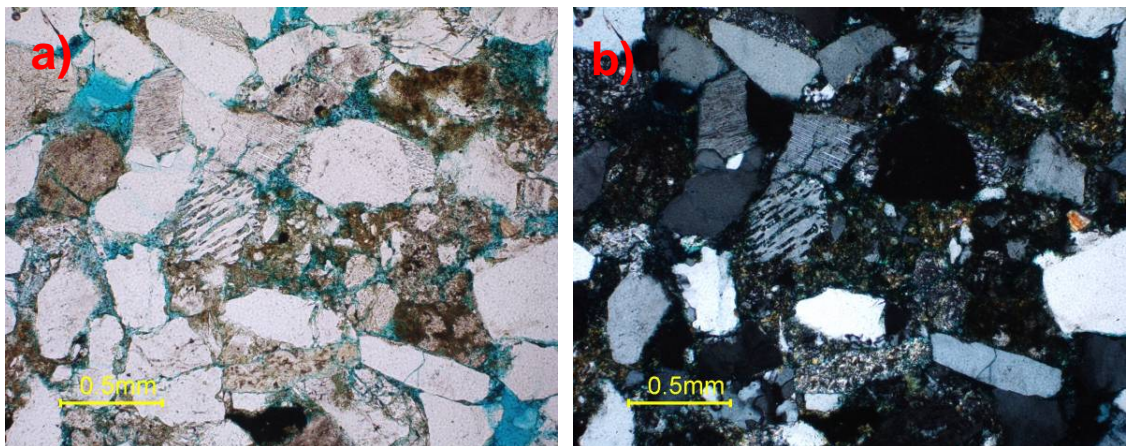


Figura 19. Fracturamiento y disolución de feldespatos potásicos (Kfs) y plagioclasas (Pl).
(a) Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Litoarenita Feldespática. (Figura 33 y tabla 4)

6.2.4 Color – 24 (4012'8'')

Lodolita limosa ligeramente arenosa con laminaciones de arena (3-5%) (Granos de cuarzo de grano muy fino). Estas laminaciones se producen como alternancia de sectores limosos con arenosos. Presenta matriz arcillosa localmente cloritizada y con óxidos de hierro. Presenta cemento calcáreo (42%). Se observa moscovita, plagioclasa y rutilo, zircón, turmalina, leucoxeno como minerales accesorios.

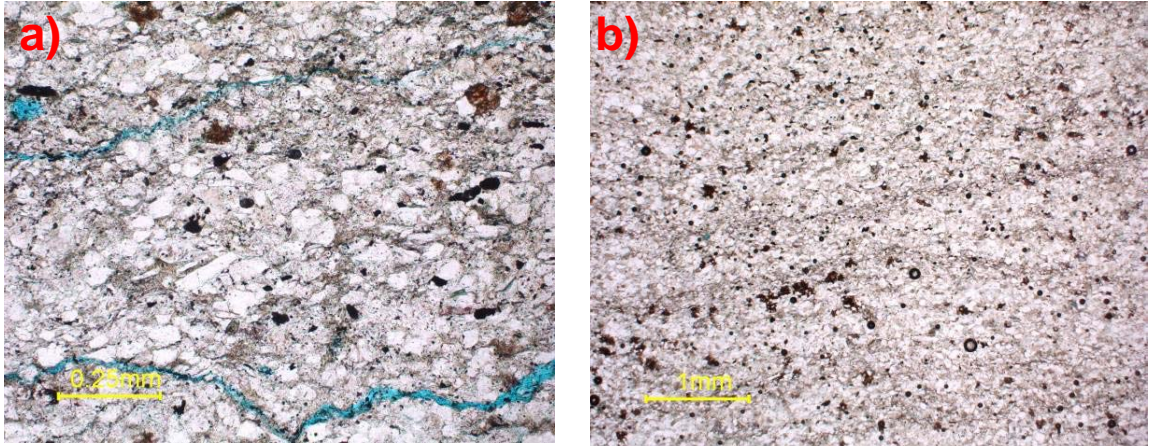


Figura 20. a. textura lodosoportada b. Obsérvese la laminación incipiente

6.2.5 Color – 25 (1910'5'')

Corresponde a una arenisca de grano muy fino a granulo (granulo 0,76%, arena muy gruesa 2,29%, arena gruesa 21,37%, arena media 34,35%, arena fina 16,79% y arena muy fina 9,16%), de granos subredondeados a subangulares en contacto tangencial a lineal embebidos en una matriz limo-arcillosa (13,67%), de pobre selección. El cemento es de tipo silíceo (2,16%) y se observa como sobrecrecimientos euhedrales sobre los granos de cuarzo.

Composicionalmente el armazón de la roca está constituido por granos de cuarzo de tipo monocristalino (53,23%) con extinción ondulosa predominante (35,97%) y extinción recta en menor proporción (17,26%) y de tipo policristalino (17,27%), feldespato potásico (2,88%), plagioclasa (0,72%), líticos ígneos de carácter efusivo (4,32%) y líticos metamórficos grafitosos (0,72%). A manera de accesorios presenta pirita (0,72%), turmalina, zircón y rutilo como trazas.

La porosidad de la roca es primaria de tipo íterpartícula (4,32%).

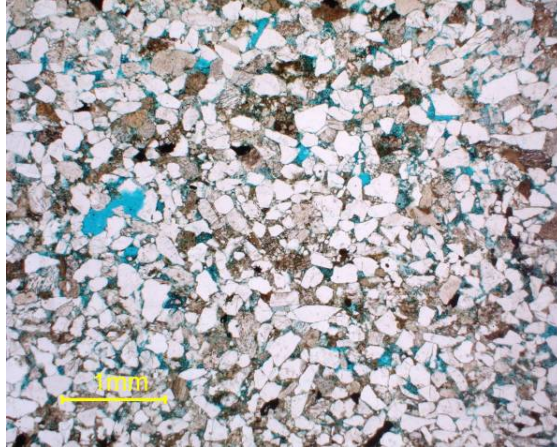


Figura 21. Obsérvese la amplia distribución de los granos de cuarzo de formas subredondeada a subangular.

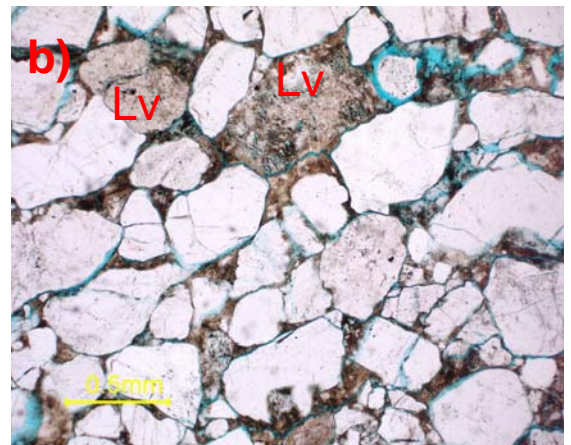
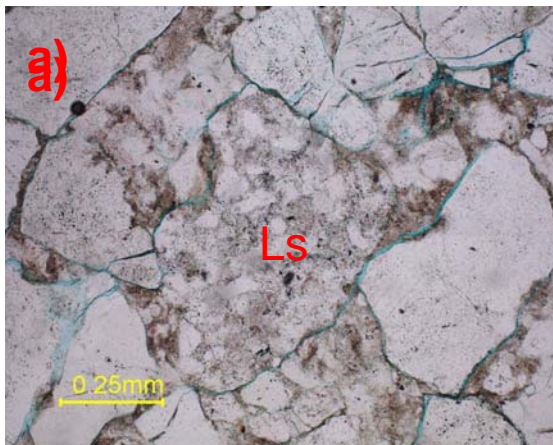


Figura 22. (a) Lítico sedimentario limo-arcilloso y (b) Líticos volcánico silíceos en diversos estados de disolución. Obsérvese la presencia de matriz arcillosa entre los granos.

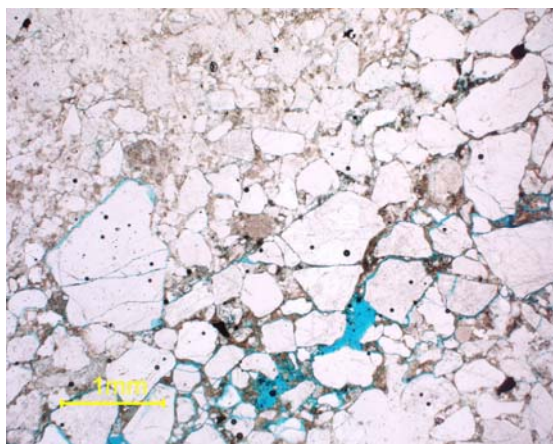


Figura 23. Apariencia de la porosidad primaria.

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Sublitoarenita. (Figura 33 y tabla 4)

6.2.6 Color – 25 (2057'10'')

Corresponde a una arenisca que varia el tamaño de grano de arena media a arena muy fina (arena media 3,57%, arena fina 15,18% y arena muy fina 38,39%), de granos subangulares a subredondeados, moderadamente seleccionada, en contacto puntual a lineal, muy pobremente sorteada. Exhibe matriz limo-arcillosa (30,81%). Se presenta cemento de tipo silíceo el cual se encuentra como sobrecrecimientos euhedrales alrededor de los granos de cuarzo (8,48%).

Composicionalmente el armazón se constituye por granos de cuarzo de tipo monocristalino (32,2%) los cuales presentan extinción recta y ondulosa y de tipo policristalino (8,48%), feldespato potásico (2,54%), plagioclasa (4,24%), líticos ígneos de carácter efusivo de composición silícea (8,47%) y líticos metamórficos de carácter grafitoso (1,69%). Como minerales accesorios se presenta: zircón (3,39%), pirita (1,69%), leucoxeno y turmalina a manera de trazas.



Figura 24. Obsérvese la amplia distribución de los granos de cuarzo y el contacto entre granos. Abundante presencia de minerales accesorios.

La muestra se clasificó usando el triángulo de clasificación para arenitas según Folk (1974), dando una Litoarenita Feldespática. (Figura 33 y Tabla 4)

6.2.7 Color - 25 (2072'10'')

Corresponde a una arenisca que varía el tamaño de grano de grueso a muy fino (arena gruesa 4,96%, arena media 44,63%, arena fina 42,15% y arena muy fina 2,48%), de granos subangulares de forma equidimensional a tabulares en contacto lineal. La matriz de la roca es de tipo limo-arcillosa (3,95%). La muestra presenta cemento de tipo silíceo (3,95%) y carbonato de calcio (3,95%).

Composicionalmente su armazón está constituido principalmente por granos de cuarzo de tipo monocristalino que presentan extinción recta (4,61%) y extinción ondulosa (36,84%), feldespato potásico (5,26%), plagioclasa (3,95%), líticos sedimentarios limo-arcillosos (0,66%), ígneos de carácter efusivo (5,92%) y metamórficos (1,32%), moscovita (0,66%) y biotita (1,32%). A manera de accesorios presenta pirita (1,32%).

La porosidad de la roca es de tipo primaria interpartícula (8,56%) y secundaria, la cual se encuentra representada por la disolución de componentes inestables del armazón (feldespatos y líticos ígneos).

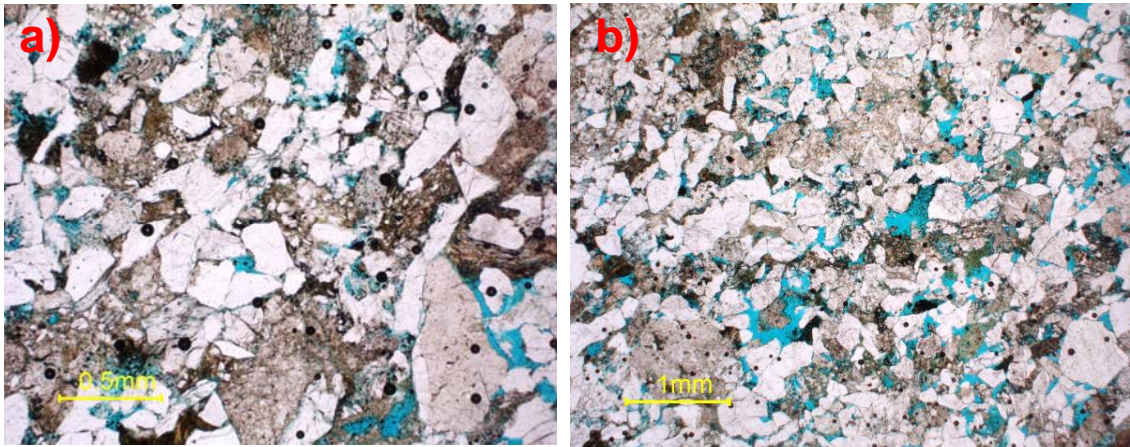


Figura 25. a. Granos subangulares de cuarzo rodeados por sectores con matriz limo-arcillosa. b. Distribución de granos de cuarzo y contacto lineal. Obsérvese la porosidad primaria y secundaria de la roca.

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Sublitoarenita. (Figura 33 y Tabla 4)

6.2.8 Color 25 (2125'3'')

Arenisca de grano muy fino a grueso (arena gruesa 4,07%, arena media 70,73%, arena fina 21,14% y arena muy fina 4,07%) moderadamente bien seleccionada de granos subangulares a subredondeados, en contacto lineal a tangencial y localmente se observa contacto flotante. El cemento de la roca es de tipo silíceo (3,26%) y calcáreo (3,27%).

El armazón de la roca esta constituido por granos de cuarzo de tipo monocristalino (51,63%) con extinción ondulosa predominantemente (39,87%) y extinción recta (11,76%) en menor proporción, feldespato potasico (2,61%), plagioclasa (1,96%), líticos ígneos de carácter efusivo (9,80%), líticos de carácter metamórfico (1,96%), moscovita (0,65%), clorita y biotita a manera de trazas.

Como accesorios presenta limonite, zircón y leucoxeno a manera de trazas.

La porosidad de la roca es secundaria (8,5%).



Figura 26. Granos de cuarzo de tamaño arena muy fina a gruesa. Obsérvese la porosidad de la roca.

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Sublitoarenita. (Figura 33 y Tabla 4)

6.2.9 Color - 26 (3652'3'')

Limolita arenosa (granos de cuarzo de arena muy fina). Presenta matriz arcillosa sectorialmente oxidada y cemento calcáreo. Principalmente está constituida por granos de cuarzo, feldespatos, moscovita y clorita. A manera de accesorios presenta zircón, goethita, turmalina, leucóxeno y pirita. Se observa saturada de óxidos de hierro, además de presentar estructuras de origen biogénico de formas circulares, que abarcan la mayor parte de la muestra.

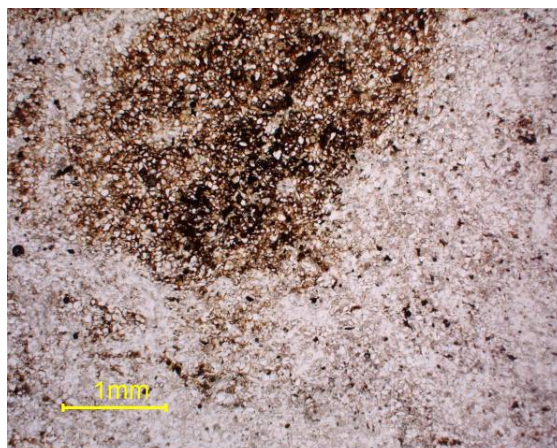


Figura 27. Obsérvese las estructuras semicirculares de origen biogénico

6.2.10 Color - 26 (3754')

Corresponde a una arenisca de tamaño de grano de arena muy fina a arena gruesa (arena muy gruesa 1%, arena gruesa 40%, arena media 42%, arena fina 4%, arena muy fina 2%), de granos subangulares a subredondeados de formas equidimensionales a tabulares y pobre selección. La muestra presenta matriz limo-arcillosa, a veces, mezclada con carbonato cristalino (2,84%). La roca se halla cementada en su gran mayoría cemento calcáreo (35,80%) y sílice en menor proporción (0,57%). El carbonato puede ser de carácter ferroso, no ferroso u oxidado. El cemento de tipo silíceo se observa como sobrecrecimientos euhedrales sobre los granos de cuarzo.

Composicionalmente el armazón está constituido por granos de cuarzo de tipo monocristalino (35,22%) con extinción ondulosa predominantemente (27,27%) y extinción recta (7,95%) y de tipo policristalino (10,23%), feldespato potásico (5,68%), líticos sedimentarios (0,57%) y líticos ígneos de carácter efusivo (2,84%). A manera de accesorios presenta pirita (1,70%) y turmalina (0,57%).

La porosidad de la roca es de tipo primario (3,98%) de tipo ínterpartícula.

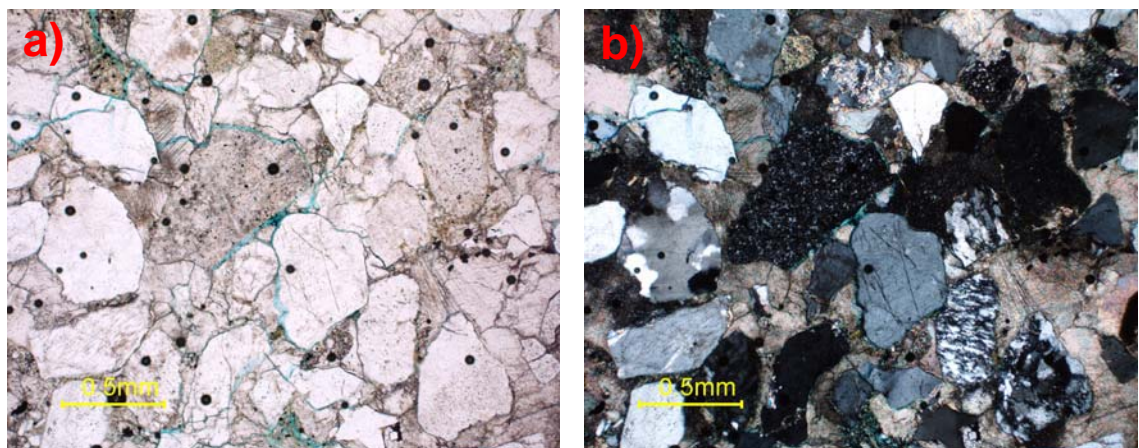


Figura 28. Cementos encontrado en la muestra Color -26/ 3754'. (a) Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.

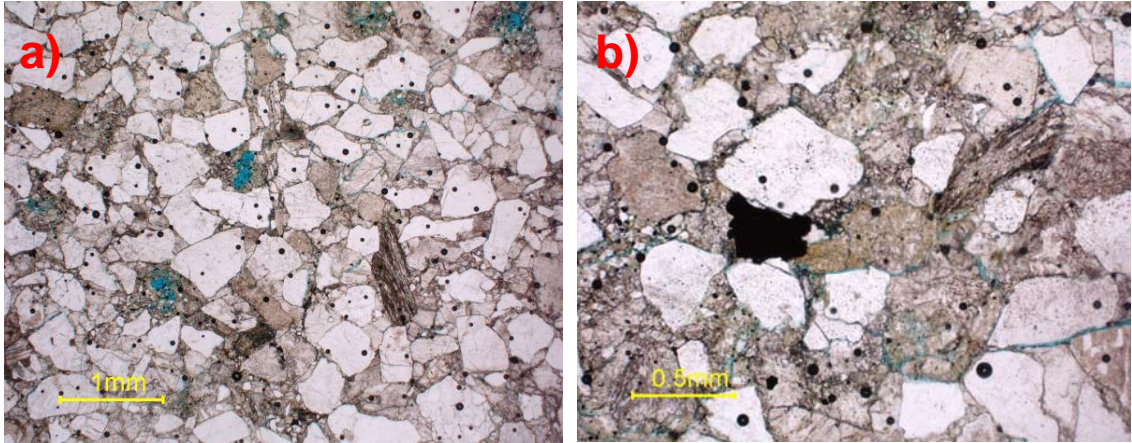


Figura 29. a. Aspecto textural de la roca. b. Sector con matriz carbonatada

La muestra se clasifico usando el triangulo de clasificación para arenitas según folk (1974), dando una Subarcosa. (Figura 33 y Tabla 4)

6.2.11 Color – 27 (3502'7'')

Limolita ligeramente arenosa (granos de cuarzo de arena muy fina). Presenta matriz arcillosa y cemento calcáreo. Principalmente esta constituida por granos de cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita y clorita. Igualmente se observan a manera de trazas líticos metamórficos e ígneos de composición silícea. A manera de accesorios presenta zircón, turmalina, pirita y leucoxeno.

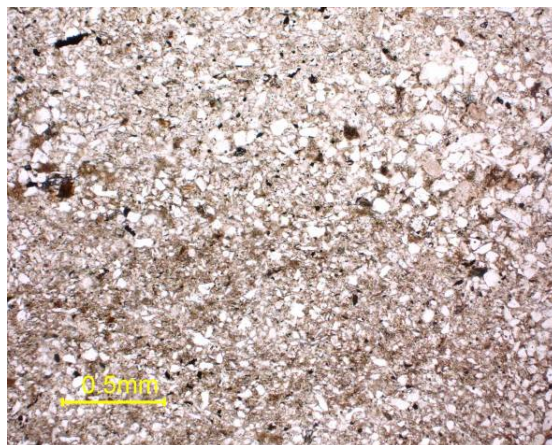


Figura 30. Limolita arenosa

6.2.12 Color – 27 (4032'3'')

Corresponde a una arenisca de arena media a muy fina (arena media 16,67%, arena fina 71,33%, arena muy fina 10%), de granos subredondeados, moderada selección y contacto lineal. La matriz de la roca es de tipo arcillosa (1,75%) y el cemento encontrado es de tipo silíceo (2,92%) y calcáreo (1,17%).

Composicionalmente el armazón de la roca se encuentra constituido por granos de cuarzo de tipo monocristalino (63,16%) con extinción ondulosa predominante (53,80%) y extinción recta en menor proporción (9,36%) y de tipo policristalino (9,36%), feldespato potásico (2,92%), plagioclasa (5,26%), líticos ígneos de carácter efusivo (5,84%), biotita (0,58%) y clorita (0,58%). A manera de accesorios presenta pirita (0,58%), limonita (0,58%), zircón y leucoxeno a manera de trazas.

La porosidad de la roca es de tipo secundario, como evidencia petrográfica se observa el gran tamaño de los poros en comparación con los granos de cuarzo y de morfologías elongadas e irregulares. Debido a disolución de algunos feldespatos y líticos que constituyen el armazón de la roca.

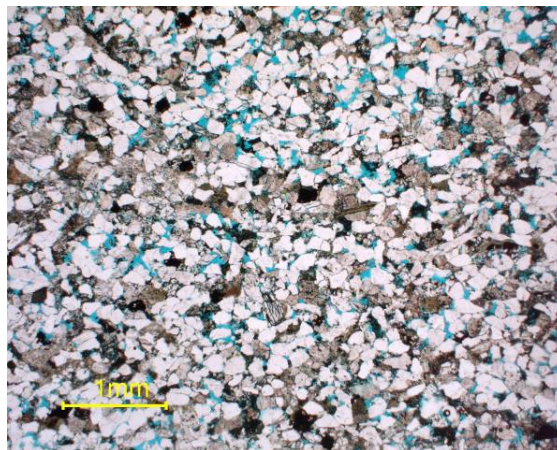


Figura 31. Granos de cuarzo de tamaño de arena fina y muy fina.

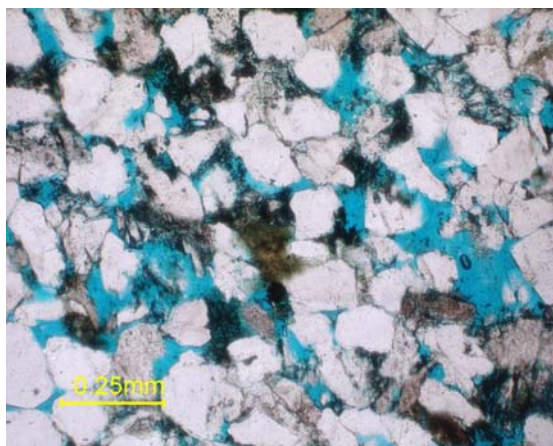


Figura 32. Aspecto de la porosidad secundaria de la roca. Nótese el tamaño de los poros en comparación con los granos.

La muestra se clasificó usando el triángulo de clasificación para arenitas según Folk (1974), dando una Subarcosa. (Figura 33 y Tabla 4)

Las muestras analizadas fueron clasificadas usando el triángulo de clasificación para arenitas según Folk (1974). Las muestras de arenitas de los pozos del Campo Colorado varían en composición desde subarcosa a sublitoarenitas y litoarenitas feldespáticas. (Figura 33 y tabla 4). En cuanto al proceso diagénético, fue posible identificar determinados eventos (VER DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA) los cuales han influenciado la variación de la porosidad en estas rocas. Entre estos eventos se presentan la precipitación de cementos: carbonato y sílice en el espacio poroso. A su vez, se propicia la formación de leucoxenos y pirita.

En la muestra COLOR – 24 (2526'5") los líticos y feldespatos, presentan un avanzado estado de disolución y alteración, lo cual ha proporcionado una porosidad adicional, de hasta 2% la cual disminuye por la precipitación de caolinita microcristalina, sílice y carbonato. Igualmente en esta muestra se observa un evento de microfracturamiento intragranular (granos de cuarzo, feldespato y líticos), mayor en los granos de cuarzo incipiente lo cual proporciona una porosidad adicional menor del 1%, sin embargo, estas micro-fracturas no proporcionan planos continuos y espaciados, sino que obedece en cambio, a pequeñas fracturas de poca longitud y poco espesor que en su mayoría están parcialmente cerradas y no poseen conectividad alguna, de manera tal que, no permiten la migración de fluidos a través de estas.

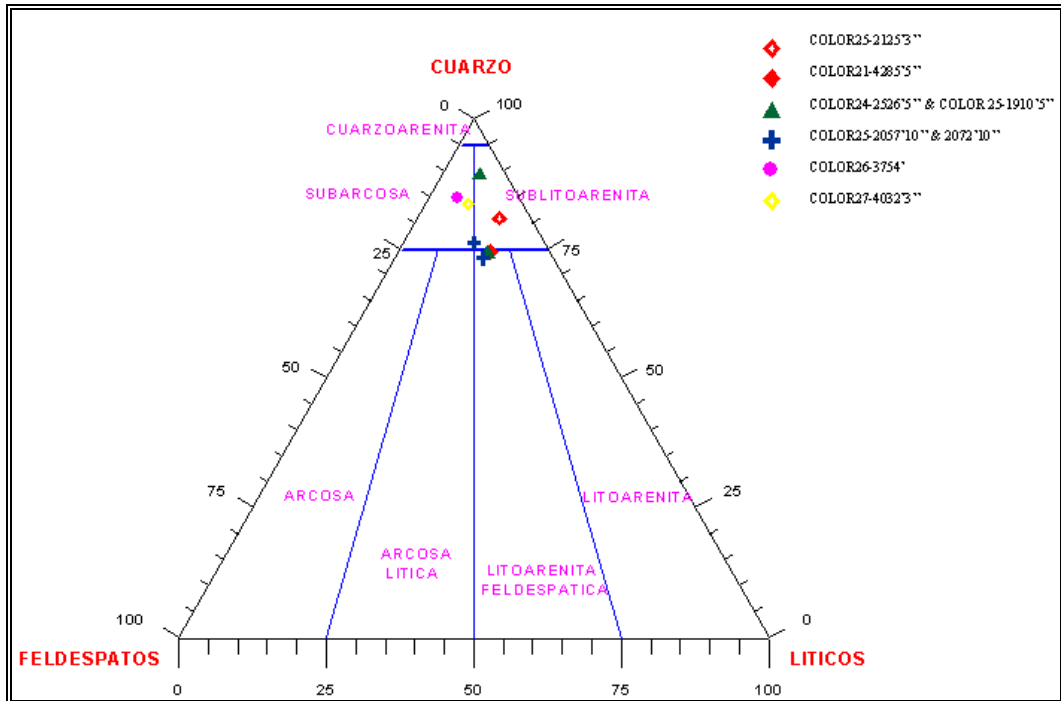


Figura 33. Triángulo de clasificación composicional de las muestras analizadas de los pozos del Campo Colorado.

Tabla 4. Nombre composicional de las secciones delgadas analizadas de los pozos del Campo Colorado según Folk (1974).

| Nº | POZO | | FORMACIÓN | PROFUNDIDAD (PIES) | COMPOSICION |
|----|----------|----|-----------|--------------------|--|
| 1 | COLORADO | 21 | MUGROSA | 3782'10" | ----- |
| 2 | | | | 4285'5" | ----- |
| 3 | | 24 | | 2526'5" | Litoarenita Feldespática |
| 4 | | | | 4012'8" | ----- |
| 5 | | 25 | | 1910'5" | Sublitoarenita |
| 6 | | | | 2057'10" | Litoarenita Feldespática |
| 7 | | | | 2072'10" | Sublitoarenita |
| 8 | | | | 2125'3" | Sublitoarenita |
| 9 | | | | 3652'3" | ----- |
| 10 | | 26 | | 3754' | Subarcosa |
| 11 | | 27 | | 3502'7" | Litoarenita Feldespática – Sublitoarenita |
| 12 | | | | 4032'3" | Subarcosa |

6.3 IDENTIFICACIÓN DE FACIES DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DEL CAMPO COLORADO

Se determinaron 11 facies sedimentarias las cuales fueron definidas y nombradas en relación con sus principales atributos litológicos, texturales, granulométricos, estructuras sedimentarias y según el contenido de trazas fósiles.

Las facies son nombradas utilizando abreviaturas que simplifican la descripción de los principales rasgos estructurales en las mismas. Todas ellas responden a unas características genéticas concretas en ambientes fluviales netamente continentales.

Las facies que fueron caracterizadas en los intervalos corazonados para los pozos del Bloque I del Campo Colorado son las siguientes:

Tabla 5. Facies interpretadas para los intervalos analizados de los pozos del Bloque I del Campo Colorado

| FACIES | DESCRIPCIÓN |
|---------------|--|
| Ace | Arenisca con Estratificación Cruzada |
| Alc | Arenisca Ligeramente Conglomerática |
| Amb | Arenisca Masiva Bioturbada |
| Ar | Arenisca con Ripples |
| Ail | Arenisca con Intraclastos Lodosos |
| Alb | Arenisca Lodosa Bioturbada |
| Al | Arenisca Laminada |
| All | Arenita Limosa Laminada |
| Fsc | Limolita, Arcillolita Laminada |
| Fm | Limolita, Arcillolita sin Estructura Interna Bioturbada |
| Fav | Arcillolita Abigarrada Varicolorada |

6.3.1 Descripción Facial

6.3.1.1 Facies de Arenisca con Estratificación Cruzada (Ace).

Cuarzoarenisca de color beige claro de grano medio, granos subredondeados y bien seleccionada. Se presenta estratificación cruzada y relictos de estratificación cruzada. Localmente bioturbación no diferenciada con presencia de madrigueras. Se observan nódulos de Fe, oxidación, fragmentos líticos y en algunos sectores la roca se vuelve friable. Se tomó una sección delgada en el pozo C-27 en la profundidad 4032.3" y se clasificó como Subarcosa. En la figura 34 se observa un aspecto general de la facies.

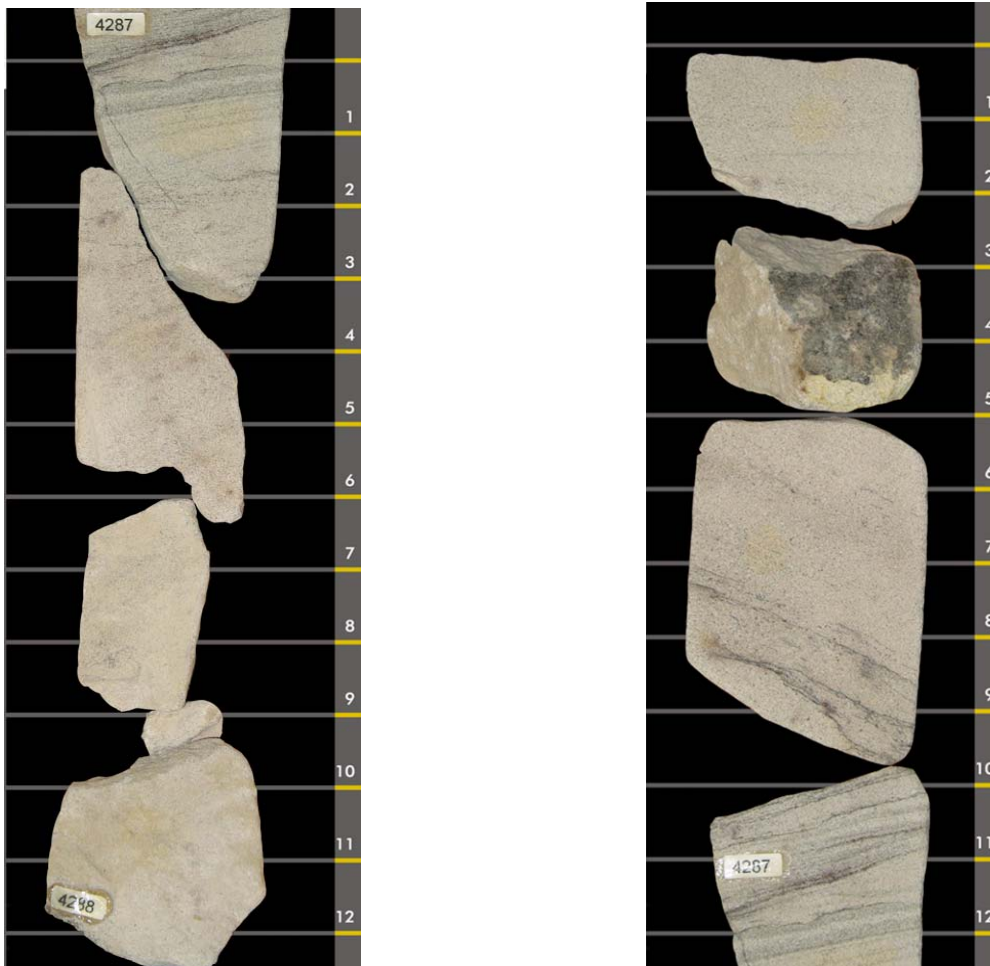


Figura 34. Aspecto de la facies Ace. Nótese en ambas fotos la presencia de estratificación preexistente.

6.3.1.2 Facies de Arenisca Ligeramente Conglomerática (Alc).

Arenisca cuarzo-feldespática de color beige, con tamaños de grano que varía de fino a grueso ligeramente conglomerática, con granos angulares alargados y moderada selección. Presenta grados de friabilidad altos a moderados, localmente bioturbada, intraclastos oxidados de fragmentos líticos y pebbles angulosos. Se tomo una sección delgada en el pozo C-25 en la profundidad 2125,3 y se clasifico como Sublitoarenita. En la figura 35 se presenta el aspecto general de la facies.



Figura 35. Aspecto de la facies Alc.

6.3.1.3 Facies de Arenisca Masiva Bioturbada (Amb). Arenisca cuarzo-feldespática de color marrón claro, granos subredondeados y moderada selección. Bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas y madrigueras redondeadas horizontales. En general en esta facies no se observa ningún tipo de estratificación, las estructuras sedimentarias están ausentes y se presenta como una roca homogénea masiva y con pequeñas estructuras producidas por bioturbación. Oxidación en forma moteada, nódulos de hierro, localmente intraclastos orientados y abundante contenido de azufre. Se tomo una sección delgada en el pozo C-25 en la profundidad 1910,5 y se clasifico como Sublitoarenita. En la figura 36 se presenta el aspecto general de la facies.

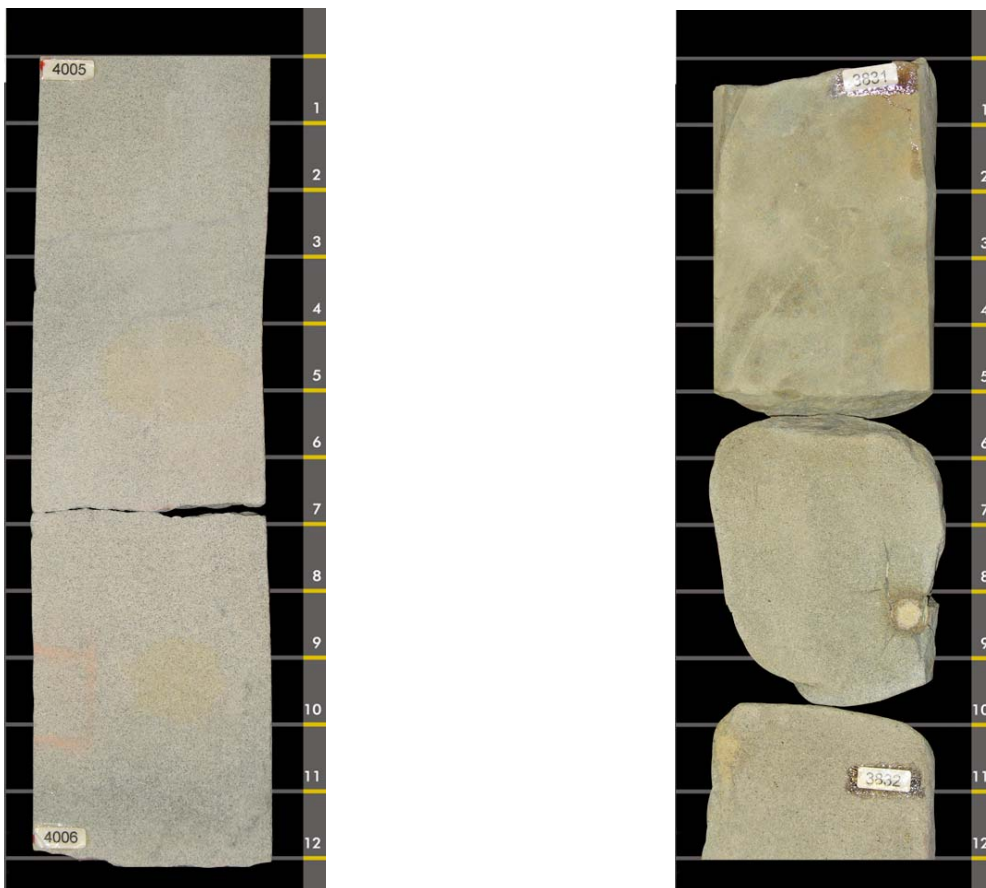


Figura 36. Aspecto de la facies Amb. Nótese en la foto de la derecha una madriguera de Thalassinoide hacia la base.

6.3.1.4 Facies de Areniscas con Ripples (Ar). Cuarzoarenisca de color grisáceo con tamaño de grano muy fino a fino, granos redondeados, moderadamente calibrada. Presenta ripples y laminación ondulosa, fracturas rellenas de sílice, bioturbación baja, lentes de siderita esporádicamente en la sección. En algunos sectores el tamaño de grano varía hasta limo. Se tomo una sección delgada en el pozo C-24 en la profundidad 2526,5 y se clasifico como Litoarenita Feldespática. En la figura 37 se observa un aspecto general de la facies.

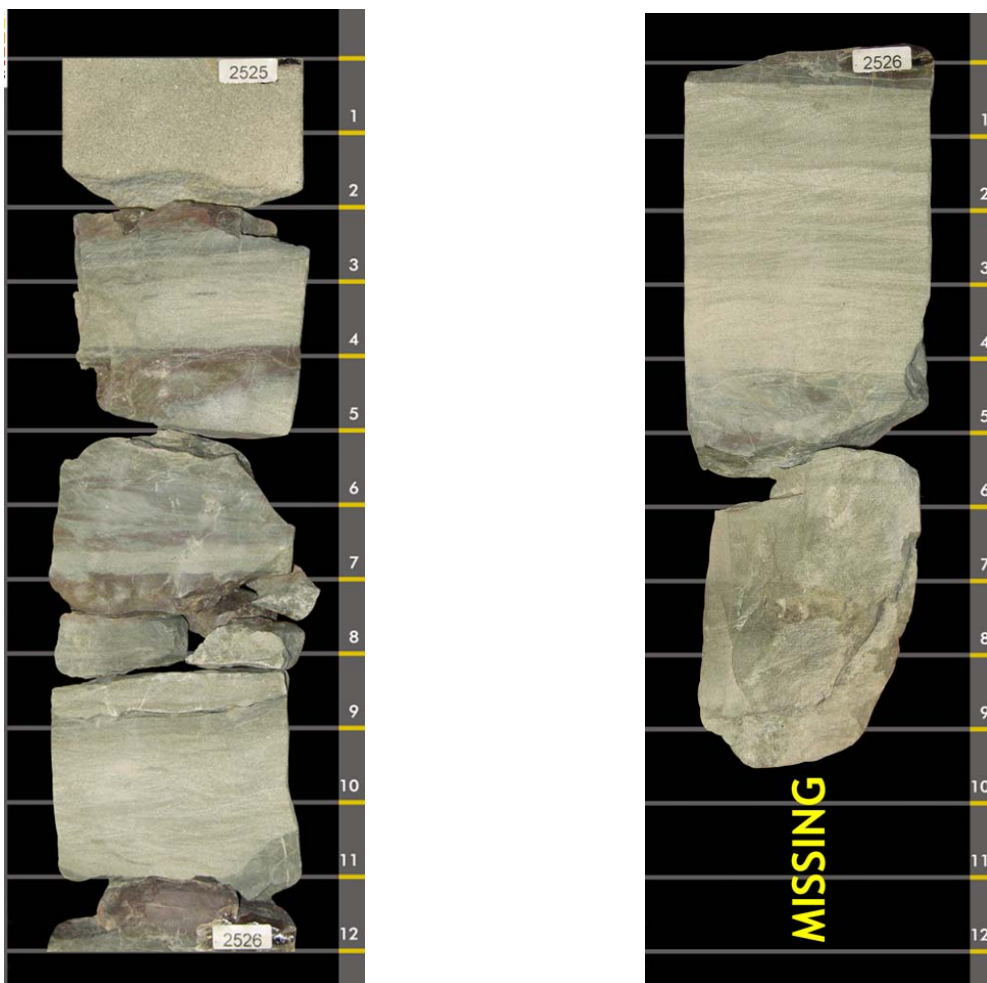


Figura 37. Aspecto de la facies Ar. Nótese en la figura de la derecha lentes de siderita

6.3.1.5 Facies de Arenisca con Intraclastos Lodosos (Ail).

Cuarzoarenisca que varía de color entre crema y gris claro, granos subredondeados a redondeados y pobre selección. Presenta intraclastos de material lodoso, estratificación cruzada, nódulos de Fe, oxidación, localmente limosa bioturbada con presencia de madrigueras no diferenciadas. Se tomo una sección delgada en el pozo C-26 en la profundidad 3754' y se clasificó como Subarcosa. En la figura 38 se observa un aspecto general de la facies. Los intraclastos lodosos son de color grisáceo, de forma elongada y en la mayoría de los casos se presenta orientados a la laminación.



Figura 38. Aspecto de la facies Ail. Nótese hacia la base intraclastos de material lodoso.

6.3.1.6 Facies de Arenisca Lodosa Bioturbada (Alb). Cuarzoarenisca lodosa varía de color gris verdoso a marrón claro en algunos sectores, de granos subredondeados y pobre selección. Fuerte bioturbación con presencia de madrigueras no diferenciadas, scoyenia y madrigueras verticales. En algunos sectores presenta laminación paralela discontinua y en otros sectores no se observa laminación, debido a la actividad orgánica. Se observa oxidación diseminada por el corazón. Localmente presenta fracturas rellenas de sílice e intraclastos de material lodoso. Se tomo una sección delgada en el pozo C-25 en la profundidad 2057.10 y se clasifico como Litoarenita Feldespática y en el pozo C-26 en la profundidad 3652,3 y se clasifico como Limolita. En la figura 39 se observa un aspecto general de la facies.

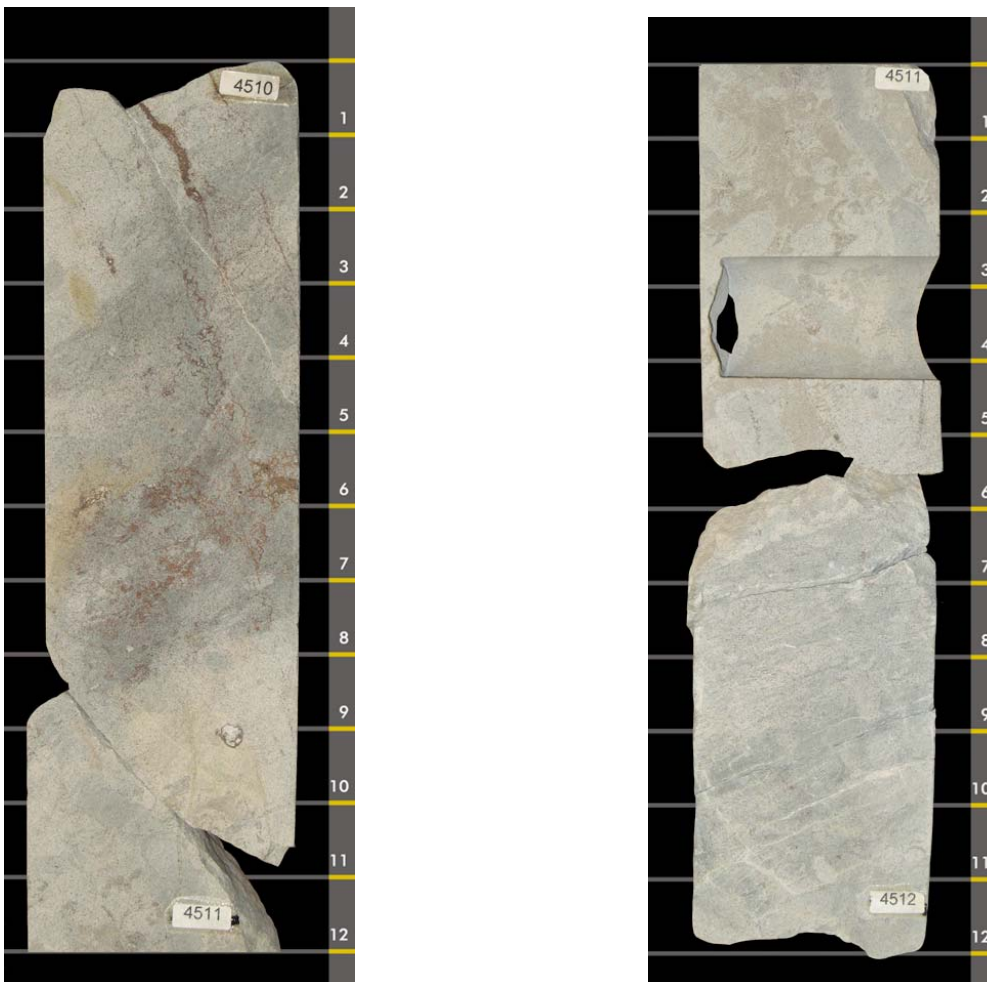


Figura 39. Aspecto de la facies Alb. Nótese en ambas fotos hacia el tope múltiples madrigueras verticales y teichichnus.

6.3.1.7 Facies de Arenisca Laminada (Al). Cuarzoarenisca finogranular de color beige claro, el tamaño de grano varía de medio a fino, granos subredondeados y pobre selección. Presenta laminación plana discontinua y ondulosa discontinua. Localmente presenta láminas de composición lodosa. Exhibe moderada friabilidad, local bioturbación (madrigueras no diferenciadas). Localmente presenta desarrollo moteado de óxidos de Fe. Se tomo una sección delgada en el pozo C-25 en la profundidad 2072.10 y se clasifiko como Sublitoarenita. En la figura 40 se presenta un aspecto general de las facies.



Figura 40. Aspecto de la facies Al.

6.3.1.8 Facies de Facies de Arenita limosa laminada (All). Cuarzoarenisca de color marron grisáceo que varía en tamaño de grano de muy fina a limosa, con laminación plana paralela discontinua y ondulosa discontinua, algo de ripples. Presencia de bioturbación y localmente madrigueras no diferenciadas, en sectores fracturas rellenas de sílice. Se tomo una sección delgada en el pozo C-21 en la profundidad 4285,5 y se clasifíco como Limolita. En la figura 41 se presenta un aspecto general de la facies.

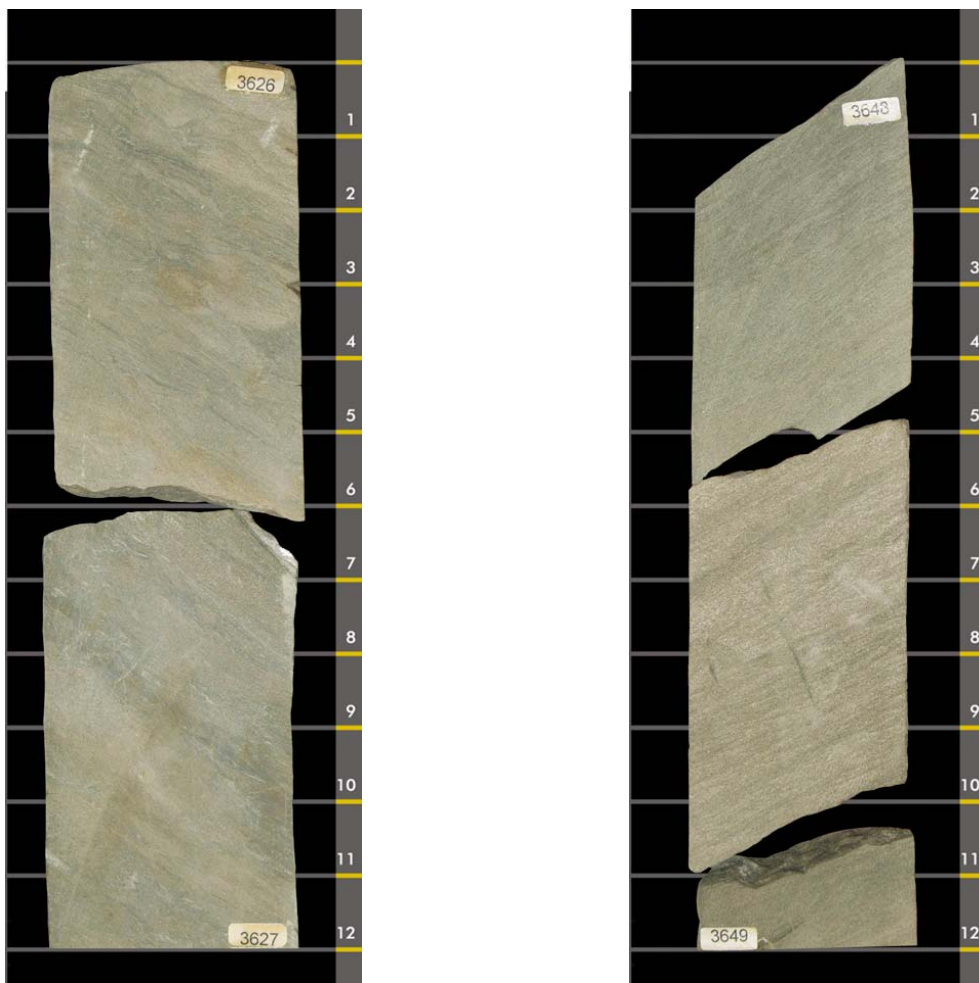


Figura 41. Aspecto de la facies All

6.3.1.9 Facies de Limolita-Arcillolita laminada (Fsc). Limolita–Arcillolita sílicea con diferentes tonalidades de grises con laminación ondulosa continua inclinada, laminación convoluta y ripples. Se observa oxidación donde la roca se hace más arcillosa, fracturas rellenas de sílice, bioturbación (madrigueras no diferenciadas y raíces). Se tomó una sección delgada en el pozo C-21 en la profundidad 3782.10 y en el pozo C-24 en la profundidad 4012'8 y se clasificaron como Lodolita. En la figura 42 se observa un aspecto general de la facies.



Figura 42. Aspecto de la facies Fsc. Nótese en la foto de la izquierda hacia la base laminación convoluta

6.3.1.10 Facies de Limolita-Arcillolita sin Estructura Interna bioturbada (Fm). Limolita-Arcillolita sílicea bioturbada de color grisáceo a verde oscuros. Localmente presenta madrigueras no diferenciadas, oxidación de minerales máficos. En algunos sectores varicoloreada y alterada por procesos incipientes de formación de paleosuelos. Se tomo una seccion delgada en el pozo C-27 en la profundidad 3502,7 y se clasifico como Litoarenita Feldespática – Sublitoarenita. En la figura 43 se observa un aspecto general de las facies.

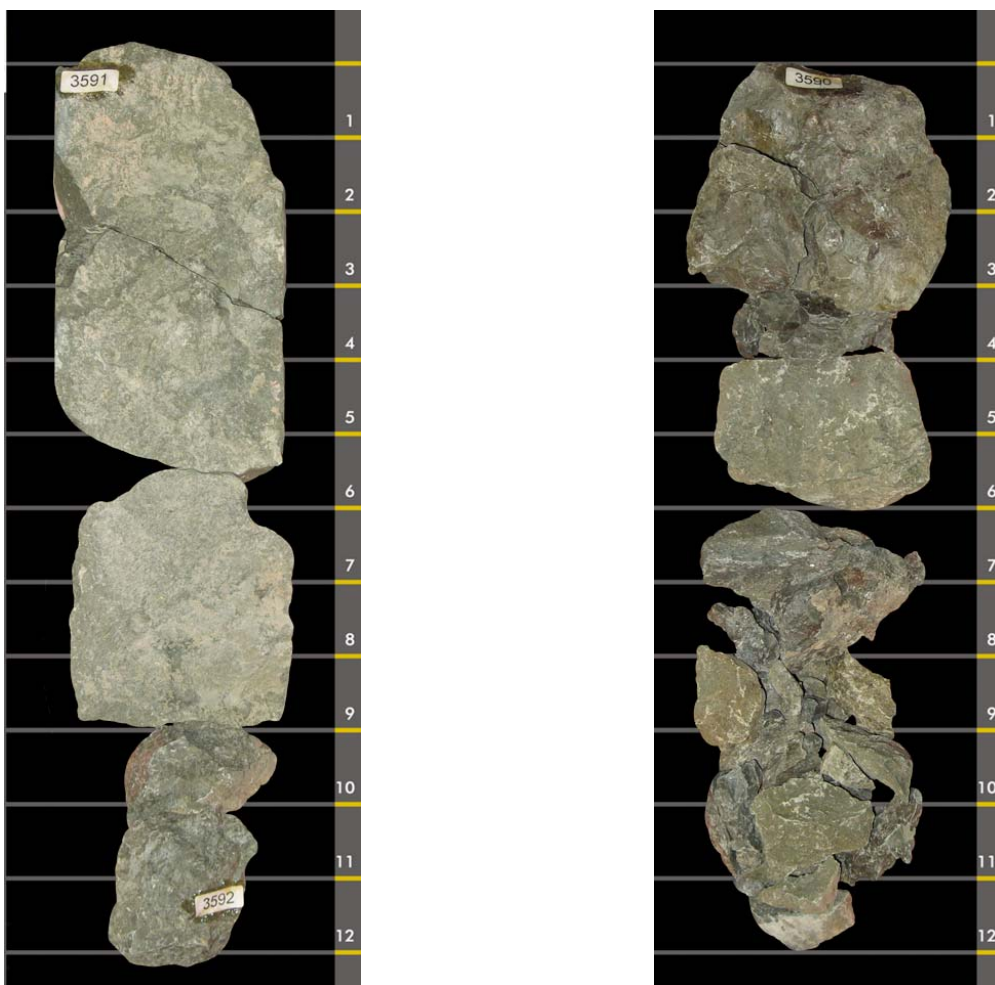


Figura 43. Aspecto de la facies Fm

6.3.1.11 Facies de Arcillolita varicoloreada (Fav). Arcillolita sílicea, varicoloreada, abigarrada con tonalidades grises, naranjas, violáceas, rojizas y amarillas. Alta friabilidad. Localmente presenta desarrollo de caliche, ocasionalmente yeso, manchas de azufre y óxidos como producto de procesos pedogénicos. Se observa abundante bioturbación no diferenciada y raíces. En la figura 44 se observa un aspecto general de la facies.

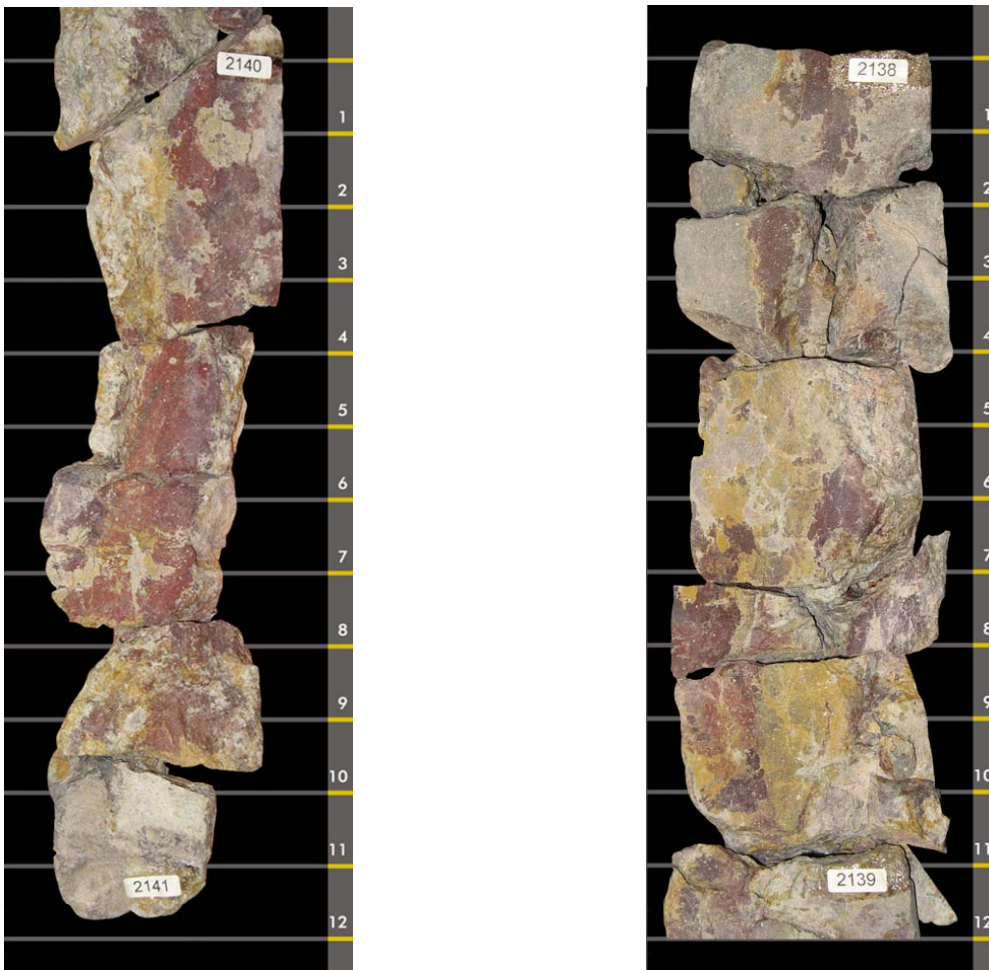
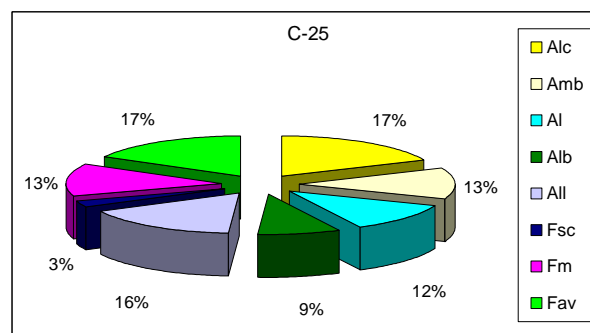
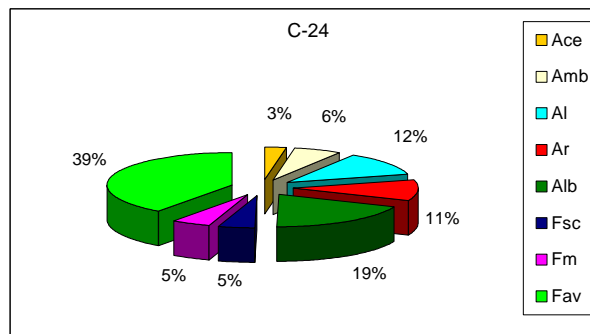
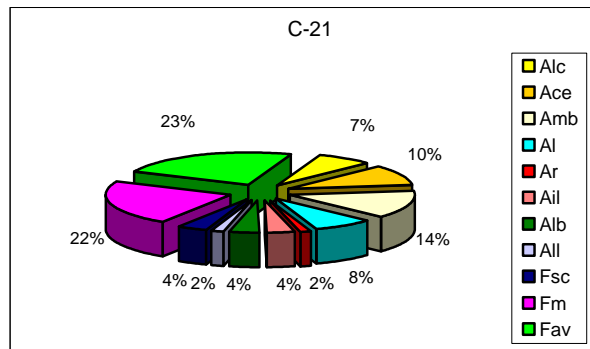


Figura 44. Aspecto de la facies Fav

6.4 DISTRIBUCIÓN DE FACIES DE LOS POZOS CORAZONADOS DEL BLOQUE I DE CAMPO COLORADO

A continuación se presenta el porcentaje de distribución de las facies identificadas para cada uno de los pozos corazonados y analizados del Bloque I del Campo Colorado. En todos los pozos es evidente el predominio de las facies correspondientes a depósitos de llanura de inundación; las facies de canal y abandono de canal presentes en todos los pozos se encuentran en menor proporción, lo cual es característico en depósitos formados por ríos meandritos.



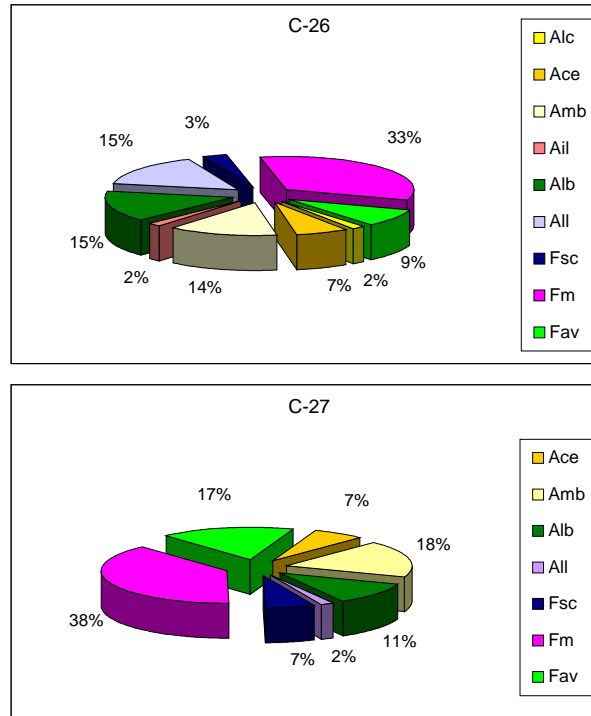


Figura 45. Porcentaje de las facies presentes en cada uno de los pozos objeto del estudio

6.5 ANÁLISIS DE REGISTROS ELÉCTRICOS

El análisis de los registros eléctricos se realizó para 9 pozos del Bloque I del Campo Colorado ubicados como se muestra en la Figura 15, orientando dos aspectos fundamentales, el primero concierne al amarre registro – roca para los núcleos descritos y el segundo corresponde a las correlaciones estratigráficas realizadas para la Formación Mugrosa.

La interpretación del ambiente depositacional puede realizarse de acuerdo a la forma del registro junto con la descripción del corazón, por ejemplo una forma de campana en la curva de potencial espontáneo (SP) indica depósitos de canal, que solo se puede comprobar con la información de los núcleos de perforación; aunque la forma del registro no es información suficiente para reflejar directamente los tipos de facies, es una herramienta a tener en cuenta especialmente cuando no se tienen núcleos en buen estado de preservación o si no los hay.

Las respuestas eléctricas pueden agruparse en los siguientes patrones:

- **Bloque o cilindro:** Indica secuencias arenosas, generalmente son los intervalos que presentan mayor espesor, los bloques se presentan aserrados producidos por intercalaciones arcillosas. Su contacto inferior es abrupto lo cual indica erosión, el superior puede ser abrupto o gradacional.
- **Campana:** Esta electroforma es particular de secuencias granodecrecientes. Su base es arenosa y hacia el tope gradada a litologías finas indicando una paulatina disminución en la energía del medio de depósito. El contacto inferior es abrupto y el superior gradacional.
- **Embudo:** Esta respuesta simboliza un aumento gradual en el tamaño de las partículas, desde lodos hasta arenas. Esta respuesta se muestra en depósitos de crevasse splay; su contacto inferior es gradacional y el superior es abrupto o a veces gradacional.

6.5.1 Amarre Registro – Roca. El amarre registro - roca se llevo a cabo en base a la interpretación del registro potencial espontáneo (SP), ya que con este se puede identificar litologías y permitía llevar a cabo la comparación entre este y la descripción sedimentológica.

Debido a que los núcleos descritos presentan mucha pérdida de información, la comparación se llevo a cabo por secciones, es decir la sección del núcleo descrito

y al frente la sección del registro que le corresponda teniendo en cuenta la profundidad.

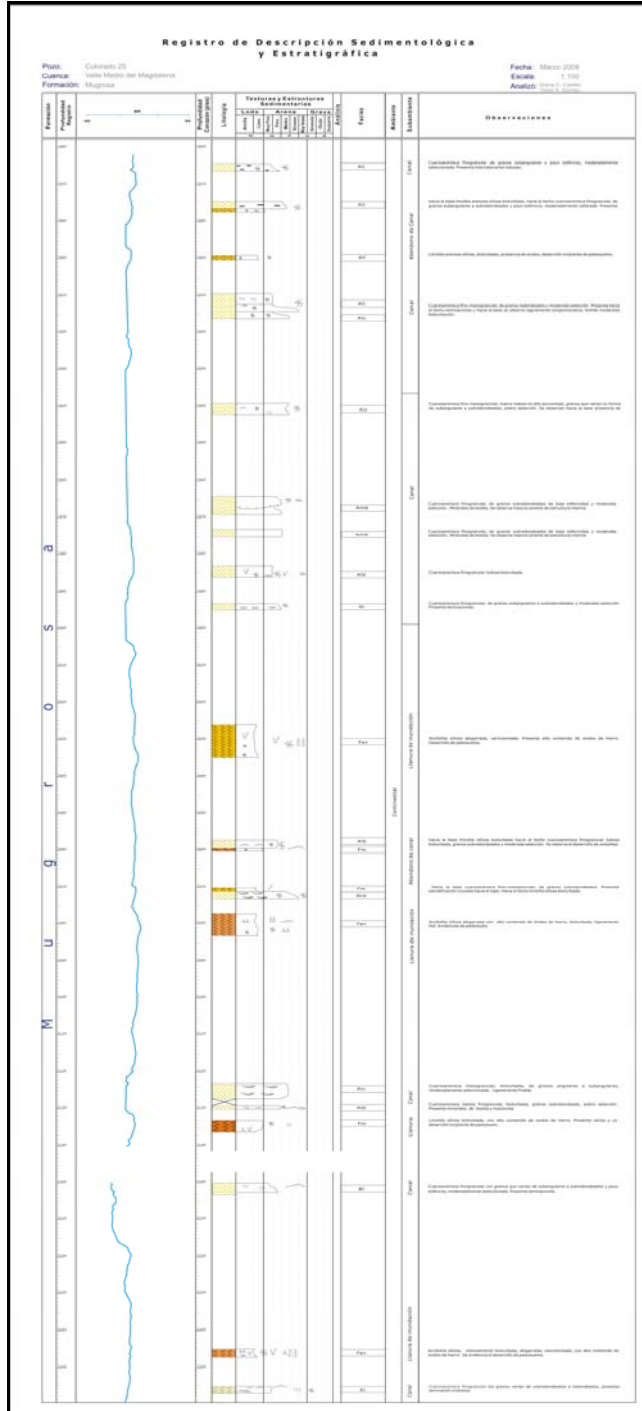


Figura 46. Amarre registro-roca Pozo C-26

En el anexo 1-3-4 se adjunta el amarre registro roca para los pozos C-21, C-25 y C-26. Para los pozos C-24 y C-27 no se realizo el amarre debido a la falta del registro SP (Potencial espontáneo).

7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

7.1 ASOCIACIONES FACIALES Y SUBAMBIENTES DE DEPÓSITO

La identificación de las facies y determinación de las asociaciones faciales permitieron interpretar el ambiente de depositación para la Formación Mugrosa en los pozos descritos (Tabla 6).

Tabla 6. Asociaciones faciales y ambientes de depositación

| Formación | Asociación facial | Facies | Características | Ambiente |
|-----------|-------------------|-------------------|---|-------------------|
| MUGROSA | 1 | Fav | Arcillolita varicoloreada | Flood Plain |
| | | Fsc | Limolita, Arcillolita Laminada | |
| | | Fm | Limolita, Arcillolita sin estructura interna bioturbada | |
| | | Alb | Arenisca lodosa bioturbada | |
| | 2 | Ail | Arenisca con intraclastos lodosos | Crevasse Splay |
| | | Ar | Arenisca con ripples | |
| | | All | Arenita limosa laminada | |
| | | Alb | Arenisca lodosa bioturbada | |
| | | Amb | Arenisca masiva bioturbada | |
| | 3 | Fsc | Limonita, Arcillolita Laminada | Abandono de Canal |
| | | All | Arenita limosa laminada | |
| | | Fm | Limolita, Arcillolita sin estructura interna bioturbada | |
| | 4 | Amb | Arenisca masiva bioturbada | Canal |
| | | Ar | Arenisca con ripples | |
| | | Ace | Arenisca con estratificación cruzada | |
| | | Alc | Arenisca ligeramente conglomerática | |
| Al | | Arenisca laminada | | |

En la Figura 47 se observa el porcentaje de distribución de las facies totales identificadas en cada uno de los pozos del Bloque I del Campo. En este diagrama se observa principalmente el predominio de las facies correspondientes a depósitos de llanura de inundación, las cuales fueron identificadas en todos los pozos analizados, esto evidencia un dominio notorio en la zona de estudio de este tipo de depósitos. Las facies de

canal y abandono canal representan los depósitos de interés en la zona y se encuentran en un porcentaje aceptable.

La descripción e interpretación de cada una de las asociaciones faciales se presentan a continuación.

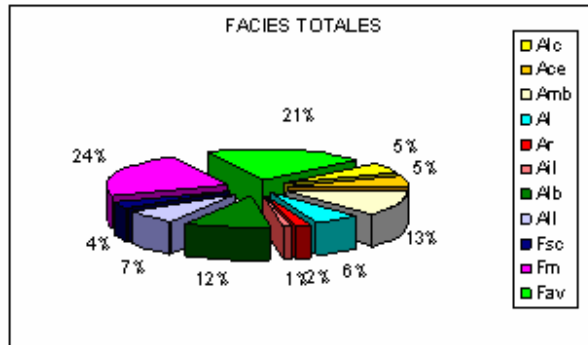


Figura 47. Porcentaje de distribución de facies totales en los pozos descritos y analizados del Bloque I del Campo Colorado

7.1.1 Asociación Facial 1 (Alc, Ace, Ar, Al, Amb). Esta asociación se interpretó como depósito de Canal. Son depósitos compuestos generalmente de material grueso que los ríos pueden mover o transportar durante los períodos de máxima competencia de las corrientes. Este material incluye gravas, troncos u otro material vegetal de grandes dimensiones, y lodo parcialmente consolidado que ha sido erosionado de las paredes del canal. Tienden a ser depósitos de forma lenticular, en donde lo más característico es la imbricación de clastos que presentan.

En este subambiente es característico encontrar cuarzoareniscas gruesas (Alc) a finas con estratificación cruzada mayoría de los casos (Ace). En ocasiones las areniscas de tamaño de grano fino a muy fino presentan ondulitas (Ar) o una clara laminación (Al), aunque en muchos casos no se observa estructura dentro de las areniscas (Amb). Las anteriores características sedimentológicas se desarrollan dentro de canales fluviales de moderada a alta sinuosidad.

Aunque las estructuras biogénicas encontradas dentro de las secuencias anteriormente descritas no son muy comunes, en las facies arenosas mas finas se identificaron thalassinoides y madrigueras no diferenciadas (Amb).

Además de estas secuencias también se encontraron intervalos arenosos sin cambios granulométricos apreciables pertenecientes a canales de menor espacio de acomodación de moderada a baja sinuosidad.

7.1.2 Asociación Facial 2 (All, Fsc, Fm). Esta asociación se interpreto como depósitos de abandono de canal y esta representada por el desarrollo de Arenita Limosa Laminada (All), Limolitas laminadas (Fsc) que en su gran mayoría exhiben laminación plana paralela continua inclinada a ondulosa, ondulitas y laminación convoluta, las cuales gradan con frecuencia a arcillolitas laminadas, es común observar en estas facies un alto grado de bioturbación, en la mayoría de los casos alterando las estructuras internas de las rocas (Fm)

7.1.3 Asociación Facial 3 (All, Ar, Amb, Alb, Ail). Esta asociación se interpretó como depósito de desborde de Canal (Crevasse Splay). Estos depósitos se generan cuando las aguas de la corriente principal logran romper los muros que la confinan, considerándose eventos de alta energía. La sedimentación por tracción y suspensión ocurre rápidamente cuando el agua cargada tanto con material grueso como fino, pierde su competencia en el transporte, dando como resultado depósitos gradados. Se identifica por exhibir intervalos arenosos de tamaño grueso a muy grueso con intervalos de tamaño fino, habitualmente granocrecientes al tope o areniscas sin tendencias granulométricas asociados a desbordes de los canales principales sobre la llanura de inundación. En general presenta contactos netos al tope y base con los materiales de la planicie aluvial.

Dentro de las estructuras físicas identificadas se destacan: laminación paralela continua (All), ondulitas (Ar), areniscas masivas bioturbadas (Amb), areniscas lodosas bioturbadas (Alb) y areniscas con intraclastos lodosos (Ail).

7.1.4 Asociación Facial 4 (Fm, Fsc, Alb, Fav). Se interpretó como depósito de llanura de inundación, el cual está constituido por sedimentos finos depositados por suspensión a partir de las aguas que inundan la planicie adyacente al canal. Estos depósitos tienden a desarrollar poco espesor, y comúnmente contienen grandes cantidades de material vegetal; así mismo, presentan una bioturbación moderada, con características de depositación por suspensión y de bajo régimen. Corresponde a intervalos de Arcillolitas y Limolitas de colores que varían de grises a verde oscuro, en la mayoría de los casos masiva (Fm) aunque ocasionalmente exhiben laminación plana discontinua y laminación ondulosa discontinua, laminación ondulosa continua inclinada, laminación convoluta y ripples (Fsc). Igualmente es frecuente la presencia de un moteamiento rojizo, debido al desarrollo de óxidos producto de exposición y al proceso incipiente de paleosuelos. En estas facies se presenta un alto

de grado de bioturbación (Alb) lo cual genera la destrucción parcial o total de las estructuras internas de las rocas.

Dentro de esta facies es común encontrar madrigueras no diferenciadas, raíces, ocasionales manchas de azufre y fragmentos de material carbonosos.

En general esta facies fue reconocida en todos los pozos descritos.

Asociadas a este tipo de depósitos es habitual encontrar facies de arcillolita varicoloreada (Fav) que es el resultado de la exposición subaérea de cualquiera de las facies anteriormente mencionadas. La alteración por procesos pedogénicos fue identificada en todos los pozos. Las características observadas especialmente en este tipo de facies fueron el color abigarrado con tonalidades grises, naranjas, violáceas, rojizas y amarillas, la friabilidad de la roca, el desarrollo de caliche y en algunos sectores yeso y la abundancia de raíces y de bioturbación no diferenciada.

7.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES GENERALES

La secuencia Terciaria corazonada en los pozos descritos del área del Bloque I del Campo Colorado se interpreta en general como depositada en un ambiente fluvial netamente continental, caracterizado por canales de baja a alta sinuosidad migrando sobre extensas llanuras de inundación, la cual presenta un alto índice de alteración a paleosuelos en los intervalos analizados (Figura 48).

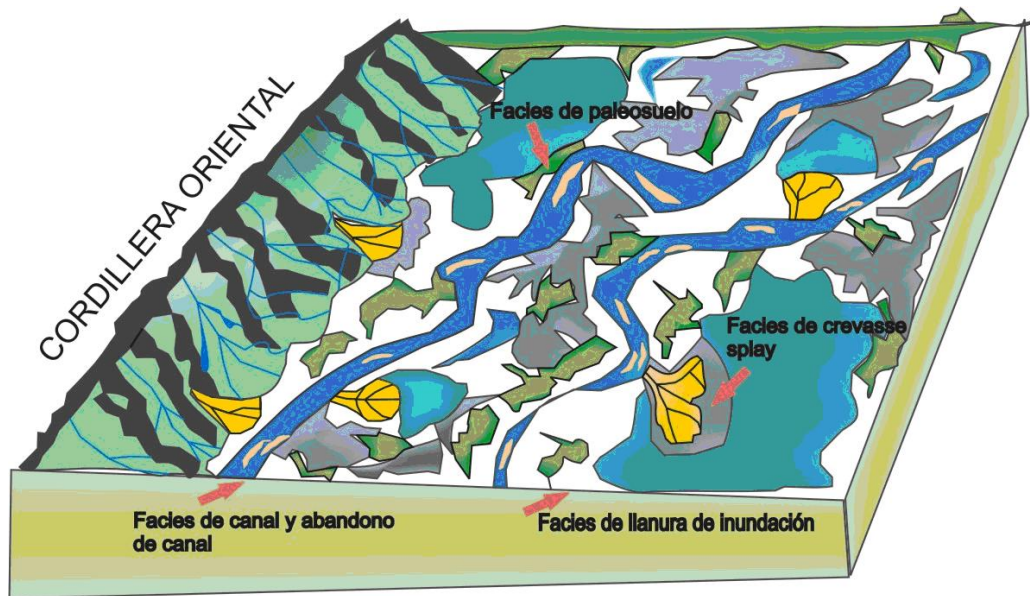


Figura 48. Bloque diagrama generalizado del ambiente de depósito de las asociaciones de facies encontradas.

En la Tabla 7 se presenta un resumen de los ambientes interpretados en cada uno de los pozos descritos.

Tabla 7. Resumen de las facies y ambientes interpretados en los pozos analizados

| Pozo | Pies Analizados | Facies | Ambiente |
|-------------|------------------------|--|---|
| Colo-0021 | 40 | Alc, Ace, Amb, Al, Ar, Ail, Alb, All, Fsc, Fm, Fav | Llanura de inundación, canales fluviales, paleosuelos y complejos de crevasse splay |
| Colo-0024 | 19 | Fav, Alb, Amb, Ar, , Ace, Ail, All | Arcillolita varicoloreada, llanura de inundación, complejos de crevasse splay y canales fluviales |
| Colo-0025 | 77 | Alc, Amb, Al, Alb, All, Fsc, Fm, Fav | Canales fluviales, Arcillolita varicoloreada, llanura de inundación y abandono de canal. |
| Colo-0026 | 46 | Alc, Ace, Ail, Amb, Alb, All, Fsc, Fm, Fav | Llanura de inundación, canales fluviales, abandono de canal y Arcillolita varicoloreada. |
| Colo-0027 | 50 | Ace, Amb, Alb, All, Fsc, Fm, Fav | Arcillolita varicoloreada, canales fluviales, llanura de inundación y complejos de crevasse splay |

7.3 INTERPRETACIÓN DE LAS CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Se realizaron dos correlaciones en sentido N-S (Figura 14) con el fin de ver la orientación de los canales y si están interconectados o no. Para este ítem se utilizó el registro de potencial espontáneo (SP) y se tomó como datum el tope de la Formación Mugrosa considerado buen marcador litológico. El número de correlaciones estuvo limitado, debido a la falta de registros para la mayoría de los pozos presentes en la zona de estudio.

7.3.1 Sección A-A' (Anexo 6). Esta conformada por los pozos C-28, C-24, C-21, C-19, C-38 y C-16. Se observa hacia las zonas de Mugrosa B1 y la zona Mugrosa C en general un buen desarrollo de arenas de canal, las cuales presentan una baja continuidad lateral y muy poco espesor, sin embargo hacia el tope de los pozos C-38 y C-16 aumenta el espesor de los canales. En estas zonas la presencia de complejos de crevasse splay es escasa. Hacia la zona de Mugrosa B2 se observa un mayor predominio de arcillas y un pobre desarrollo de canales, aunque el espesor de algunos de estos es mayor a los encontrados en las zonas anteriormente mencionadas.



Figura 49. Sección A-A'. Buen desarrollo de canales hacia las zonas Mugrosa B1 - Mugrosa C y pobre continuidad lateral. Predominio de arcillas y complejos de crevasse splay hacia la zona Mugrosa B2.

7.3.2 Sección B-B' (Anexo 7). Esta conformada por los pozos C-10, C-23 y C-26. En toda el área se observa un predominio de arcillas principalmente. Hacia la zona Mugrosa B1 en el pozo C-26 se presenta un desarrollo moderado de arenas de canal con pobre continuidad lateral. En la zona Mugrosa B2 se observa un predominio de arcillas y complejos de crevasse splay, hacia la base de la unidad hay un pobre desarrollo de arenas de canal con poca continuidad lateral. Hacia la zona Mugrosa C se observa un buen desarrollo de arenas de canal con moderada continuidad lateral y bajo espesor.

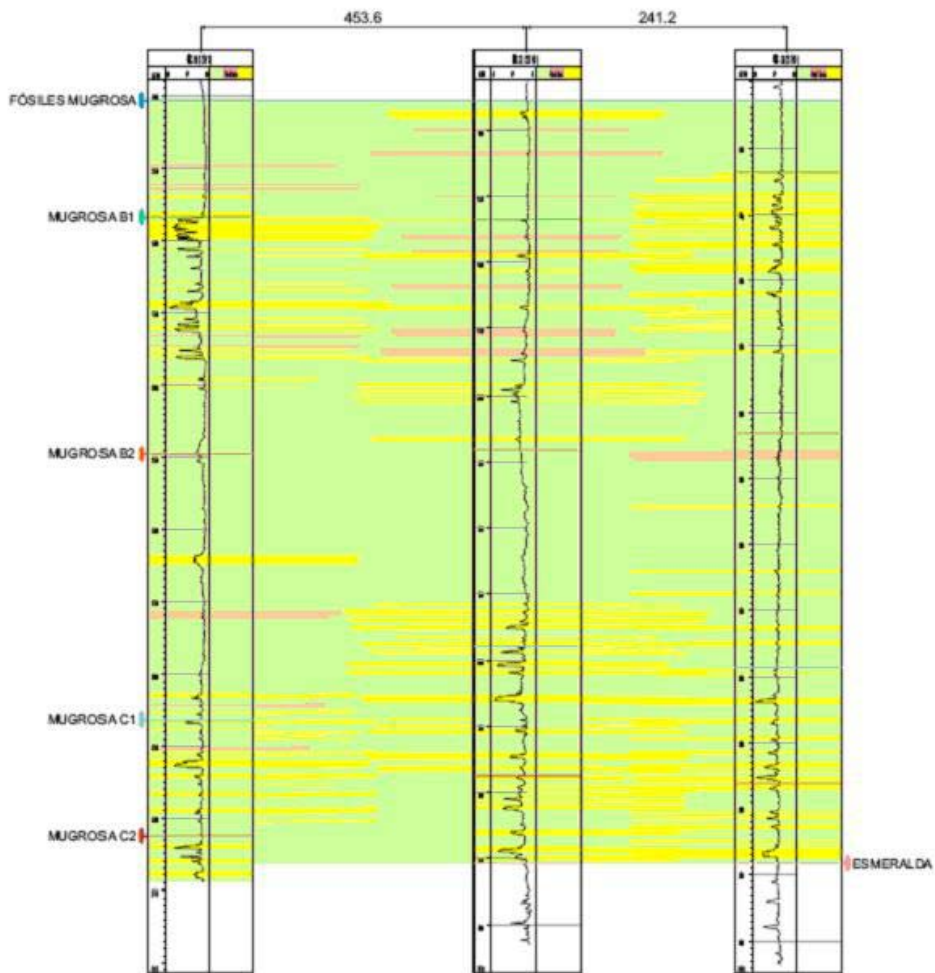


Figura 50. Sección B-B'. Pobre desarrollo de canales y pobre continuidad lateral. Predominio de arcillas y complejos de crevasse splay .

8. CONCLUSIONES

- A partir de la descripción sedimentológica de los pozos C-21, C-24, C-25, C-26 y C-27 para la Formación Mugrosa se pudo identificar en total 11 facies agrupadas en 4 asociaciones faciales: Amb, Ar, Ace, Alc, Al correspondientes a depósitos de canal, Fsc, All, Fm correspondientes a depósitos de abandono de canal, Ail, Ar, Alb, Amb, All correspondientes a depósitos de crevasse splay, y Fav, Fsc, Fm, Alb correspondientes a depósitos de llanura de inundación.
- Las once facies identificadas se interpretaron dentro de un ambiente fluvial de ríos meandriformes.
- En ningunos de los intervalos estudiados se observó saturación de aceite, probablemente por no haberse corazonado sectores saturados.
- En las correlaciones se observa mayor predominio de sedimentos finos hacia el tope de la Formación Mugrosa. En la zona Mugrosa B1 se observa un buen desarrollo de arenas de canal con pobre continuidad lateral y moderado espesor. Hacia la zona Mugrosa B2 se observa un predominio de arcillas y un pobre desarrollo de arenas de canal y hacia la zona Mugrosa C1-C2 se observa desarrollo de arenas de canal con moderada continuidad lateral.
- Las correlaciones permitieron identificar la continuidad y distribución de los cuerpos de arenas, los cuales son importantes porque permiten ver la dirección de los canales y ayudan al mejor desarrollo del campo.
- La distribución de las arenas de esta formación se desarrollan en un ambiente fluvial de corrientes meandriformes.
- Las 12 muestras de secciones delgadas analizadas para el Bloque I del Campo Colorado corresponden a arenitas con tamaño de grano variable desde arena muy fina hasta gránulo y lodolitas limo-arcillosas ligeramente arenosas.
- La selección cambia desde moderadamente sorteada (COLOR - 21/4285'5") hasta bien sorteada (COLOR - 25/2125'3" y COLOR - 4032'3"), con granos subredondeados a subangulares (sinsedimentarios) y contactos predominantemente longitudinales a tangenciales, ocasionalmente se observan contactos flotantes asociados a los sectores con mayor porosidad.

- En las muestras COLOR – 21 (4285'5"), COLOR – 24 (2526'5") y COLOR 25 (2057'10") se observan laminaciones de limo alternando con arena fina a muy fina.
- En todas las muestras de arenitas analizadas, el armazón está constituido principalmente por detritos de cuarzo monocristalino y policristalino y en menor proporción líticos sedimentarios, limo-arcillosos, ígneos volcánicos y metamórficos micáceos grafitosos.
- Como accesorios (inferiores 2%) es posible encontrar turmalina, zircón, leucoxeno y pirita.
- Las muestras que contienen líticos han presentado disolución y alteración generando una microporosidad intercrystalina adicional. Durante la diagénesis tardía eventos de micro-fracturamiento proveen una porosidad adicional de hasta un 1%.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **BADILLO, R.** (1996). Estudio petrológico de las Formaciones Mugrosa y Colorado del Campo La Cira, Valle Medio del Magdalena. Trabajo de grado inédito, Escuela de Geología, Facultad de Fisicoquímicas, Universidad Industrial de Santander.
- **BENDECK, J.** (1992). Perfiles Eléctricos, Una Herramienta Para la Evaluación de Formaciones. Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo. Bogotá.
- **BOGGS, J.** (2001). Principles of Sedimentology and Stratigraphy, Third Edition, Prentice hall, New Jersey.
- **CRUZ, G., CABALLERO, V. ALVAREZ, M.** (2002). Guía para la descripción de rocas sedimentarias en el terreno. Sedimentología, Prácticas de laboratorio, Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander.
- **DUQUE, C.** (2003). Informe Geológico Final Campo Colorado, Empresa Colombiana De Petróleos. Gerencia Magdalena Medio, ICP, Unión temporal Aip-Ansall.
- **ECOPETROL-EOS.** (2003). Cuarto informe de avance. División de Producción. Gerencia Centro Oriente. División de Opciones de Negocios de Crudo y Gas. Diagnostico, Análisis y Estrategias de Producción Preliminar Para el Campo Colorado.
- **EINSELE, G.** (1992): Sedimentary basins. Evolution, facies and sedimentary budget. Springer-Verlag, Berlín, 628 p.
- **FOLK, R.** (1974). Petrology of Sedimentary Rocks The University of Texas. P.182 Versión digital.
- **FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E.** (1978). Principles of sedimentology. Wiley 792 pags.
- **JULIVERT, M.** (1961). Las Estructuras del Valle Medio del Magdalena y Su Significación. Boletín de Geología, UIS, N°6. Bucaramanga. P. 33-51

- **MIALL, A.D.** (1995) Description and interpretation of fluvial deposits, a critical perspective, discussion. *Sedimentology*, v.42, p.379-384.
- **MIALL, A.D.** (1996) *The Geology of Fluvial Deposits; Sedimentary Facies, Analysis and Petroleum Geology*. Berlin, Springer – Verlag, p. 582.
- **MORALES, L.G., et al.,** (1958). General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. *Geología de Colombia*. "IN: Weeks, L.G. Habitat of Oil, 641-645. AAPG
- **NANZ R. H., WILSON B.W.** (1959) Sands Condition as Indicated by the Self-Potential Log. EPRM Memorandum Report 51, Shell Devenlopment Company, Huston, Texas.
- **PETTIJHON, F.J.** (1963). *Rocas Sedimentarias*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. P. 495
- **PIRSON, S. J.** (1967). *Geologic Well Log Analysis*. Gulf Publishing Company.
- **REYES, A.** (1997). Informe Geológico. Evaluación de Roca Almacenadora en los Sectores de Zarzalito y Playón. Estratigrafía – Instituto Colombiano del Petróleo. ICP.
- **SANTOS N.** (2004). Definición de Objetos de Los Sistemas Fluviales en el Desarrollo de Modelos de Objetos Para la Caracterización de Yacimientos Complejos. (Fase I). American Geoexploration. Bucaramanga.
- **TABORDA, B.** (1965). *The Geology of The De Mares Concession*. Geological Field Trips Colombia. P.325-349
- **VALENCIA & CASTRO.** (1979). Revisión Geológica del Campo Colorado. Empresa colombiana de petróleos.
- **WALKER R.G.** (1976) Facies models 3. Sandy fluvial systems: *Geoscience Canada*, v. 3, p. 101 – 109.
- **W.C, KRUMBEIN., L.L, SLOSS** (1963). *Stratigraphy and Sedimentation*, Second Edition, Ed. Freedman, San Francisco.

Anexo 2. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo C-24

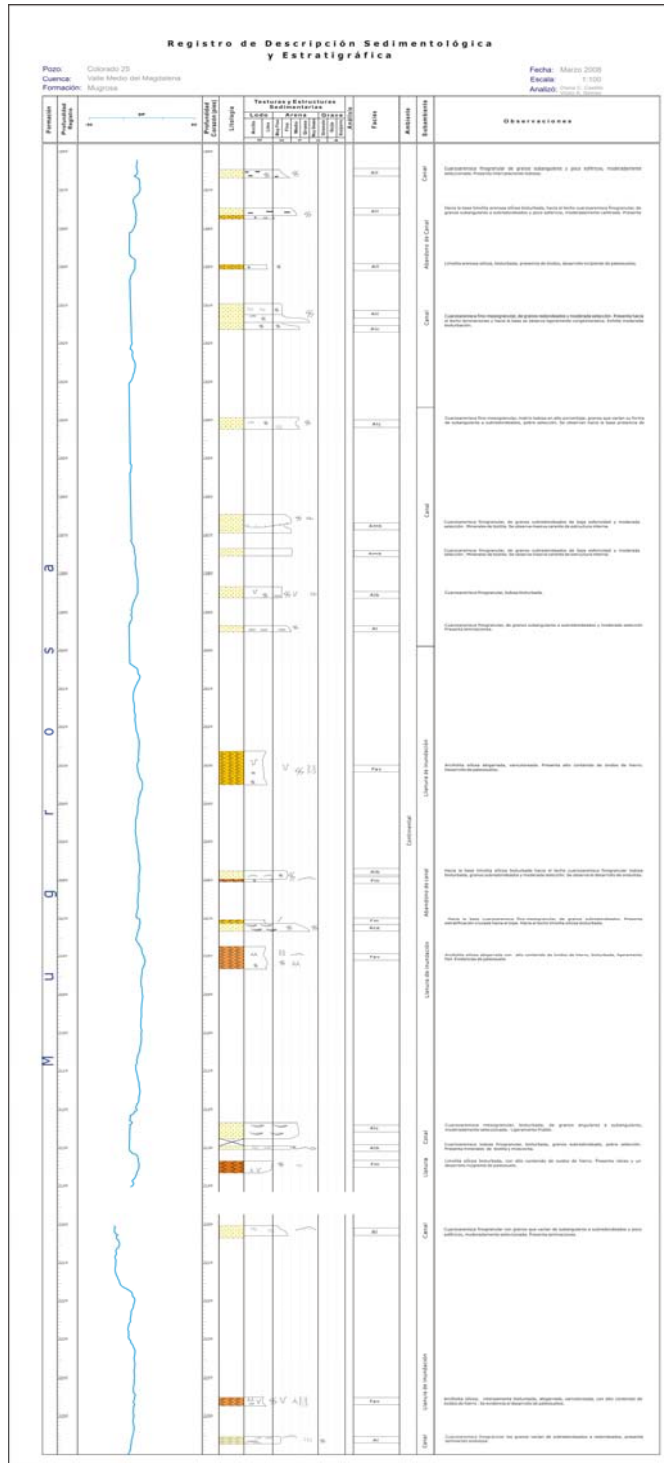
Registro de Descripción Sedimentológica y Estratigráfica

Pozo: Colorado 24
 Cuenca: Valle Medio del Magdalena
 Formación: Mugrosa

Fecha: Marzo 2008
 Escala: 1:100
 Analizó: Diana C. Castillo
 Víctor A. Gomez

| Formación | Profundidad Corazón (pies) | Litología | Texturas y Estructuras Sedimentarias | | | | | | Análisis | Facies | Ambiente | Subambiente | Observaciones | | |
|------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|---------------|-----------|-------------|---------------|----------|-------------|-----------------------|---|---------------|----------|---|
| | | | Lodo | | Arena | | Grava | | | | | | | | |
| | | | Arcilla M | Limo W | Muy Fino P | Fino G | Grueso G | Gravilla B | | | | | | Guijarro | |
| MUGROSA | 2130 | | | | | | | | | Continental | Llanura de inundación | Hacia la base cuarzoarenisca lodosa finogranular; bioturbada, granos subredondeados-subesféricos, pobre selección, hacia el techo arcillolita varicoloreada, abigarrada. Presenta alto grado de alteración y bioturbación, alto contenido de óxido de hierro. | | | |
| | 2140 | | | | | | | | Fav | | | | | | |
| | 2143 | | | | | | | | Alb | | | | | | |
| | GAP DE 381 PIES | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2520 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2524 | | | | | | | | | | | Amb | | | Cuarzoarenisca fino-mesogranular, bioturbada, de granos subangulares y moderadamente seleccionada. Presenta ripples, localmente se observan intraclastos de material lodoso y ocasionales lentes de siderita. |
| | 2530 | | | | | | | | | | | Ar | | | |
| | 2533 | | | | | | | | | | | Fav | | | Arcillolita silicea, abigarrada, varicoloreada. Presenta alto grado de alteración y alto contenido de óxidos. Evidencias de paleosuelos. |
| | GAP DE 946 PIES | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3480 | | | | | | | | | | | Alb | | | |
| | 3483 | | | | | | | | | | | Ace | | | Cuarzoarenisca lodosa bioturbada finogranular, de granos subangulares y de baja esfericidad, pobremente seleccionada. Localmente presenta relictos de estratificación |
| | 3487 | | | | | | | | | | | Alb | | | |
| GAP DE 488 PIES | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3970 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3976 | | | | | | | | | Alb | | | Cuarzoarenisca lodosa finogranular, laminada, de granos subangulares y pobre selección. Presenta locales fragmentos de material carbonoso. | | | |
| 3979 | | | | | | | | | Al | | | | | | |
| 3980 | | | | | | | | | | | | | | | |
| GAP DE 30 PIES | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4010 | | | | | | | | | Al | | | Cuarzoarenisca finogranular, laminada, granos subangulares, moderada selección. Presenta desarrollo moteado de óxidos de hierro. | | | |
| 4018 | | | | | | | | | Fav | | | Limolita silicea, abigarrada, varicoloreada, alto grado de alteración. Evidencias de paleosuelos. | | | |

Anexo 3. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo C-25



Anexo 5. Registro de descripción sedimentológica y estratigrafía del pozo C-27

| Registro de Descripción Sedimentológica y Estratigráfica | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------------------------------------|------|-------|------|-------|------|--------|---|---------------|
| Profundidad (pies) | Fonología | Texturas y Estructuras Sedimentarias | | | | | | Facies | Ambiente | Observaciones |
| | | Lodo | | Arena | | Grava | | | | |
| | | Medio | Fino | Medio | Fino | Medio | Fino | | | |
| 1440 | | | | | | | | | Limolita arcillosa, silicea, laminada. | |
| 1440-1450 | | | | | | | Fm | | | |
| 1450 | | | | | | | | | | |
| 1450-1460 | | | | | | | Fm | | Curiosamente frotagranular, botulada, de grano subanguloso y poco esférico, moderadamente seleccionada. Presenta lentos de material laboso. | |
| 1460 | | | | | | | | | Limolita silicea, hacia el topé masiva y friable hacia la base. | |
| 1460-1470 | | | | | | | Fm | | | |
| 1470 | | | | | | | | | | |
| 1470-1480 | | | | | | | Fm | | Limolita silicea, hacia el topé masiva ; hacia la base se encuentra aligerada | |
| 1480 | | | | | | | | | | |
| 1480-1490 | | | | | | | Fm | | Limolita silicea, aligerada, friable. Presenta alto grado de botuladura y abundante contenido de inclusiones en la superficie. | |
| 1490 | | | | | | | | | | |
| 1490-1500 | | | | | | | Fm | | Arcilolita silicea, aligerada, friable. Se observa el desarrollo de paleosuelos. | |
| 1500 | | | | | | | | | | |
| 1500-1510 | | | | | | | Fm | | | |
| 1510 | | | | | | | | | | |
| 1510-1520 | | | | | | | Fm | | Limolita arenosa, laminación plana paralela. | |
| 1520 | | | | | | | | | | |
| 1520-1530 | | | | | | | Fm | | | |
| 1530 | | | | | | | | | | |
| 1530-1540 | | | | | | | Fm | | Arenosa frotagranular, clasto heterométrica, de grano subanguloso, aligerado y moderada selección. Presenta intercalaciones de material de lodo y turbidación. | |
| 1540 | | | | | | | | | Hacia la base limolita silicea, aligerada, con moderado grado de alteración y botuladura. Hacia el topé curiosamente botulada frotagranular, de grano subanguloso, subanguloso y moderada selección. Presenta laminación | |
| 1540-1550 | | | | | | | Fm | | | |
| 1550 | | | | | | | | | | |
| 1550-1560 | | | | | | | Fm | | Arcilolita silicea, aligerada, varicostreada. Presenta alto grado de botuladura y alteración. Evidencias de paleosuelo. | |
| 1560 | | | | | | | | | | |
| 1560-1570 | | | | | | | Fm | | Curiosamente botulada fino-mesogranular, de grano subanguloso y mucho arcilloso, mal catada. Incluye marcos de insectos, botas aligeradas, se observan presente friable hacia la base y masiva hacia el topé. Se observan | |
| 1570 | | | | | | | | | | |
| 1570-1580 | | | | | | | Fm | | Arcilolita silicea, aligerada, varicostreada. Alto grado de botuladura y alteración. Evidencias de paleosuelo. Presenta desarrollo de yeso. | |
| 1580 | | | | | | | | | | |
| 1580-1590 | | | | | | | Fm | | | |
| 1590 | | | | | | | | | | |
| 1590-1600 | | | | | | | Fm | | Interacción de curiosamente frotagranular hacia el topé y base del intervalo, de grano subanguloso y moderada selección. Incluye botuladura con presencia de madrigueras indiferenciadas. Presenta marcos de moscovita, botas, abundantes ooides de hierro y fracturas columnares de sílice. Hacia la mitad del intervalo se observa Limolita arenosa silicea, de tonos de grises | |
| 1600 | | | | | | | | | | |
| 1600-1610 | | | | | | | Fm | | Limolita arenosa. Presenta marcos de moscovita, botas y abundantes ooides de hierro. Exhibe laminación paralela discontinua. | |
| 1610 | | | | | | | | | | |
| 1610-1620 | | | | | | | Fm | | Hacia la base limolita arenosa, silicea. Presenta marcos de botas y moscovita. Hacia el topé curiosamente fino-mesogranular, botulada, de grano | |
| 1620 | | | | | | | | | | |
| 1620-1630 | | | | | | | Fm | | Hacia la base curiosamente loda fino-mesogranular, de grano subanguloso y moderadamente catada. Presenta intercalaciones aligeradas, catadamente distribuidas. Presenta lentos de laminación. Hacia el topé limolita arenosa, silicea, botulada con alto contenido de ooides. | |
| 1630 | | | | | | | | | | |
| 1630-1640 | | | | | | | Fm | | Limolita arcillosa, silicea, aligerada. Presenta alto grado de botuladura y alteración. Desarrollo incipiente de paleosuelo. | |
| 1640 | | | | | | | | | | |
| 1640-1650 | | | | | | | Fm | | Curiosamente fino-mesogranular, de grano subredondeado y moderada selección. Presenta lentos de oxidación. | |
| 1650 | | | | | | | | | | |
| 1650-1660 | | | | | | | Fm | | Hacia la base curiosamente frotagranular, de grano subesférico, subredondeado y moderadamente catada. Presenta marcos de botas, moscovita y lentos de estratificación cruzada. Hacia el topé limolita arcillosa silicea, friable hacia el topé y de apariencia masiva hacia la base, alto grado de | |
| 1660 | | | | | | | | | | |
| 1660-1670 | | | | | | | Fm | | Curiosamente frotagranular, moderadamente seleccionada. Presenta estratificación cruzada. | |
| 1670 | | | | | | | | | | |
| 1670-1680 | | | | | | | Fm | | Curiosamente frotagranular, de grano subredondeado, bien seleccionada. Presenta abundante contenido de arcillas expansivas y alto grado de | |
| 1680 | | | | | | | | | | |
| 1680-1690 | | | | | | | Fm | | Limolita arenosa frotagranular silicea, de color gris oscuro; presenta laminación discontinua. | |
| 1690 | | | | | | | | | | |
| 1690-1700 | | | | | | | Fm | | Arcilolita silicea, aligerada, varicostreada. Presenta alto grado de alteración y botuladura indiferenciada y raras hacia la base | |
| 1700 | | | | | | | | | | |
| 1700-1710 | | | | | | | Fm | | Curiosamente loda frotagranular, de grano subredondeado de color gris con ooides diseminados. Exhibe bastante masiva y contenido de estructura interna. Se observa alto grado de botuladura y madrigueras no diferenciadas. | |

Anexo 7. Correlación B-B'

