

**CORRELACIONES Y PALEOGEOGRAFÍA DEL CRETÁCICO SUPERIOR A  
OLIGOCENO ENTRE LA SUB CUENCA YARÍ – CAGUÁN Y LAS CUENCAS  
LLANOS Y PUTUMAYO, COLOMBIA.**

**JOSE RICARDO SANDOVAL RUIZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
MAESTRIA EN GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2016**

**CORRELACIONES Y PALEOGEOGRAFÍA DEL CRETÁCICO SUPERIOR A  
OLIGOCENO ENTRE LA SUB CUENCA YARÍ – CAGUÁN Y LAS CUENCAS  
LLANOS Y PUTUMAYO, COLOMBIA.**

**JOSÉ RICARDO SANDOVAL RUIZ**

**Monografía para optar al título de Magister en Geología**

**DIRECTOR**

**ANDRES ROBERTO MORA BOHORQUEZ**

**PHD. en Geología**

**CO-DIRECTOR**

**GIOVANNY JIMENEZ DIAZ**

**PHD. en Geología**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
MAESTRIA EN GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	14
1. ÁREA DE ESTUDIO	15
1.1 INTRODUCCIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO	15
1.2 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	18
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.4 OBJETIVOS	25
1.5 METODOLOGÍA	26
2. MARCO GEOLÓGICO	55
2.1 GEOLOGIA GENERAL Y EVOLUCIÓN.	55
3. RESULTADOS	59
3.1 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	59
3.1.1 Suroccidente de cuenca llanos y norte de serranía de la macarena.	59
3.1.2 Sur de la Serranía de la Macarena y subcuenca Yari-Caguán.	81
3.1.3 Norte de la Cuenca de Putumayo	89
3.2 CORRELACIONES	95
3.3 EVOLUCIÓN DE BARRERAS ENTRE CUENCAS	117
3.4 PALEOGEOGRAFÍA	126
4. CONCLUSIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	150

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa con la ubicación del área de estudio. Sombreado rojo, Sub Cuenca Yará – Caguán, área foco del presente estudio, sombreado amarillo, Sur Cuenca Llanos, Sombreado Verde, Norte de la Cuenca Putumayo.	16
Figura 2. Carta de correlación estratigráfica propuesta en el presente estudio. El recuadro negro punteado ubica la sección estratigráfica de interés y las flechas rojas relacionan las diferentes nomenclaturas usadas en la Sub Cuenca Yará – Caguán, las cuales son heredadas de las áreas adyacentes según su ubicación.	17
Figura 3. Mapa de anomalía de Bouger total. Se observa las barreras entre cuencas, límites propuestos en el área de estudio y los pinchamientos conceptuales para el Cretácico, Paleoceno y Eoceno, basados en los límites conocidos en Cuenca Llanos. Se presenta un análisis rápido de la temporalidad relativa del levantamiento de la Serranía de la Macarena basado en el análisis de las relaciones de corte y cuñas de crecimiento de los sedimentos.	22
Figura 4. Mapa de rezumaderos y análisis de relaciones de crudos entre cuencas a partir de biomarcadores. Se observa una distribución conceptual de los dominios de alto y bajo API en cada una de las áreas de interés y las tendencias de biodegradación de los crudos.	24
Figura 5. Mapa con la ubicación de las áreas, secciones estratigráficas y pozos donde se contará con nueva información litológica y bioestratigráfica para integrar durante el desarrollo del presente estudio.	41
Figura 6. Flujo de trabajo integrado para el desarrollo de un marco cronoestratigráfico usando información lito estratigráfica, bioestratigráfica y sísmica.	45
Figura 7. Biozonación base para la definición de edades en el cretácico superior y elaboración del marco cronoestratigráfico.	46

Figura 8. Correlación entre los pozos Chichimene-5, Humadea-1, Coronado-1, Cristal 1y Arama -1 ubicados en el suroccidente de Cuenca Llanos.	48
Figura 9. Ambientes tectónicos generados a partir de los diagramas QFL de Dickinson (1985). Q=cuarzo total; F=feldespatos totales; L=fragmentos líticos totales (L=Lv+Ls).	51
Figura 10. Se observa la ubicación de las muestras de AFTA donde fue posible la recuperación de apatitos y las muestras donde se obtuvieron datos de Ro.	53
Figura 11. Columna estratigráfica, Quebrada Esmeraldas, Cubarral , Meta.	62
Figura 12. Afloramiento de la Formación Guadalupe. Quebrada Aguas Claras.	65
Figura 13. Correlación, pozos CPO-16 ST-1 y CPO-16 ST-5, norte de la Serranía de la Macarena.	67
Figura 14. Columna estratigráfica compuesta quebrada Aguas Claras – quebrada Perro loco. Principales características litológicas de las Formaciones Barco, Cuervos, Mirador Inferior y Mirador superior.	69
Figura 15. Afloramiento de la Formación Barco. Quebrada Aguas Claras.	71
Figura 16. Contacto transicional entre la Formaciones Barco y Cuervos. Quebrada Aguas Claras.	72
Figura 17. Formación Cuervos. Quebrada Aguas Claras.	74
Figura 18. Contacto erosivo Paleoceno Tardío – Eoceno Medio. Quebrada Aguas Claras.	75
Figura 19. Conglomerado Basal, Eoceno Medio (Mirador inferior). Quebrada Perro loco.	77
Figura 20. Areniscas conglomeraticas, Eoceno Medio (Mirador inferior). Quebrada Perro loco.	78
Figura 21. Areniscas glauconitas y bioturbadas, Eoceno Medio (Mirador Superior). Quebrada Perro loco.	80
Figura 22. Arcillolitas fisiles, Eoceno Medio (Mirador Superior – Carbonera C8). Quebrada Perro loco.	81
Figura 23. Cretácico Superior y base del Eoceno Medio, Columna estratigráfica Uribe 1, La Uribe, Meta.	82

Figura 24. Correlación entre el sector norte y sur de la Serranía de la Macarena. Columna estratigráfica La Recebera y Columna compuesta Macarena Sur.	85
Figura 25. Eoceno Medio, Columna estratigráfica Uribe 1, La Uribe, Meta.	88
Figura 26. Comparación de características Litológicas. Columnas estratigráficas Las Doradas, El Cóndor, Rio Orteguaza y Las Pavas, Norte de la Cuenca de Putumayo y columna estratigráfica Las Lajas, Sur de la Sub Cuenca Yarí-Caguán.	91
Figura 27. Correlación (NE-SO) entre pozos Humadea-1 y Cristal-1 ubicados al Suroccidente de Cuenca Llanos, Uribe-1 ubicado al norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán y Payara-1 ubicado en el centro norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán.	99
Figura 28. Correlación (N-S) Entre Suroccidente de Cuenca Llanos y Serranía de la Macarena	104
Figura 29. Correlación (NO-SE) entre Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Norte y Centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán y Paleoalto de Florencia.	105
Figura 30. Correlación (NE-SO) entre el sector norte y centro de la Cuenca de Putumayo.	108
Figura 31. Correlación (NO-SE). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yarí-Caguán, Paleoalto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo.	111
Figura 32. Correlación (N-S) Sector de Acacias, Rio Ariari y Norte de Serranía de la Macarena	113
Figura 33. Correlación (NE-SO). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yarí-Caguán, Paleoalto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo. Sección Paleógeno. Datum Oligoceno Temprano.	116
Figura 34. Carta Cronolitoestratigrafica entre el suroccidente de Cuenca Llanos, la Sub Cuenca Yarí-Caguán y el área norte de la Cuenca de Putumayo.	117
Figura 35. Correlación (NE-SW). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yarí-Caguán, Paleoalto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo. A) Datum Turoniano. B) Datum Oligoceno.	119

Figura 36. Sección Sísmica Compuesta (SO-NE). Terminaciones en Onlap de las series Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno Medio contra el Paleotallo de Florencia.	120
Figura 37. Mapa de ubicación de los modelos realizados para las muestras de AFTA en Cordillera Central y el flanco oeste del Macizo de Garzón.	122
Figura 38. Mapa de ubicación de los modelos realizados para las muestras de AFTA de la zona norte de la serranía de la Macarena, sur de la Serranía de La Macarena y el sector de San Vicente del Caguán.	124
Figura 39. Mapa estructural al tope del Basamento entre el Sur de Cuenca Llanos y Norte de Cuenca de Putumayo. A) Mapa con deformación actual. B) Mapa restaurado previo a la deformación Miocena.	125
Figura 40. Correlación (NO-SE) de facies y ambientes de depósito. Suroccidente de Cuenca Llanos, Norte de la Serranía de la Macarena y Sur de la Serranía de la Macarena.	128
Figura 41. Correlación (NE-SO) de facies y ambientes de depósito. Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.	131
Figura 42. Correlación (NE-SO) composición de las rocas y relación con las fuentes de aporte según Dickinson y Suckez, 1985. Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.	132
Figura 43. Correlación (NE-SO) Cambios generales del tamaño de grano (relaciones laterales y verticales). Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.	133
Figura 44. Mapa de pinchamientos, Cretácico Superior, Paleoceno, Eoceno Medio y Eoceno tardío. Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.	134
Figura 45. Cenomaniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	138
Figura 46. Turoniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	139

Figura 47. Santoniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	140
Figura 48. Paleoceno Medio. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	141
Figura 49. Paleoceno Tardío. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	142
Figura 50. Eoceno Medio. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	143
Figura 51. Eoceno Tardío. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.	144

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Relación de pozos y columnas estratigráficas utilizadas en este trabajo. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.	27
Tabla 2. Inventario de la información de roca utilizada en desarrollo del estudio. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.	35
Tabla 3. Inventario de la información sísmica existente en el área de estudio. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.	38
Tabla 4. Formato base para descripción y estandarización de las descripciones macroscópicas de roca.	43
Tabla 5. Formato base para descripción y estandarización de las descripciones microscópicas de roca.	43
Tabla 6. Determinación de la procedencia y ambiente tectónico a partir de la composición QFL de las areniscas.	50

## RESUMEN

**TITULO:** CORRELACIONES Y PALEOGEOGRAFÍA DEL CRETÁCICO SUPERIOR A OLIGOCENO ENTRE LA SUB CUENCA YARÍ – CAGUÁN Y LAS CUENCAS LLANOS Y PUTUMAYO, COLOMBIA.\*

**AUTOR:** JOSE RICARDO SANDOVAL RUIZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Cuenca Llanos, Sub Cuenca Yarí-Caguán, Cuenca de Putumayo, Serranía de la Macarena y Paleoalto de Florencia..

### DESCRIPCIÓN:

La reconstrucción de la evolución sedimento-estratigráfica de la sección Cretácico Superior a Oligoceno entre la sub Cuenca Yarí – Caguán y las Cuencas Llanos y Putumayo permitió identificar los periodos de tiempo de conexión y desconexión entre las diferentes Cuencas.

Durante el Cretácico superior la Sub Cuenca Yarí-Caguán fue una extensión de la Cuenca Llanos. La “Serranía de la Macarena” fue un alto estructural de expresión menor que no limitó la acumulación de sedimentos, la cual se dio de manera continua desde la Cuenca Llanos hasta el sector Centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán. El Paleoalto de Florencia ejerció como barrera, limitando la conexión entre la Sub Cuenca Yarí-Caguán y la Cuenca de Putumayo.

Durante el Paleoceno Temprano se identifica un evento erosivo regional. La erosión se extiende hasta el Eoceno Medio en la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán. La sección Paleoceno se reconoce en el Suroccidente de la Cuenca Llanos hasta el sur de la región de Río Ariari. En el norte de la Cuenca de Putumayo la sección Paleoceno está limitada por el Paleoalto de Florencia.

Durante el Eoceno Temprano se reconoce un segundo evento erosivo regional y otro evento menor de levantamiento de la Serranía de la Macarena. Durante este periodo de tiempo se formó el paleorelieve que controla la depositación del Eoceno Medio. Durante el Eoceno Temprano el paleoalto de Florencia continúa como una barrera que separa la Sub Cuenca Yarí-Caguán y el norte de la Cuenca de Putumayo.

El Eoceno Medio es el primer registro de roca que se extiende de manera continua desde la Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo. La influencia ejercida por la Serranía de la Macarena y el Paleoalto de Florencia es barrada y solo afecta en menor medida el espesor de este intervalo.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas Escuela de Geología Maestría en Geología Director PHD. Andres Roberto Mora Bohorquez Co-Director PHD. Giovanni Jimenez Diaz

## ABSTRACT

**TITLE:** CORRELATIONS AND PALEO GEOGRAPHY OF THE TOP OLIGOCENE CRETACEAN BETWEEN THE SUBARBAN YARÍ - CAGUÁN AND THE LLANOS CUENCAS AND PUTUMAYO, COLOMBIA.\*

**AUTHOR:** JOSE RICARDO SANDOVAL RUIZ\*\*

**Key words.** Llanos Basin, Yarí-Caguán sub-basin, Putumayo Basin, Serrania de la Macarena and Florencia paleohigh. DESCRIPCIÓN:

The reconstruction of the sediment-stratigraphic evolution of the Upper Cretaceous to Oligocene section between the Yarí-Caguán sub-basin and the Llanos and Putumayo Basins allowed to identify the periods of connection and disconnection between the different basins.

During the Upper Cretaceous, the Yarí-Caguán sub-basin was an extension of the Llanos Basin. The "Serranía de la Macarena" was a minor expression paleohigh that didn't limit the sediment accumulation, which was given continuously from the Llanos Basin to the Central sector of the Yarí-Caguán Sub-Basin. The Florencia paleohigh served as a barrier, limiting the connection between the Yarí-Caguán Sub Basin and the Putumayo Basin.

During the Early Paleocene, a regional erosion event is identified. Erosion extends to the Middle Eocene in the Serranía de la Macarena and the Yarí-Caguán Sub-basin. The Paleocene section is recognized in the Southwest of the Llanos Basin to the south of the Ariari River region. In the north of the Putumayo Basin the Paleocene section is bounded by the Florencia paleohigh.

During the Early Eocene a second regional erosion event is recognized and another minor event of uplift of the Serrania de la Macarena. During this period the paleorelief was formed that controls the deposition of the Middle Eocene. During the Early Eocene the Florencia paleohigh continues as a barrier that separates the Yarí-Caguán Sub-basin and the north of the Putumayo Basin.

The Middle Eocene is the first rock that extends continuously from the Llanos Basin to the Putumayo Basin. The influence exerted by the Serrania de la Macarena and the Paleohigh of Florence is erased and only affects the thickness of this interval.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Physical Chemical Engineering School of Geology Master of Geology Director PHD. Andres Roberto Mora Bohorquez Co-Director PHD. Giovanni Jimenez Diaz

## INTRODUCCIÓN

El area de estudio integra el área suroccidental de la Cuenca Llanos, la Sub Cuenca Yari-Caguan y el Norte de la Cuenca de Putumayo. El intervalo estratigrafico de interés se extiende desde el Cretacico Superior al Oligoceno.

Estudiar los periodos de conexión y desconexión entre la Sub Cuenca Yari-Caguan y las Cuencas adyacentes Llanos y Putumayo, permite extender conceptos de evolución y desarrollo de los sistemas petrolíferos en Cuencas con mayor nivel de conocimiento.

La Serranía de la Macarena y el Paleohito de Florencia han ejercido como barreras del proceso sedimentario en diferentes periodos de tiempo desde el Cretacico Superior al Oligoceno.

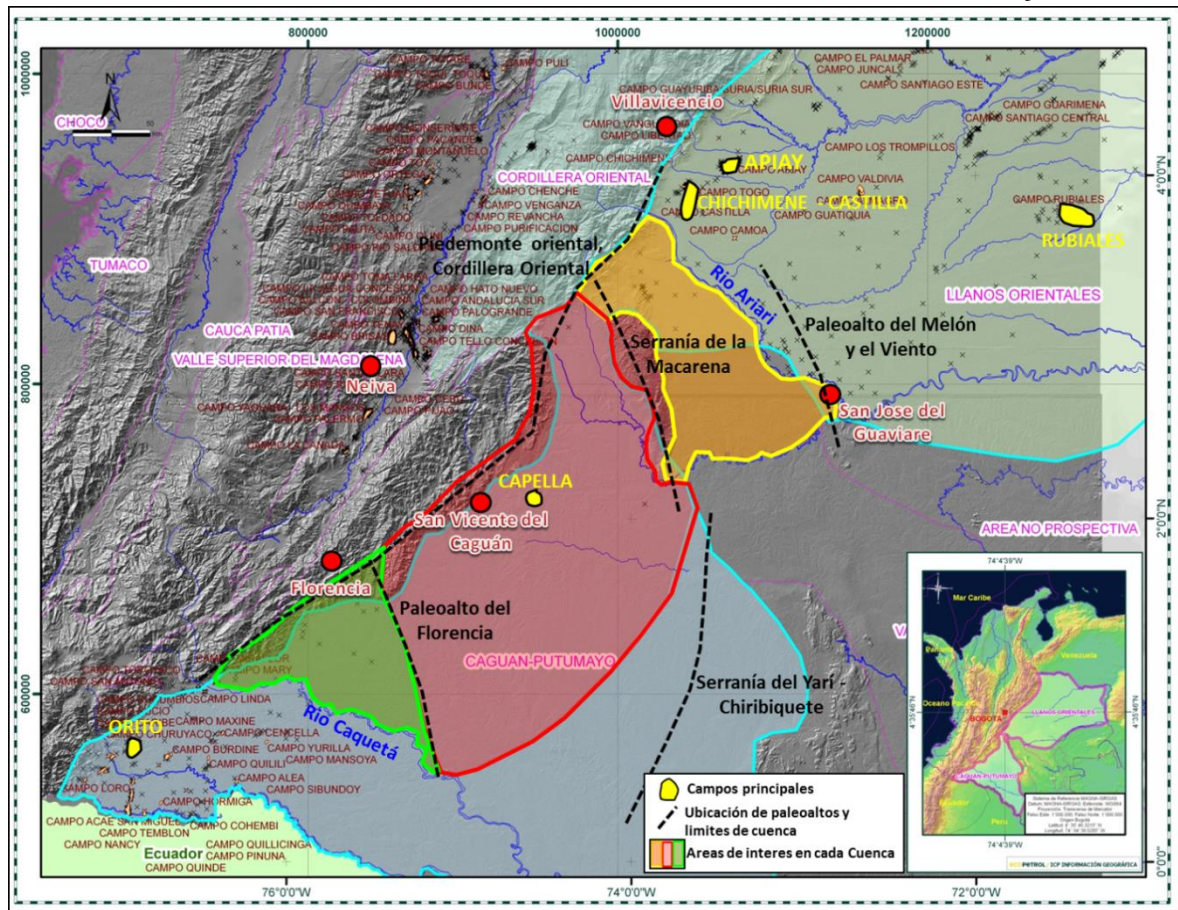
La integración de diversos datos geológicos enfocados a entender el desarrollo del proceso sedimentario y la evolución de las barreras entre Cuencas permite sugerir sobreposición de eventos de evolución que favorece la conexión entre Cuencas en momentos claves de los periodos de expulsión de hidrocarburos. Entre las Cuenca Llanos y la Sub Cuenca Yari-Caguan se identifica periodos de conexión que permite explicar posible rutas de migración de hidrocarburos.

## **1. ÁREA DE ESTUDIO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se extiende desde el sur occidente de la Cuenca Llanos hasta el Norte de la Cuenca Putumayo. El área está limitada al Noreste por el paleoalto del Melón y El Viento en la Cuenca Llanos, al Oeste por el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, la Serranía del Yarí y Chiribiquete al Este y el flanco Sur Occidental del paleoalto de Florencia en el extremo sur. Geográficamente el área se limita entre los ríos Ariari, al norte, en el departamento del Meta, y el Rio Caquetá, al sur, en límites entre los departamentos de Caquetá y Putumayo. En la figura 1 se observan las áreas de interés, de recuadro naranja el sector sur-occidente de Cuenca Llanos, la Sub Cuenca Yarí – Caguán en recuadro rojo y en verde el sector norte de la Cuenca Putumayo.

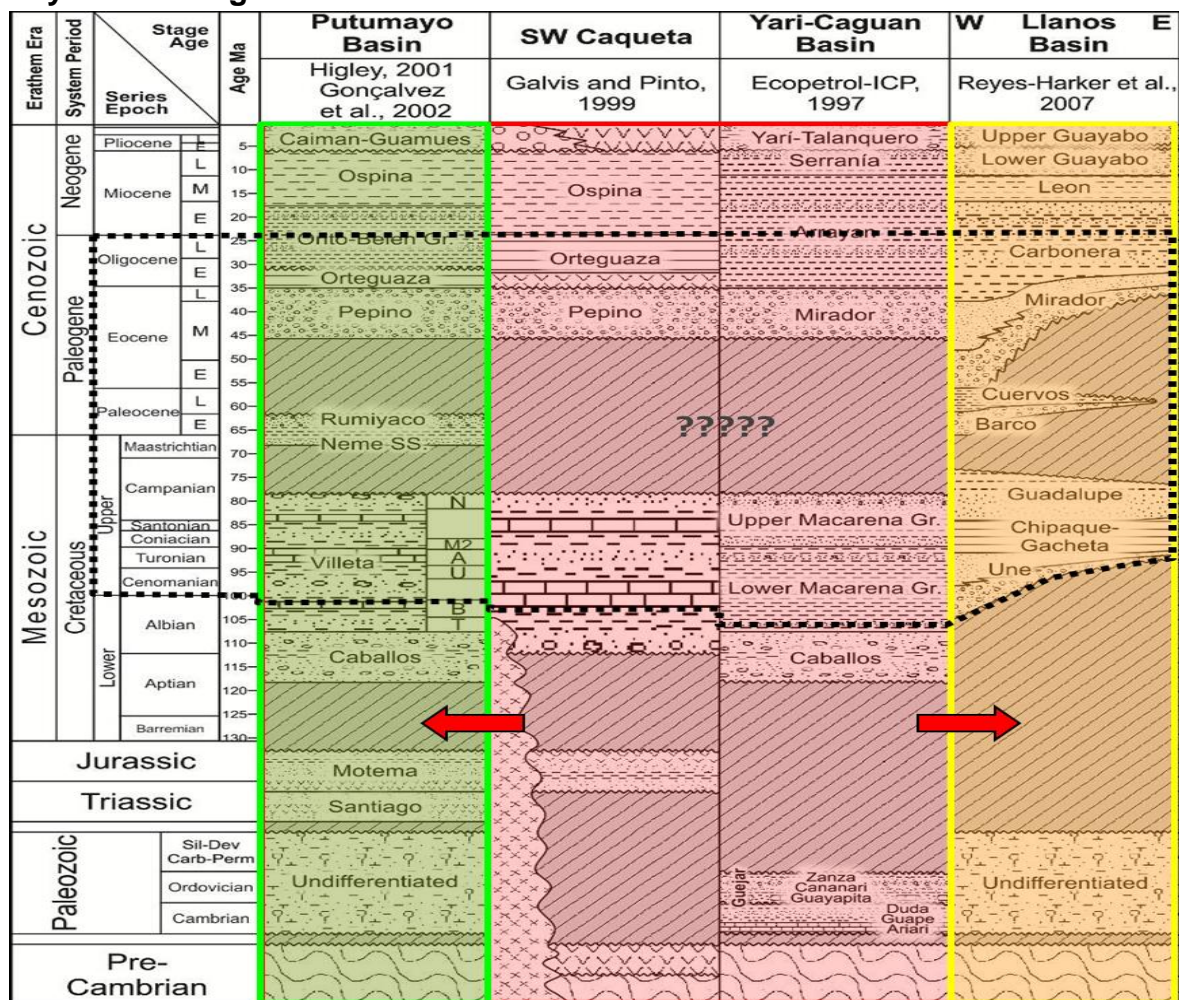
**Figura 1. Mapa con la ubicación del área de estudio. Sombreado rojo, Sub Cuenca Yarí – Caguán, área foco del presente estudio, sombreado amarillo, Sur Cuenca Llanos, Sombreado Verde, Norte de la Cuenca Putumayo.**



El intervalo estratigráfico de interés se extiende desde el Cretácico Superior al Oligoceno. En la Cuenca Llanos el intervalo estratigráfico propuesto abarca las formaciones Une, Guadalupe, Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera. En la Sub Cuenca Yari-Caguán se incluyen las formaciones Caballos, Macarena inferior, Macarena Superior y Mirador/Pepino. Las formaciones Caballos, Villeta, Rumiayaco y Pepino conforma el intervalo de interés en la Cuenca Putumayo. La figura 2 presenta una carta de correlación estratigráfica que integra diversas nomenclaturas. En el área de Caguán se identifica un conflicto en la ocurrencia de algunas formaciones y la nomenclatura de las mismas. Para el Mesozoico no se cuenta con una identificación y definición formal de las formaciones propuestas

debido a falta de datos que permitan definir las edades y las relaciones laterales de las rocas encontradas. Para el Cenozoico se identifican diferentes nombres formacionales a intervalos estratigráfico sugeridos como coetáneos, los cuales se relacionan de manera directa con las cuencas adyacentes Putumayo y Llanos, dependiendo de la ubicación al norte o al sur del área. La carta propuesta es basada en referencias bibliográficas (Ecopetrol-ICP, 1997; Galvis y Pinto, 1999; Higley, 2001; Goncalvez et al., 2002; Reyes-Harker et al., 2007;).

**Figura 2. Carta de correlación estratigráfica propuesta en el presente estudio. El recuadro negro punteado ubica la sección estratigráfica de interés y las flechas rojas relacionan las diferentes nomenclaturas usadas en la Sub Cuenca Yari – Caguán, las cuales son heredadas de las áreas adyacentes según su ubicación.**



## **1.2 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se enfoca en analizar la evolución sedimento-estratigráfica de la sección Cretácico Superior a Oligoceno entre la sub Cuenca Yará – Caguán y las Cuencas Llanos y Putumayo. El objetivo principal se centra en entender las relaciones laterales, litológicas y cronológicas de dicha sección estratigráfica, buscando conocer los lapsos de conexión y desconexión entre las diferentes Cuencas.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Sub Cuenca Yará – Caguán no se cuenta con un conocimiento integrado sobre la evolución sedimento-estratigráfica de la sección Cretácico Superior a Oligoceno.

Entre el Sur de Cuenca Llanos y Caguán no existe un entendimiento detallado sobre la extensión lateral y cambios de facies en la secuencia Cretácico Superior. No se reporta si la ausencia del Paleoceno se relacionada con el pinchamiento desde Cuenca Llanos (Ecopetrol-ICP, 2012) o erosión in-situ dentro de Caguán. Así mismo, se desconoce la relación litológica y de espesor entre lo nombrado como Formación Mirador (Eoceno Medio) en cada área; no se conoce si obedece a un depósito continuo previo al levantamiento de la Serranía de la Macarena o son dos sistemas separados. Además, se ignora si el intervalo Oligoceno de manera general es un periodo de inundación, como se observa en diferentes eventos en cuenca Llanos (Ecopetrol-ICP, 2012) u obedece a un sistema separado con facies diferentes a las identificadas en Llanos.

Los límites de los depósitos presentes en la sección estratigráfica de interés, no se conocen. Dentro del conocimiento de las facies para el Cretácico Superior, se

tiene caracterizadas de manera general la presencia de secuencias carbonáticas y siliciclásticas en Putumayo hasta las secuencias plenamente siliciclásticas en Llanos. Los cambios laterales o la posición paleogeográfica entre cada una de las áreas y su relación con la secuencia Cretácica en Caguán es aún desconocido. En las secuencias Paleoceno y Eoceno existe un desconocimiento general sobre la presencia de la serie inferior.

El presente estudio tiene como foco principal conocer los periodos de conexión y desconexión entre la Sub Cuenca Yarí – Caguán y las Cuenca adyacentes Llanos y Putumayo, a partir del entendimiento de las relaciones laterales, litológicas y cronológicas en este intervalo de tiempo.

Adicional al foco Sedimento-estratigráfico del presente trabajo, los resultados pueden aportar al entendimiento de otros factores de interés para la exploración de hidrocarburos en el área. El primer punto relevante es la falta de claridad sobre el origen de los hidrocarburos.

Dentro del registro sedimentario actual en la Sub Cuenca Yarí – Caguán no se cuenta con un volumen de roca generadora mayor a los 399 pies de Albiano reportados en el pozo la Uribe-1, espesor que se limita exclusivamente al sector norte del área y que basados en modelos 1D, se observa una generación temprana de alrededor de 4 ma. (Ecopetrol-ICP, 1997). Lo anterior no soporta la existencia de acumulaciones importantes y sugiere buscar la posibilidad de diferentes alternativas para el origen de los hidrocarburos en el área.

Como alternativas potenciales del origen de los hidrocarburos en el área se pueden mencionar las siguientes:

- 1) Migración radial desde la Cordillera Oriental ayudada por la paleotopografía ascendiente hacia el sur y la ausencia de la Serranía de la Macarena al momento de expulsión.
- 2) Re-migración lateral desde Cuenca Llanos, lo cual es apoyado por las relaciones que existen entre los crudos de Llanos sur y Caguán y el posible levantamiento post Oligoceno de la Serranía de la Macarena.
- 3) Conexión directa de zonas conocidas de cocinas en Cordillera por movimiento transcurrente del sistema de fallas de Algeciras.
- 4) Migración desde Valle Superior del Magdalena (VSM) generada pre levantamiento del Macizo de Garzón y erosión de toda la secuencia Mesozoica y Cenozoica.
- 5) Migración desde la Cuenca de Putumayo por asenso de rutas sobre el paleoalto de Florencia.

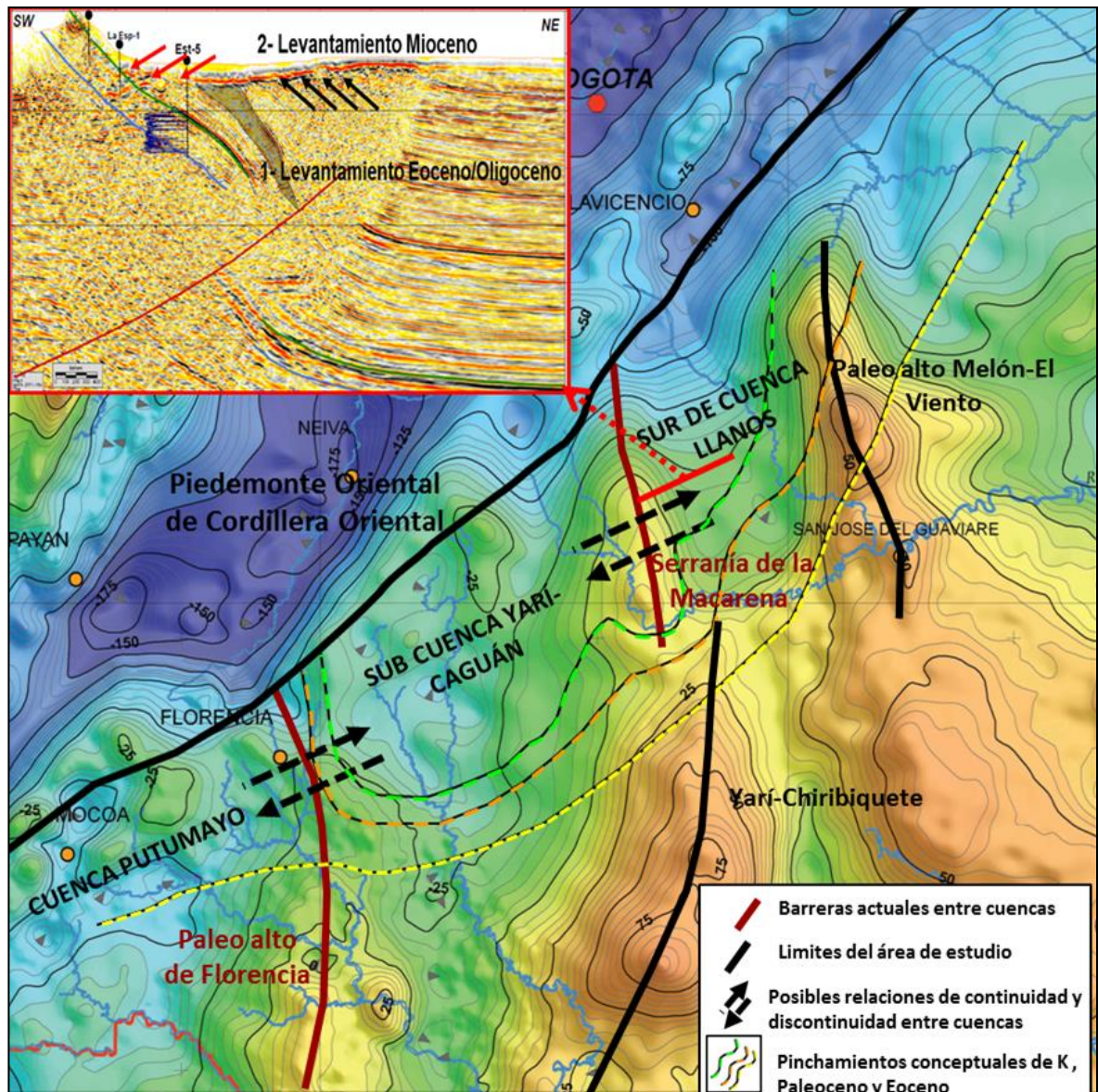
Otro factor de interés es la disposición espacial y la temporalidad del levantamiento de las barreras o límites que se encuentran en el área (Figura 3).

La Serranía de la Macarena es el límite norte del área Caguán y constituye una posible barrera sedimentológica y de migración de fluidos desde el norte de la Cordillera Oriental y el Sur de Cuenca Llanos. Durante la interpretación de líneas sísmicas 2D al norte de la Serranía de la Macarena, Ecopetrol-ICP, 2013, se identificaron diferentes relaciones de corte y estratos de crecimiento que sugieren dos eventos de levantamiento, el primero posiblemente Eoceno Tardío a Oligoceno Temprano y el segundo y de mayor influencia de edad probable mioceno tardío (Figura 3).

El Palealto de Florencia se puede observar con claridad, basado en la interpretación de la sísmica presente en el área el pinchamiento de la serie Cretácico Superior, Paleoceno Medio, Paleoceno tardío, y Eoceno Medio (Ecopetrol-ICP, 2013).

La depositación del Eoceno Tardío se observa controlada por la topografía del Palealto de Florencia aunque probablemente es el primer horizonte que sobrepasa el Palealto y comunica sedimentológicamente las áreas de Putumayo y Caguán. Lo anterior sugiere que el Palealto ha sido una barrera activa desde al menos el Cretácico Superior y que su disposición morfológica ha controlado la pendiente de los depósitos hasta el Eoceno Tardío. Los depósitos de la Formación Orteguzza de edad Oligoceno (Ecopetrol-ICP, 1997) e identificados como el sello superior regional en el área es el primer nivel estratigráfico que supera el Palealto de Florencia por completo y no se observa que este controle su morfología.

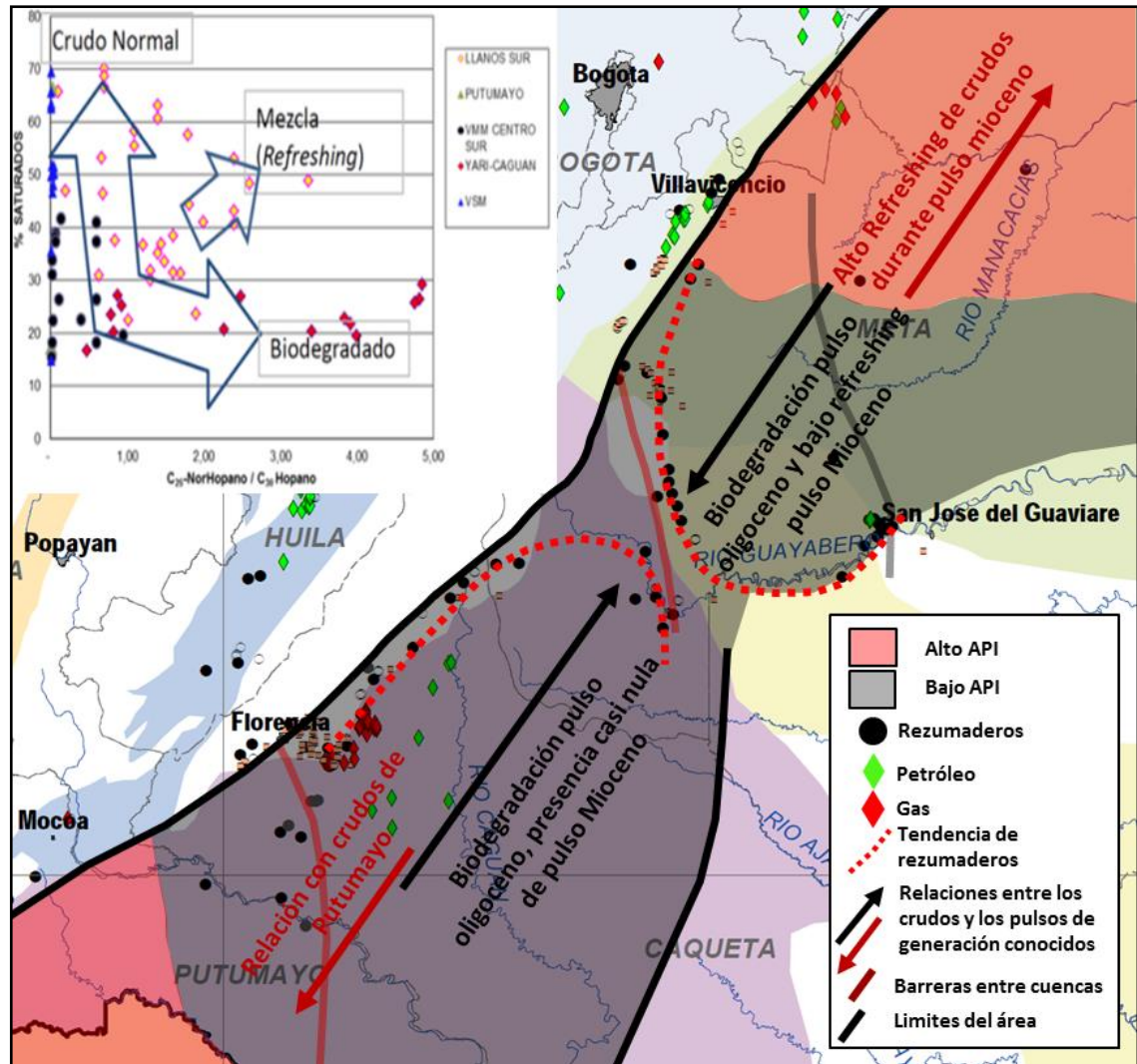
Figura 3. Mapa de anomalía de Bouguer total. Se observa las barreras entre cuencas, límites propuestos en el área de estudio y los pinchamientos conceptuales para el Cretácico, Paleoceno y Eoceno, basados en los límites conocidos en Cuenca Llanos. Se presenta un análisis rápido de la temporalidad relativa del levantamiento de la Serranía de la Macarena basado en el análisis de las relaciones de corte y cuñas de crecimiento de los sedimentos.



Fuente: Modificado de ANH, 2009.

Otro aspecto que puede ser mejor entendido a partir de los resultados del presente estudio son las relaciones de los crudos de Caguán con las áreas adyacentes. Basados en caracterizaciones fisicoquímicas de los crudos y análisis de diferentes biomarcadores, se han identificado relaciones directas con Cuenca Llanos y Cordillera Oriental (Rangel et al, 2003 y Ecopetrol-ICP, 2013). Se encuentran evidencias de la existencia en Caguán de petróleo del pulso reportado en el Oligoceno (crudo biodegradado) y la ausencia del pulso Mioceno que cargo el domino de crudos livianos de Cusiana y Cupiagua y produjo una recarga de petróleo en algunos campos de crudo pesado de Cuenca Llanos (García, 2008). Este mismo análisis identifica también que los crudos del Valle Superior del Magdalena (VMM), no tienen una relación directa con los crudos de Caguán y por contraste presentan mayor afinidad con algunos crudos analizados en la Cuenca de Putumayo, como se muestra en la figura 4. Lo anterior sumado a las columnas de petróleo encontradas en las formaciones Rumiyaco y Pepino, perforadas por pozos ubicados sobre el *Onlap* de la secuencia Cretácico – Eoceno tardío con el Paleocalto de Florencia (pozos Curbinata-1, Solita-1, La Rastra-1, Aeropuesto-1 y 2, etc.) al norte de la Cuenca de Putumayo, sugiere que la Serranía de Macarena y el Paleocalto de Florencia ejercen un impacto directo en la comunicación con áreas petrolíferas adyacentes.

Figura 4. Mapa de rezumaderos y análisis de relaciones de crudos entre cuencas a partir de biomarcadores. Se observa una distribución conceptual de los dominios de alto y bajo API en cada una de las áreas de interés y las tendencias de biodegradación de los crudos.



Fuente: Modificado de ANH, 2010.

## 1.4 OBJETIVOS

### ***Objetivo General***

Definir las relaciones laterales, litológicas y cronológicas de las rocas que conforman la sección Cretácico Superior a Oligoceno en la Sub Cuenca Yará – Caguán con las rocas coetáneas de las Cuencas Llanos Sur y Putumayo.

### ***Objetivos Específicos***

- Definir las características litológicas relevantes de las formaciones que conforman la sección estratigráfica de interés, mediante la recopilación de información existente, toma de datos en el campo, pozo, sísmica y análisis petrográficos para definir unidades litoestratigráficas correlativas dentro del área de estudio.
- Crear un marco crono estratigráfico del área apoyado en análisis bioestratigráficos y estratigrafía de secuencias que permita definir las extensiones laterales y verticales de los intervalos estratigráficos de interés.
- Analizar la cronología del levantamiento de las principales barreras deposicionales en el área de estudio, apoyado en el análisis histórico de los eventos geológicos y modelamiento termo cinemático que soporte el entendimiento de las etapas de comunicación y separación entre las cuencas.
- Reconstruir paleogeográficamente la sección Cretácico Superior, Paleoceno, Eoceno y Oligoceno en el área de estudio con la integración de mapas de espesores, porcentaje de facies, información bioestratigráfica y pinchamiento de unidades que permitan definir la extensión areal de los diferentes tipos de roca identificados.

## 1.5 METODOLOGÍA

En el presente estudio se propone el desarrollo de 5 pasos principales definidos para satisfacer cada uno de los objetivos planteados.

- Recopilación de información.
- Construcción del marco litoestratigráfico.
- Desarrollo del marco cronoestratigráfico correlativo entre cuencas.
- Análisis de la procedencia de los sedimentos.
- Cronología del levantamiento de Serranía de la Macarena y el Paleocalte de Florencia, y su impacto en la conexión entre las cuencas Llanos, Yarí – Caguán y Putumayo.
- Reconstrucción paleogeográfica de la sección Cretácico Superior a Oligoceno Tardío.
- Implicaciones en la Geología del petróleo del área

### ***Recopilación de información***

En línea con el foco de la tesis se realizó la recopilación y adquisición de la información relevante. La información se puede dividir en tres grupos. Información de Pozos, Información de Roca e Información Sísmica.

La tabla 1 presenta la relación de los pozos y columnas estratigráficas utilizadas en el presente estudio. Se especifica para cada pozo y columna estratigráfica, las coordenadas de ubicación, el contenido de información de roca, los registros de pozos y la fuente de donde fueron obtenidos los datos bioestratigráficos.

**Tabla 1. Relación de pozos y columnas estratigráficas utilizadas en este trabajo. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.**

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)
BAJO LOZADA	Caguán	2°13'47.67"N	73°50'5.41"W	Columna		
EL BILLAR	Caguán	2°13'27.86"N	73°48'40.08"W	Columna		
LA MACARENA	Caguán	2°13'26.42"N	73°50'34.06"W	Columna		Columna
LA PAVAS	Caguán	1°36'40.09"N	75°17'38.46"W	Columna		Columna
LAS LAJAS	Caguán	2°16'41.16"N	74°50'16.12"W	Columna		Columna
MACARENA 3	Caguán	2°15'45.90"N	73°50'46.00"W	Columna		
MACARENA 4	Caguán	2°28'36.47"N	73°50'3.64"W	Columna		
SAN VICENTE 1	Caguán	2°23'26.60"N	74°44'6.60"W	Columna		Columna
SAN VICENTE 2	Caguán	2°23'35.80"N	74°55'44.70"W	Columna		Columna
SAN VICENTE 3	Caguán	2°12'26.20"N	74°58'0.40"W	Columna		
URIBE 1	Caguán	3°14'37.80"N	74°22'8.88"W	Columna		
LOSADA SE-1	Caguán	2°05'23.56"N	73°55'25.50"W			Ripios
PAYARA-1	Caguán	2°07'31.25"N	74°33'35.85"W		√	Ripios
PIRAÑA-1	Caguán	2°11'53.40"N	74°39'21.32"W			Ripios
URIBE-1	Caguán	3°07'20.13"N	74°22'1.17"W		√	Ripios
LA RECEBERA, RIO						
GÜEJAR	Llanos Sur	3°26'1.96"N	73°56'0.73"W	Columna		Columna
MACARENA 1	Llanos Sur	2°17'44.70"N	73°53'4.90"W	Columna		
QUEBRADA AGUAS						
CLARAS	Llanos Sur	3°48'37.38"N	73°54'29.78"W	Columna		Columna
QUEBRADA						
ESMERALDAS	Llanos Sur	3°48'37.38"N	73°54'29.78"W	Columna		Columna

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)
QUEBRADA PERRO						
LOCO	Llanos Sur	3°48'37.38"N	73°54'29.78"W	Columna		Columna
SAGU	Llanos Sur	4°05'33.32"N	73°48'38.70"W	Columna		Columna
URIBE 3	Llanos Sur	3°15'17.22"N	73°54'29.15"W	Columna		Columna
CHICHIMENE-172	Llanos Sur	3°56'54.57"N	73°40'49.97"W	Core	√	Core
CPO 16 EST-1	Llanos Sur	3°22'42.68"N	73°57'14.22"W	Core	√	Core
CPO 16 EST-3A	Llanos Sur	3°27'34.58"N	73°59'23.61"W	Core	√	
CPO 16 EST-5	Llanos Sur	3°19'46.04"N	73°55'12.38"W	Core	√	Core
CPO 16 EST-6	Llanos Sur	3°17'48.67"N	73°54'22.16"W	Core	√	
CPO 16 EST-7	Llanos Sur	3°16'25.29"N	73°53'48.56"W	Core	√	
CPO 16 EST-8	Llanos Sur	3°16'55.34"N	73°54'12.65"W	Core	√	
CPO17EST-1	Llanos Sur	3°00'45.11"N	73°05'39.02"W	Core	√	
CPO17EST-2	Llanos Sur	3°07'46.98"N	73°02'52.41"W	Core	√	
CPO17EST-3	Llanos Sur	2°58'3.89"N	73°12'6.97"W	Core	√	
CPO17EST-5A	Llanos Sur	3°07'23.33"N	73°02'49.19"W	Core	√	
CPO17EST-6	Llanos Sur	3°05'45.33"N	73°02'32.33"W	Core	√	
CPO17EST-7	Llanos Sur	3°03'0.67"N	73°02'45.91"W	Core	√	
CPO17EST-8	Llanos Sur	3°02'18.38"N	73°05'17.01"W	Core	√	
EL TABLAZO-1	Llanos Sur	3°17'46.62"N	73°54'48.14"W	Core	√	
EL TRIUNFO-1	Llanos Sur	3°16'46.90"N	73°54'18.66"W	Core	√	
GUAMALITO-1	Llanos Sur	3°21'5.71"N	73°56'25.31"W	Core	√	
HADAS-1	Llanos Sur	3°14'28.77"N	73°02'0.77"W	Core	√	
LA ESPERANZA-1	Llanos Sur	3°19'20.49"N	73°55'22.24"W	Core	√	Core
RIO CURIA-1	Llanos Sur	3°19'20.55"N	73°55'37.16"W	Core	√	

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)
RIO GUEJAR-1	Llanos Sur	3°20'58.88"N	73°56'29.99"W	Core	√	Core
RIO ZANZA-1	Llanos Sur	3°17'39.40"N	73°55'6.96"W	Core	√	
TRASGO-1	Llanos Sur	3°21'27.25"N	72°38'18.00"W	Core	√	Core
ARAMA-1	Llanos Sur	3°26'42.31"N	73°56'53.26"W		√	Ripios
ARIARI-1	Llanos Sur	3°31'13.22"N	73°41'38.04"W		√	Ripios
AVILA-1	Llanos Sur	3°41'16.05"N	73°26'45.35"W		√	Ripios
BALASTERA-1	Llanos Sur	2°46'14.04"N	72°39'55.93"W		√	
CANAGUARO-1	Llanos Sur	3°18'31.50"N	73°44'48.11"W		√	Ripios
CHAFURRAY-1	Llanos Sur	2°53'25.44"N	73°05'35.62"W		√	
CHAFURRAY-2	Llanos Sur	2°57'25.60"N	73°07'23.87"W		√	
CHAFURRAY-3	Llanos Sur	3°01'13.52"N	73°11'43.67"W		√	
CHAFURRAY-4	Llanos Sur	2°58'47.62"N	73°07'6.64"W		√	
CHAFURRAY-5	Llanos Sur	3°02'42.37"N	73°02'19.75"W		√	
CHICHIMENE-5	Llanos Sur	3°56'50.32"N	73°40'39.57"W		√	
CORONADO-1	Llanos Sur	3°46'22.17"N	73°44'1.06"W		√	Ripios
CRISTAL-1	Llanos Sur	3°33'22.83"N	73°57'4.55"W		√	Ripios
DORCAS-1	Llanos Sur	3°02'16.78"N	73°05'15.23"W		√	
EL MELON-1	Llanos Sur	2°51'33.71"N	72°37'30.43"W		√	
EL VALLE-1	Llanos Sur	3°27'44.54"N	73°21'20.36"W		√	Ripios
EL VIENTO-1	Llanos Sur	3°14'35.88"N	72°36'16.75"W		√	
FONTANA-1	Llanos Sur	3°27'41.84"N	73°36'0.25"W		√	Ripios
HECHICERA-1	Llanos Sur	3°11'4.74"N	73°02'4.39"W		√	Ripios
HUMADEA-1	Llanos Sur	3°51'40.07"N	73°47'21.56"W		√	Ripios
LAS BRUJAS-1	Llanos Sur	3°01'51.56"N	73°06'49.71"W		√	Ripios

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)
LINDOSA-1	Llanos Sur	2°50'55.99"N	72°57'42.49"W		√	
MACARENA-1	Llanos Sur	3°21'42.46"N	73°58'54.26"W		√	
MERLIN-1	Llanos Sur	3°06'58.82"N	73°02'43.66"W		√	
MERLIN-2	Llanos Sur	3°06'59.59"N	73°02'44.61"W		√	
MERLIN-2ST	Llanos Sur	3°06'59.59"N	73°02'44.61"W		√	
PASO REAL-1	Llanos Sur	3°07'35.58"N	72°42'13.43"W		√	
PRADOS-1	Llanos Sur	3°26'45.10"N	73°18'0.81"W		√	Ripios
PUERTO RICO-1	Llanos Sur	2°56'22.55"N	73°12'25.50"W		√	
PUERTOS-1	Llanos Sur	3°11'10.50"N	73°14'2.03"W		√	Ripios
RETO-1	Llanos Sur	3°07'42.06"N	72°37'2.09"W		√	
SA 1	Llanos Sur	2°51'23.18"N	73°05'0.76"W		√	
SA 2	Llanos Sur	2°55'48.24"N	73°00'44.76"W		√	
SA 4	Llanos Sur	2°50'28.83"N	72°53'47.47"W		√	
SA 8	Llanos Sur	2°56'22.50"N	73°12'25.50"W		√	
SA-10	Llanos Sur	3°04'8.31"N	72°50'23.53"W		√	
SA-11	Llanos Sur	2°56'53.30"N	72°55'52.48"W		√	
SA-13	Llanos Sur	2°59'30.68"N	73°40'54.23"W		√	
SA-14	Llanos Sur	3°24'28.65"N	73°03'17.81"W		√	
SA-15	Llanos Sur	3°06'40.68"N	73°44'43.10"W		√	
SA-16	Llanos Sur	3°17'54.49"N	73°54'2.17"W		√	
SA-17	Llanos Sur	3°21'38.30"N	73°56'0.79"W		√	
SA-19	Llanos Sur	3°21'49.83"N	73°55'49.32"W		√	
SA-20	Llanos Sur	3°18'11.61"N	73°53'21.72"W		√	
SA-5	Llanos Sur	3°15'26.41"N	73°14'16.14"W		√	

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)	
SA-6	Llanos Sur	3°07'28.57"N	72°59'33.69"W		√	Ripios Ripios	
SA-7	Llanos Sur	3°05'45.29"N	73°13'50.52"W		√		
SA-9A	Llanos Sur	3°21'25.51"N	73°56'15.40"W		√		
SAN JUAN-1	Llanos Sur	3°22'46.00"N	73°51'19.90"W		√		
SERRANA-1	Llanos Sur	3°17'41.64"N	73°21'54.58"W		√		
SM-1	Llanos Sur	2°44'11.91"N	72°43'36.93"W		√		
SM-11	Llanos Sur	3°12'1.93"N	72°39'16.91"W		√		
SM-2	Llanos Sur	2°48'54.22"N	72°47'34.76"W		√		
SM-4	Llanos Sur	2°54'40.90"N	72°48'19.58"W		√		
SM-6	Llanos Sur	3°16'55.10"N	72°38'27.21"W		√		
SM-7	Llanos Sur	2°40'49.34"N	72°31'15.83"W		√		
TARABITA-1	Llanos Sur	3°15'37.05"N	73°07'9.37"W		√		Ripios
TRASGO-2	Llanos Sur	3°21'27.14"N	72°38'17.74"W		√		Ripios
TURPIAL-1	Llanos Sur	3°28'41.86"N	72°34'18.89"W		√		
ESCUELA EL CONDOR	Putumayo	1°41'52.58"N	75°42'52.20"W	Columna		Columna	
FLORENCIA 1	Putumayo	1°27'21.90"N	75°52'4.10"W	Columna		Columna	
FLORENCIA 2	Putumayo	1°40'40.50"N	75°37'29.20"W	Columna		Columna	
FLORENCIA 7	Putumayo	1°39'12.60"N	75°36'40.30"W	Columna			
QUEBRADA LAS DORADAS	Putumayo	1°13'55.12"N	76°01'51.23"W	Columna		Columna	
RIO ORTEGUAZA	Putumayo	1°40'53.39"N	75°31'29.61"W	Columna		Columna	
CURBINATA-1	Putumayo	1°13'2.40"N	75°36'36.44"W	Core		Core	
JOSE MARIA-1	Putumayo	0°58'31.08"N	75°55'9.43"W	Core			
MANDUR-2	Putumayo	0°55'24.46"N	75°52'33.83"W	Core	√	Core	

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)	
MARY-4D	Putumayo	1°02'49.96"N	76°24'23.98"W	Core	√	Core	
MIRAFLORES-1	Putumayo	1°05'49.90"N	76°22'46.22"W	Core	√		
SOLITA-1	Putumayo	0°52'28.59"N	75°37'21.04"W	Core	√		
AEROPUERTO-1	Putumayo	1°34'24.76"N	75°32'37.34"W		√		
CATIRA-1	Putumayo	1°13'48.87"N	76°06'2.44"W		√		
CATIRA-2	Putumayo	1°13'49.19"N	76°06'2.34"W		√		
ESPERANZA-1D	Putumayo	1°07'5.83"N	76°21'42.60"W		√		
FLORIDA-1	Putumayo	1°03'50.10"N	76°17'50.19"W		√		
LA RASTRA-1	Putumayo	1°10'8.44"N	75°30'25.38"W				Ripios
LA TURBIA-1	Putumayo	1°27'40.80"N	75°33'16.72"W		√		
LA TURBIA-2	Putumayo	1°30'28.68"N	75°35'27.92"W		√		Ripios
LA VEGA-1	Putumayo	0°57'44.88"N	76°25'30.65"W		√		
LINDA-2	Putumayo	0°59'21.98"N	76°27'57.40"W		√		
LINDA-4	Putumayo	0°59'38.39"N	76°28'14.22"W		√		
LINDA-5ST	Putumayo	0°59'38.06"N	76°28'51.29"W		√		
MANDARINA-1	Putumayo	1°23'5.16"N	75°53'38.77"W		√		
MANDUR-1	Putumayo	0°51'28.24"N	76°02'38.18"W		√		
MARY-1	Putumayo	1°02'48.33"N	76°24'24.46"W		√		
MARY-2	Putumayo	1°02'43.88"N	76°25'2.55"W		√		
MARY-3D	Putumayo	1°02'49.90"N	76°24'24.17"W		√		
MARY-5D	Putumayo	1°02'50.06"N	76°24'56.81"W		√		
MIRAFLORES-1N	Putumayo	1°07'9.39"N	76°21'32.80"W		√		
MONTAÑITA-1	Putumayo	1°28'26.90"N	75°28'42.64"W		√		
RIO PESCADO-1	Putumayo	1°18'46.98"N	75°54'35.51"W		√		

Pozos / Columnas estratigráficas	Área	Latitud	Longitud	Roca	Set de registros	Bioestratigrafía (Fuente de información)
RIO PESCADO-2	Putumayo	1°16'25.35"N	75°48'36.23"W		√	Ripios
TOROYACO-1	Putumayo	1°00'37.05"N	76°30'47.75"W		√	
TOROYACO-2	Putumayo	1°00'4.60"N	76°31'43.79"W		√	
TOROYACO-3	Putumayo	1°00'31.60"N	76°31'7.08"W		√	
TOROYACO-4	Putumayo	1°02'1.71"N	76°30'43.23"W		√	
YATARO-1	Putumayo	1°20'40.00"N	75°54'15.90"W			

El presente estudio cuenta con información de veinte tres (23) columnas estratigráficas levantadas en el campo y dieciséis (16) columnas descritas a partir pozos corazonados, como se relaciona en la Tabla 2.

De las veinte tres (23) columnas medidas en el campo, cuatro (4) se levantaron y analizaron dentro del presente estudio. Las cuatro (4) columnas fueron medidas en el área de Llanos Sur, tres (3) en el sector del Rio Ariari, en cercanías al municipio de Cubarral, Meta (Quebrada Aguas Claras, Quebrada Perro Loco, Quebrada Esmeraldas) y una (1) levantada en el sector del Rio Güejar, en cercanías al municipio de San Juan de Arama, Meta (La Recebera, Rio Güejar), figura 5. Las columnas levantadas en este estudio tienen el objetivo relacionar la información de pozos y campo que se tiene en Llanos Sur con datos de la Serranía de la Macarena y el Caguán.

Es importante mencionar que gracias a un proyecto de investigación, el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) durante los años 2011, 2012 y 2013 desarrollo diferentes campañas de adquisición de información donde se levantaron ocho (8) columnas en el campo y se perforaron ocho (8) nuevos pozos estratigráficos. Dentro del presente estudio se integra toda la información nueva antes mencionada, además de los datos reportados en Ecopetrol, 1997.

**Tabla 2. Inventario de la información de roca utilizada en desarrollo del estudio. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.**

Área	Columnas Estratigráficas	Secciones delgadas	Datos de Bioestratigrafía	Fuente de la información
Llanos - Ariari	Quebrada Aguas Claras	15	17	Sandoval, 2015, Correlaciones y Paleogeografía del Cretácico Superior a Oligoceno entre la Sub Cuenca Yará – Caguán y las Cuencas Llanos y Putumayo, Colombia. (Presente Estudio)
Llanos - Ariari	Quebrada Perro Loco	5	4	
Llanos - Ariari	Quebrada Esmeraldas	5	12	
Llanos - Macarena Norte	La Recebera, Rio Güejar	3	6	
Caguán - Macarena Sur	La Macarena	5	1	Ecopetrol, 2013, Estudio integrado de Geología de campo para la exploración de arenas bituminosas.
Caguán - Macarena Sur	Bajo Lozada	12		
Caguán - Macarena Sur	El Billar	14		
Caguán - San Vicente	Las Lajas	19	6	
Caguán - San Vicente	Las Pavas	5	4	
Putumayo - Florencia	Rio Orteguzaza	10		
Putumayo - Florencia	Escuela El Cóndor		4	
Putumayo - Florencia	Quebrada Las Doradas	16	6	
Llanos - Macarena Norte	Uribe 3		1	Ecopetrol, 1997, Evaluación Regional de la Sub Cuenca Yará - Caguán.
Llanos - Macarena Norte	Macarena 1		1	
Caguán - Norte	Uribe 1			
Caguán - Macarena Sur	Macarena 3			
Caguán - Macarena Sur	Macarena 4			
Caguán - San Vicente	San Vicente 1		6	

Área	Columnas Estratigráficas	Secciones delgadas	Datos de Bioestratigrafía	Fuente de la información
Caguán - San Vicente	San Vicente 2		3	
Caguán - San Vicente	San Vicente 3			
Putumayo - Florencia	Florencia 1		5	
Putumayo - Florencia	Florencia 2		1	
Putumayo - Florencia	Florencia 7			
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-1	23	20	Ecopetrol, 2013, Estudio de evaluación del potencial de arenas bituminosas y crudos extra pesados en el área del Rio Güejar.
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-2			
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-3A			
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-5		18	
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-6	20		
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-7	10		
Llanos - Macarena Norte	CPO-16 ST-8	10		
Llanos - Melón y el Viento	HADAS-1	12	15	Ecopetrol, 2013, Estudio de evaluación del potencial de arenas bituminosas y crudos extra pesados en el área de Llanos Sur.
Llanos - Melón y el Viento	HECHICERA-1		10	
Llanos - Melón y el Viento	TRASGO-1	13	12	
Putumayo - Florencia	CURBINATA-1	10	2	Ecopetrol, 2013, Estudio de evaluación del potencial de
Putumayo - Florencia	SOLITA-1	5		

Área	Columnas Estratigráficas	Secciones delgadas	Datos de Bioestratigrafía	Fuente de la información
Putumayo - Florencia	JOSE MARIA-1	13	2	arenas bituminosas en el área de Florencia y San Vicente, Cuenca Caguán – Putumayo.
Putumayo - Florencia	MANDUR-2			
Putumayo - Florencia	MARY -4D			
Putumayo - Florencia	MIRAFLOR-1			

La información sísmica interpretada en este estudio se relaciona en la Tabla 3. Toda la información encontrada en el área obedece a programas sísmicos 2D adquiridos en diferentes años. Los programas más antiguos fueron adquiridos y procesados en los años 70's y los más nuevos durante el año 2012. El estado del procesamiento de cada programa es diferente. Es posible encontrar líneas apiladas y líneas sísmicas apiladas y migradas, cada programa por separado fue procesado con velocidades diferentes, lo que genera algunas veces espesores en tiempo diferentes para un mismo reflector. Por esta razón estandarizar toda la sísmica a un mismo *datum* no fue posible y fue necesario hacer *shift* en tiempo a cada línea con el objetivo de tener un proyecto sísmico amarrado que permitiese cumplir con los objetivos planteados durante el uso de este tipo de información. En la figura 5 se puede observar el cubrimiento sísmico con el que se cuenta en el área.

**Tabla 3. Inventario de la información sísmica existente en el área de estudio. Rojo: Datos Sub Cuenca Yará – Caguán. Amarillo: Datos Cuenca Llanos. Verde: Datos Cuenca Putumayo.**

Programa sísmico	Número de líneas sísmicas	Tipo de sísmica	Ubicación
CAGUAN-73-76-2009	21	2D	Caguán
CEDRELA-2011-2012	33	2D	Caguán
HOBO CAGUAN-1989	1	2D	Caguán
LOSADA-1970	7	2D	Caguán
PORTOFINO-2012	10	2D	Caguán
REFUGIO-1973	5	2D	Caguán
SAN VICENTE-1976	5	2D	Caguán
URIBE-70-71	9	2D	Caguán
ARAMA-81-87-88	33	2D	Llanos Sur
CPO 16-2011	25	2D	Llanos Sur
REFUGIO-1970	4	2D	Llanos Sur
ANDAQUIES-1993	2	2D	Putumayo
CAQUETA-1988	7	2D	Putumayo
DOL-1993	5	2D	Putumayo

Programa sísmico	Número de líneas sísmicas	Tipo de sísmica	Ubicación
GAITANAS-1997	5	2D	Putumayo
GAITANAS-1999	6	2D	Putumayo
HAC-1998	2	2D	Putumayo
ORTEGUAZA-1993	14	2D	Putumayo
ORTEGUAZA- ANDAQUIES-1992	9	2D	Putumayo
PUTU-CENTRAL-1992	2	2D	Putumayo
PUTU-ESTE-1987	7	2D	Putumayo
PUTUMAYO-1992	5	2D	Putumayo
PUTU-NORTE-1987	6	2D	Putumayo
PUTU-NORTE-1989	5	2D	Putumayo
PUTU-REGIONAL-88	10	2D	Putumayo
PUTU-SUR-1987	1	2D	Putumayo

### **Campañas de campo**

Los trabajos de campo realizados dentro del presente estudio se enfocaron en la región del río Ariari al suroccidente de Cuenca Llanos y el sector norte de la Serranía de la Macarena. Los datos adquiridos permitieron enlazar e integrar el conocimiento sedimento-estratigráfico generado por el Instituto Colombiano del Petróleo en el área Sur de la Cuenca de los Llanos, con los datos adquiridos por Ecopetrol-ICP, 2013 en las columnas La Macarena, Bajo Lozada, El Billar, Las Lajas, Las Pavas, Río Ortegua, Escuela El Cóndor y Quebrada Las Doradas. La adquisición de los datos en las columnas mencionadas fue diseñada y controlada por el autor, y se adquirieron por medio de un contrato con una empresa prestadora de este tipo de servicios en Colombia.

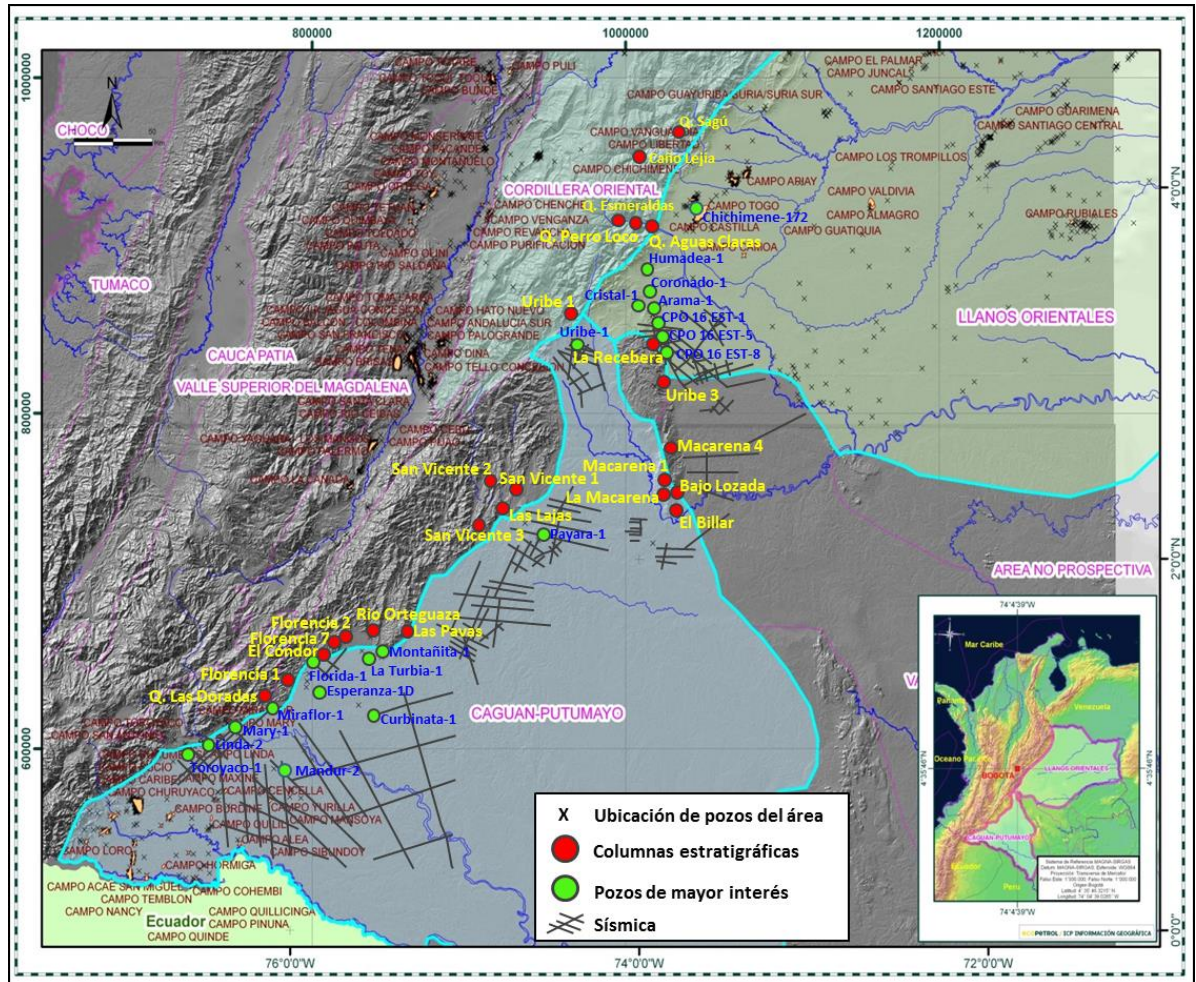
Para las campañas se contó con el apoyo económico de ECOPETROL S.A., empresa que patrocina la totalidad del costo del presente estudio y brinda todas las facilidades logísticas para que esto se lleve a cabo.

Los trabajos de campo realizados en el presente estudio se distribuyeron de la siguiente manera:

25 días de campo, levantamiento de 329 m de Columna, de las formaciones Une, Guadalupe, Barco-Cuervos, Mirador y Carbonera, levantadas en las quebradas Esmeraldas, Perro Loco y Aguas Claras, municipio de Cubarral en el Departamento del Meta.

20 días de campo, levantamiento de 410 m de Columna, de las formaciones Grupo Güejar (Pz), Une, Chipaque, Guadalupe y Mirador, levantada en el sector de la Recebera, en el cauce del Rio Güejar hacia el cerro del indio acostado, en el norte de la Serranía de Macarena, municipio de San Juan de Arama en el Departamento del Meta.

**Figura 5. Mapa con la ubicación de las áreas, secciones estratigráficas y pozos donde se contará con nueva información litológica y bioestratigráfica para integrar durante el desarrollo del presente estudio.**



### **Construcción del marco litoestratigráfico.**

La identificación y definición de las características litológicas correlativas se desarrolló basado en las descripciones sedimentológicas convencionales a nivel macroscópico y microscópico utilizando la clasificación convencional (Folk, 1974) para rocas siliciclásticas.

El foco de esta actividad es estandarizar las descripciones recopiladas, Tabla 2, con base en los parámetros de descripción y definición de facies definido en las columnas levantadas en el presente estudio, Tabla 4. A nivel microscópico dentro del presente estudio se realizó la descripción de 28 secciones delgadas y se integró la información de 104 secciones delgadas adicionales, con el objetivo de lograr un cubrimiento de todas las formaciones encontradas en cada una de las áreas de estudio. El formato base utilizada para la estandarización y clasificación a nivel microscópico se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 4. Formato base para descripción y estandarización de las descripciones macroscópicas de roca.**

FOTOGRAFIA		Nº MUESTRA		COLOR		CALIBRADO		ESFERICIDAD/REDONDEZ		CONTACTO		EMPAQUETAMIENTO		MINERALES			
														Qz	Feld	FR	
TAMAÑO DE GRANO										Relación Matriz / Armazón	Impregnación visual				Estructuras	OBSERVACIONES	
LODO		ARENA				GRAVA											
Arc	L	MF	F	M	G	MG	Granulo	Guija	Guijarros	Cantos		Nulo	Mala	Moderada	Buena		

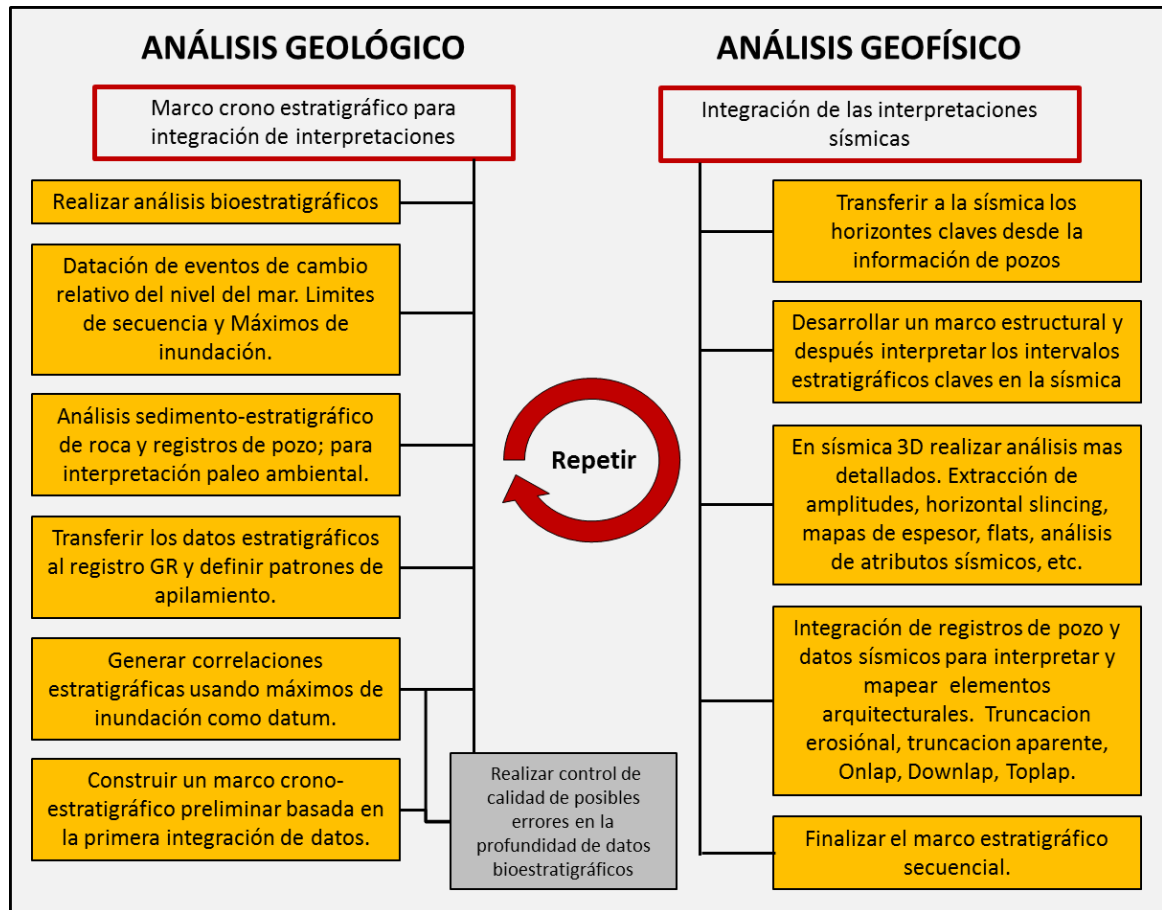
**Tabla 5. Formato base para descripción y estandarización de las descripciones microscópicas de roca.**

Nombre de la Columna estratigráfica									Armazón											Composición Modal Normalizada				
Formación	Sección	Total Puntos	Armazón	Cm	Mx	Poros	Cm+Mx+Poros	HC	Qm	Qps	Fpl	Fk	Fi	Lm	Ls	Lso	Lp	Lv	Li	Acc	Qt	Qm	F	L
Recalculo				Rasgos Texturales																				
Total Qz + F + L		Qz	F	L	Tamaño de grano	Calibrado	Esfericidad	Redondez	Cemento	Contacto	Porosidad (%)	Nombre	Petrofacies											

### ***Generación del Marco cronoestratigráfico***

El marco cronoestratigráfico se desarrolló basado en la integración de información litoestratigráfica, bioestratigráfica y sísmica (Tabla 2 y Tabla 3). La integración de los datos se hizo utilizando estratigrafía de secuencias, metodología que provee la posibilidad de generar un marco global de los elementos que conforman cualquier ambiente de depósito, facilitando la reconstrucción paleogeográfica y la predicción de facies y litologías fuera de los puntos de control (Catuneanu et al, 2011). Dado que el uso de la estratigrafía de secuencias en sí misma como metodología empleada para entender la evolución del llenado de una cuenca sedimentaria cuenta con una infinidad de autores y propuestas cambiantes dependiendo de la resolución a la que se quiere llegar y la información base con la que se cuenta, se decidió seguir la metodología propuesta en la Figura 6. En este diagrama se estandariza y sintetiza un flujo de trabajo concreto que se alinea perfectamente con el enfoque determinado en el presente trabajo y la información base con la que se cuenta. El flujo planteado es soportado conceptualmente en cada uno de sus pasos (Catuneanu et al, 2006, 2009, 2010 y 2011).

**Figura 6. Flujo de trabajo integrado para el desarrollo de un marco cronoestratigrafico usando información lito estratigráfica, bioestratigráfica y sísmica.**



Fuente: Modificado de Ferraro-Hodgson, 2007.

En la figura 7 se observa la biozonación definida para la sección cretácico superior por grupo de Bioestratigrafía del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). Las biozonas definidas no presentan la resolución suficiente para precisar cada una de las edades del cretácico superior. En el desarrollo del marco cronoestratigráfico se tomó cada una de las biozonas identificadas como intervalos que contienen o limitan la ocurrencia de ciertas edades en una sección de roca.

Por ejemplo: La biozona Dinogymnium contiene las edades Coniaciano, Santoniano y Campaniano. Si el reporte de biozonas no contiene la biozona

Cerodinium se concluye que en la sección datada no está presente el tope del Campaniano y que la primera edad presente podría ser la base del Campaniano o alguna edad más antigua de las contenidas dentro de la biozona Dinogymnium. Si las biozonas reportadas no contienen la Biozona Droseridites se sabe con seguridad que la sección datada no contiene la base del Coniaciano o posiblemente la sección queda colgada en edades superiores. Lo anterior permite ver claramente que las biozonas son de gran ayuda en la definición de intervalos de tiempo, pero solo con la integración de otras técnicas es posible la construcción de un marco cronoestratigráfico correlacionable con pozos y columnas de campo donde no se cuenta con datos bioestratigráficos.

**Figura 7. Biozonación base para la definición de edades en el cretácico superior y elaboración del marco cronoestratigráfico.**

Ma	Geocronología		Bio-Zonas		
71.30	<b>Cretácico</b>	<b>Late</b>	E.Protofranciscoi B.Andreevi S.Echinatus Duplotriporites F.margaritae		
77.40			Campaniano	Cerodinium	
80.00				Dinogymnium	
88.50			Santoniano		
91.30			Coniaciano		Droseridites D.Senonicus
			Turoniano	Interval Zone	
			Cenomaniano	Triorites	
				Afropollis	
100.00			<b>E</b>	Albiano	E.Castelaina

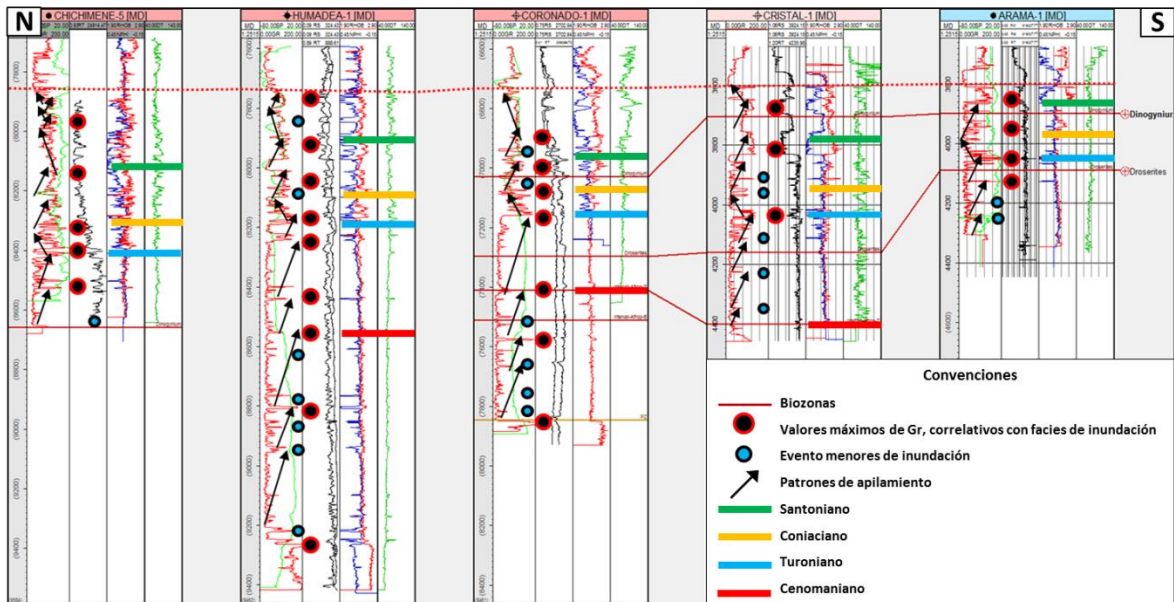
Fuente: Grupo de bioestratigrafía del ICP, modificado por el Autor.

Las columnas estratigráficas utilizadas permitieron dentro de la generación de un marco crono identificar los intervalos de roca que corresponden a asociaciones de facies depositadas en eventos de inundación, intervalos de roca depositados sobre eventos erosivos e identificar tipos de superficies (erosivas y transgresivas).

Estos elementos apoyan la definición de las tendencias de depositación en un intervalo de tiempo dado.

La correlación entre los pozos Chichimene-5, Humadea-1, Coronado-1, Cristal 1y Arama -1 ubicados en el suroccidente de Cuenca Llanos, figura 8, se presenta como guía de los resultados obtenidos al integrar la información litológica, bioestratigrafica (biozonas) y de registros de pozo para la identificación de los patrones de apilamiento, tendencias de depositación, definición de superficies de correlación y líneas de tiempo. En la figura 8 los puntos negros representan los picos con los mayores valores del registro Gamma Ray (alta radiactividad natural). Amarrado a la roca se identifica que los valores altos de GR representan las facies depositadas durante eventos de inundación. Los puntos azules se relacionan con eventos menores de inundación, donde no es posible identificar un desarrollo completo de las facies que caracterizan los eventos mayores. La identificación de estos elementos permite definir los patrones de apilamiento e identificar así las tendencias de depositación. El marco correlativo definido a partir de las tendencias de depositación es amarrado con las biozonas reportadas, buscando definir líneas de tiempo correlacionables dentro de un marco cronoestratigrafico.

**Figura 8. Correlación entre los pozos Chichimene-5, Humadea-1, Coronado-1, Cristal 1y Arama -1 ubicados en el suroccidente de Cuenca Llanos.**



***Análisis de la procedencia de los sedimentos.***

El análisis de la procedencia de los sedimentos se desarrolló basado en la metodología propuesta por Dickinson y Suczek, 1985. El método tiene como objetivo localizar el área fuente donde provienen determinados sedimentos a partir de su estudio petrográfico. La utilidad de estos análisis fundamentalmente es la de poder conocer las áreas de procedencia de determinadas rocas sedimentarias de una edad determinada y así poder establecer reconstrucciones paleogeográficas. Durante el análisis de la procedencia se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

*Tipos de granos a considerar:* Se seleccionan aquellos granos ubicados entre el rango Arena muy fina *upper* y Arena muy gruesa *lower*. Además de esto, se evalúan según su composición en:

- Cuarzo (Qz): Se distinguen tres tipos, los cuales se sumaron formando así, el cuarzo Total (Qt), estos son:

*Qm (Cuarzo Monocristalino)*: Se consideran como tales a todos los granos de Cuarzo independientes diferenciados en la muestra.

*Qp (Cuarzo Policristalino)*: Son aquellos granos que se generan producto de la aglomeración de 2 o más cuarzoes formando así, un solo grano de mayor tamaño.

*Chert (Ch)*: Aquellos granos formados producto de la precipitación de Sílice.

- **Feldespatos (F)**: Se distinguen 3 tipos: Plagioclasas (Fpl), Feldespato Potásico (Fk) y Feldespato Indiferenciado (Fi). Dichos feldespatos se sumaran formando así los Feldespatos Totales (F).
- **Fragmentos Líticos (L)**: Se distingue entre Lv (Líticos Volcánicos), Lp (Líticos Plutónicos), Ls o Lso (Líticos Sedimentarios/oxidados) y Lm (Líticos Metamórficos), que se sumaran formando los Líticos Totales (L).
- **Minerales Accesorios**: Lo conforman todos aquellos minerales que no hacen parte de los grupos anteriores. Ej.: Micas, piroxenos, anfíboles, minerales opacos, minerales pesados, entre otros.

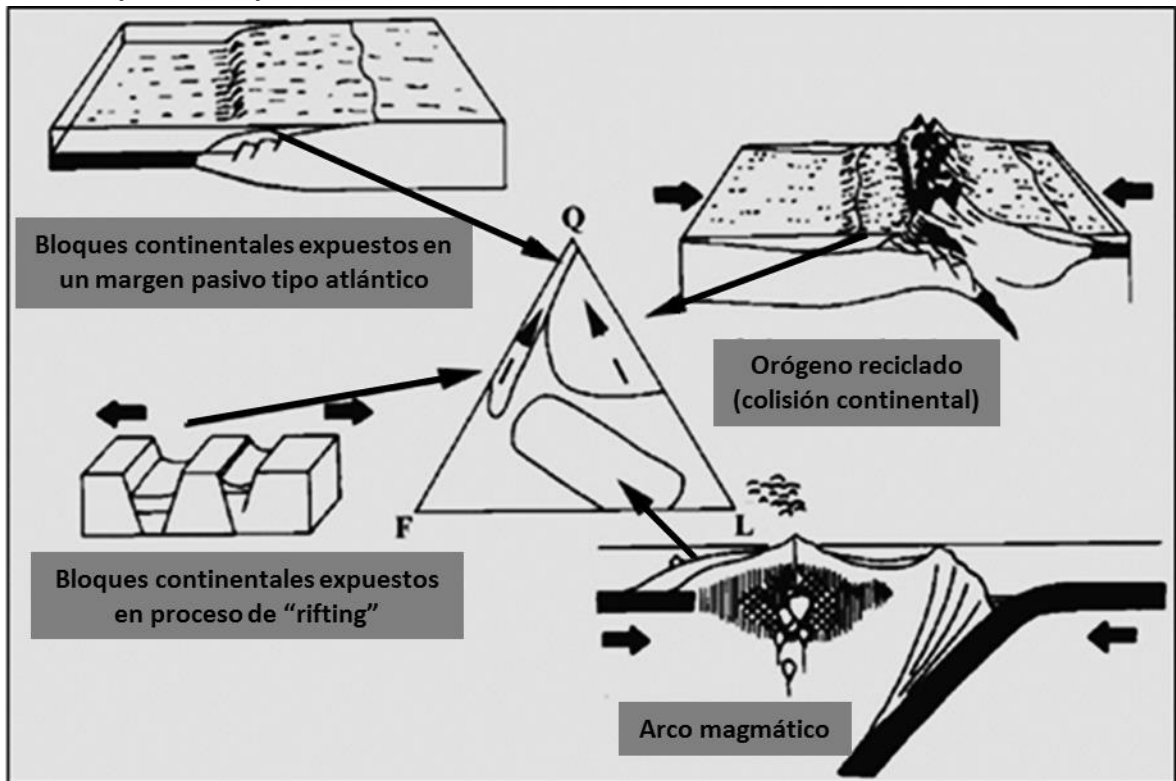
*Análisis Modal*: A partir del conteo de puntos, aproximadamente entre 200 y 300, se realiza el análisis modal. Se definen las relaciones de Cuarzo (Qz), Feldespato (F) y Líticos (L) en una muestra con el objetivo clasificar la procedencia de esta en relación a cuatro orígenes principales propuestos. Figura 9 y Tabla 6.

**Tabla 6. Determinación de la procedencia y ambiente tectónico a partir de la composición QFL de las areniscas.**

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

Fuente: Tomado de Dickinson W.R., 1985.

Figura 9. Ambientes tectónicos generados a partir de los diagramas QFL de Dickinson (1985). Q=cuarzo total; F=feldespatos totales; L=fragmentos líticos totales (L=Lv+Ls).



Fuente: Modificado de Dickinson W.R., 1985.

***Cronología del levantamiento de Serranía de la Macarena y el Palealto de Florencia, y su impacto en la conexión entre las cuencas Llanos, Yarí – Caguán y Putumayo.***

El análisis de la cronología del levantamiento del Palealto de Florencia y de la Serranía de la Macarena, tiene el objetivo de definir en el intervalo estratigráfico de interés como han sido las relaciones de conexión y desconexión entre las cuencas Llanos, Caguán y Putumayo.

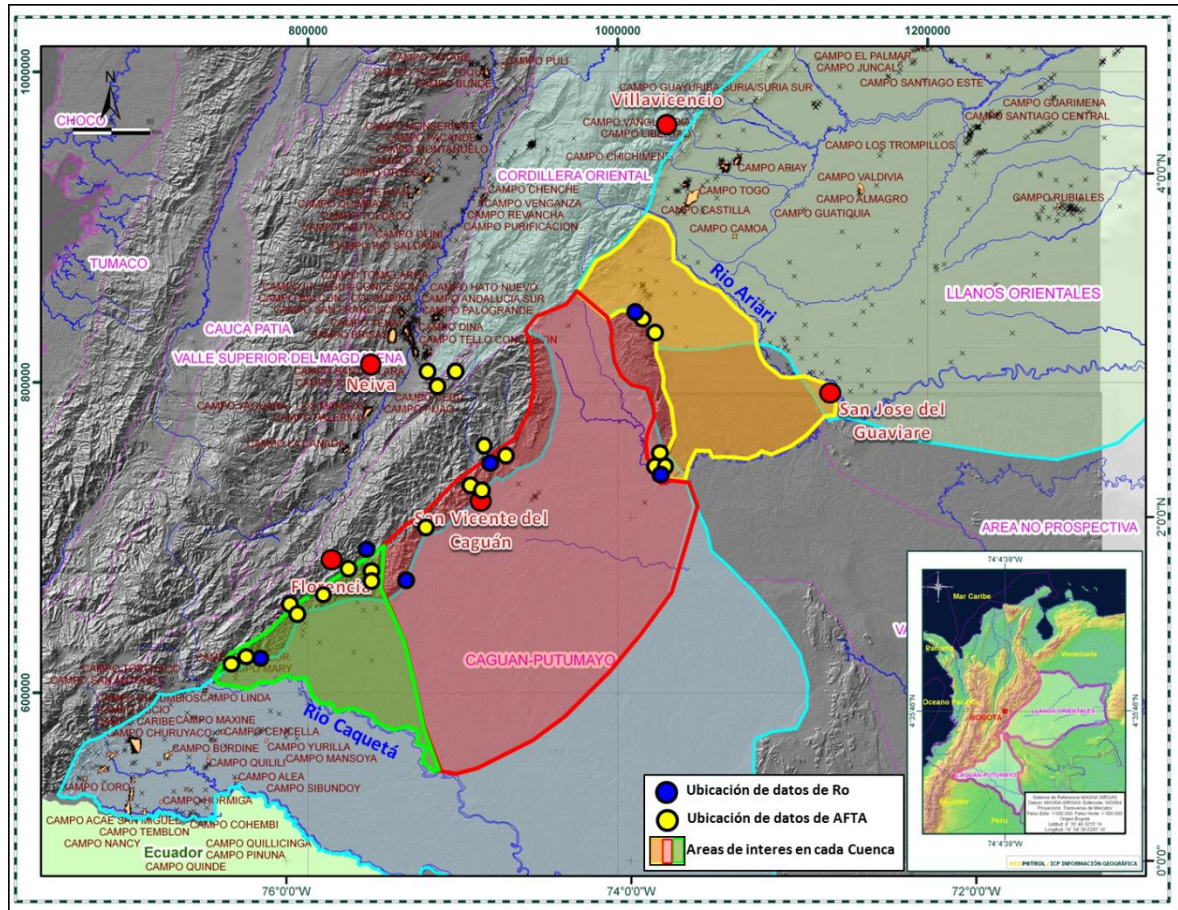
El análisis del levantamiento se hizo en dos etapas. La primera etapa apoyada principalmente en la sísmica cercana a cada barrera y los pozos con mejores

dataciones. Los pozos CPO-16 ST-1 y CPO-16 ST-5 para la Serranía de la Macarena y el pozo MIRAFLOR-1 para el Paleotal de Florencia. En la Serranía de la Macarena se pudieron identificar, relaciones de corte de fallas, orden de erosión y depósito de secuencias, cambio lateral de espesores y acuñamiento de intervalos. Para el Paleotal de Florencia se identificaron los reflectores que se pinchan y los reflectores que lo sobre pasan. Lo anterior permitió consolidar un entendimiento relativo y cualitativo del levantamiento de cada barrera. La segunda etapa busca definir una aproximación cuantitativa de la exhumación de cada una de las barreras antes mencionadas, se analizó la historia termal de las rocas mediante análisis de AFT (trazas de fisión en apatitos) y Ro (Reflectancia de la vitrinita).

Se plantea la realización de perfiles compuestos de reflectancia de vitrinita (Ro), dado que no se cuenta con una sección completa con resultados satisfactorios de este tipo. Buscando tener un perfil que represente el cambio de la temperatura máxima alcanzada por cada formación en las diferentes áreas la construcción de los perfiles compuesto se realizó apoyado de las correlaciones realizadas durante la definición del marco cronoestratigráfico.

Para el análisis de los resultados de trazas de fisión en apatito, se realizó el análisis de la distribución geográfica de las edades obtenidas, así como también su distribución en perfiles de elevación topográfica y posición estratigráfica. Posteriormente se realizó el modelamiento de dichos resultados, tomando en algunos casos los resultados obtenidos de varias muestras cercanas entre sí, para poder obtener resultados más robustos en dichos modelos.

Figura 10. Se observa la ubicación de las muestras de AFTA donde fue posible la recuperación de apatitos y las muestras donde se obtuvieron datos de Ro.



### Reconstrucción Paleogeográfica de la sección estratigráfica propuesta.

La generación de mapas paleogeográficos constituye el principal medio de recopilación de toda la información generada dentro del presente estudio. Estos mapas presentan la configuración geográfica aproximada del fondo de acumulación de cada una de las épocas propuestas a mapear y los paleoambientales exponen los cambios areales que se presentan en una porción de tiempo geológico. Los mapas se definieron a diferentes edades. Cenomaniano, Turoniano, Santoniano, Paleoceno Medio, Paleoceno Tardío, Eoceno Medio y Eoceno Tardío. La construcción de cada uno de los mapas paleogeográficos

integra: Marco crono-estratigráfico, análisis de paleoambientes, definición de límites depositacionales por edades, tendencias de procedencia de los sedimentos y el entendimiento de la cronología del levantamiento de la Serranía de la Macarena y el Paleosalto de Florencia.

## **2. MARCO GEOLÓGICO**

### **2.1 GEOLOGIA GENERAL Y EVOLUCIÓN.**

El levantamiento de la cordillera de los Andes puede ser el evento de mayor impacto en la evolución reciente las áreas estudiadas. Este levantamiento es primordial en el entendimiento de los procesos. Otro factor importante que ejerce control en la evolución de la cuenca son las discontinuidades heredadas de eventos tectónicos previos durante el Paleozoico y Mesozoico, las cuales condicionan la evolución estructural y el estilo de deformación presentes en la cuenca. Además de los factores ya mencionados, existen factores exógenos como la influencia que puede ejercer el límite de placa convergente representado en la subducción de las placas Nazca y Caribe debajo de la placa de Suramérica, con sus respectivas variables como la tasa de convergencia, el ángulo de convergencia, el ángulo de buzamiento de la placa subducente, y su espesor, así como también el espesor de la placa suprayacente, entre otros (Jordan et al., 1983).

Los diferentes eventos tectónicos ocurridos en el sur de Colombia, tienen su registro sedimentario correspondiente, separado por discordancias regionales de variable extensión temporal y geográfica (Cooper et al., 1995; Ecopetrol-ICP, 1997; Galvis y Pinto, 1999; Higley, 2001; Gonçalves et al., 2002). El basamento cristalino presente en la cuenca Yarí-Caguán y las cuencas adyacentes que cubren el cratón estable (cuenca Llanos y Putumayo) está compuesto por neises, cuarcitas y otras rocas metamórficas localmente afectadas por fenómenos de granitización que las convierten en migmatitas y granitoides de composición variable, las cuales son típicas del Proterozoico en todo el mundo y se presentan en el Macizo de Garzón y en el Escudo de Guyana (Galvis y Pinto, 1999). Sobre

este basamento descansan rocas sedimentarias del Paleozoico Inferior, Cambro-Ordovícico (Ecopetrol-ICP, 1997), las cuales han sido reportadas como de carácter arenoso, depositadas en ambientes marinos y con impregnaciones locales de hidrocarburos (Ecopetrol-ICP, 1997). Se reportan rocas de edad Pre-Cretácico con características de depósitos evaporíticos en la zona de Florencia (Galvis y Pinto 1999), y, aunque su edad es indeterminada, pueden corresponder a la Fm. Chapiza de Ecuador del Jurásico Medio a Cretácico Inferior, o a los depósitos evaporíticos del Pérmico (Galvis y Pinto, 1999). A partir de observaciones hechas en el campo en el presente trabajo se observa en el sector norte de la Macarena sedimentos del Paleozoico Inferior que presentan metamorfismo (Grupo Güejar). Adicionalmente a los depósitos observados al norte de la Serranía de la Macarena, se ha reportado en algunos pozos en la cuenca presencia de depósitos del Paleozoico Superior en algunos sectores de la Cordillera Oriental (Macizo de Quetame, Macizo de Floresta-Santander) y algunos remanentes de menor espesor en algunos sectores de la cuenca Llanos. Esta variación en la distribución de estos depósitos al parecer fue causada por la erosión prolongada en la zona del cratón (Ecopetrol-ICP, 1997).

Posteriormente a esta secuencia del Paleozoico, se presentan depósitos del Triásico-Jurásico en la cuenca del Putumayo. Estos depósitos se componen por rocas volcanoclásticas (tobas y lava) y limolitas y areniscas de ambiente marino somero a continental de las formaciones Motema y Santiago (Galvis y Pinto, 1999 y Gonçalves et al., 2002). Depósitos de esta edad también han sido reportados en la cuenca del Valle Superior del Magdalena (Fm. Luisa, Payandé y Saldaña) (Cooper et al., 1995; Sarmiento y Rangel, 2004). El ambiente de depósito de estas rocas es variable, siendo areniscas y conglomerados continentales de la Fm. Luisa; calizas y localmente chert de ambiente marino somero para la Fm. Payandé; y depósitos volcanoclásticos con algunas intercalaciones de carbonatos marinos someros de la Fm. Saldaña. Cada una de estas formaciones se encuentran separadas entre sí por discordancias (Galvis y Pinto, 1999). Los

depósitos de esta edad han sido considerados en las cuencas del Putumayo y en el Valle Superior del Magdalena como el basamento económico. Es importante resaltar que no se ha presentado reporte de rocas de esta edad presentes en la cuenca Llanos y en gran parte de la Cordillera Oriental, exceptuando el área comprendida desde el macizo de Floresta y el anticlinal de Arcabuco hacia el norte, en el bloque occidental de la falla Bucaramanga-Santa Marta. Al este de esta falla, existen reportes de depósitos del Jurásico (Fm. Girón) aunque de menor espesor y con baja certeza de su edad.

Durante el Cretácico, el régimen extensivo y el nivel eustático dominante en el área de la actual Cordillera Oriental ayudó a la generación del espacio de acomodación necesario para el depósito en condiciones marinas, principalmente hacia la zona central de la cuenca, y un cambio gradual hacia ambientes costeros transicionales hacia los márgenes de la cuenca. Durante este periodo el área del cratón permaneció emergida hasta el Aptiano-Albiano, cuando, debido a la subsidencia tectónica posterior a la extensión inicial, se depositaron en relación diacrónica las primeras rocas del Cretácico sobre una superficie irregular a medida que la transgresión marina fue avanzando, alcanzando el máximo nivel en el Turoniano-Coniaciano con la depósito de la principal roca generadora de las cuencas en Colombia (Grupo Villeta, Fm. La Luna, Fm. Gachetá, Fm. Chipaque; Cooper et al., 1995; Gonçalves et al., 2002; Sarmiento y Rangel, 2004). Este periodo de máxima inundación también se extendió hacia el sur hasta las cuencas Oriente (Ecuador) y Marañón (Perú) donde las condiciones fueron igualmente favorables para el depósito de buenas rocas generadoras, la Fm. Napo en Ecuador y la Fm. Chonta en Perú (Mathalone y Montoya, 1995; Higley, 2001). El Cenozoico en las cuencas Subandinas de Colombia fue el periodo más importante para el desarrollo de los sistemas petrolíferos. Durante esta época, el cambio en el régimen de depósito de ambientes marinos y transicionales a ambientes continentales con leves influencias transicionales fue generalizado en el territorio Colombiano (Cooper et al., 1995). El levantamiento de la Cordillera Central

permitió el desarrollo de una cuenca foreland sobre la actual Cordillera Oriental y las cuencas del Putumayo y los Llanos (Gomez et al., 2005), cuyos depósitos actuaron como la sobrecarga necesaria que permitió que los intervalos generadores alcanzaran la ventana de generación de hidrocarburos (Ecopetrol-ICP, 2012). Este evento también permitió el depósito sobre zonas hasta ese momento expuestas a la erosión. Sin embargo, en la cuenca Yarí-Caguán no hubo depósito durante el Paleoceno, solo es en el Eoceno cuando los depósitos de esta edad se acumulan sobre basamento cristalino y las rocas del Paleozoico (Ecopetrol-ICP, 1997). Así mismo, los depósitos que se extendieron sobre el Oriente Colombiano durante esta época (Eoceno), constituyen actualmente uno de los principales reservorios en las cuencas Llanos, Yarí-Caguán y Putumayo, incluyendo también los depósitos del Oligoceno en la cuenca Llanos, en sus facies más proximales al cratón que sucesivamente fueron cubriéndolo cada vez más hacia al este (Cooper et al., 1995; Bayona et al., 2008).

El inicio de la inversión y levantamiento de la actual Cordillera Oriental, desplazó el sistema de cuenca foreland hacia el este, aislando la cuenca del Magdalena y convirtiéndola en una cuenca intramontana de backarc. Este levantamiento generó un segundo pulso de sobrecarga de sedimentos durante el Oligoceno Tardío-Mioceno que permitió la maduración de nuevas zonas de cocina, además de la generación de trampas estructurales nuevas y la modificación de las ya existentes por los eventos deformativos anteriores (Ecopetrol-ICP, 2012).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS

##### 3.1.1 Suroccidente de cuenca llanos y norte de serranía de la macarena.

**Albiano – Cenomaniano (Formación Une):** En el área del Río Ariari no fue posible medir en su totalidad la formación UNE. La Columna medida (100m) en el Caño Esmeraldas, Municipio Cubarral, Meta, (figura 5), corresponde a un intervalo localizado hacia la base y parte media de la Formación Une, figura 11. Las características litológicas identificadas en el Caño Esmeraldas, se correlacionaron con la columna estratigráfica medida por Ecopetrol-ICP, 2015 en el Caño Lejía, Municipio de Guamal, Meta, (figura 5), donde fue medido un espesor de aproximadamente 550 m para la Formación Une.

De manera general la Formación Une en el sector suroccidental de Cuenca Llanos inicia a la base con un Conglomerado oligomictico de cuarzo lechoso, con clastos y guijos angulares a subangulares, matriz soportado que se superpone discordantemente contra rocas del Grupo Quetame. Transicionalmente la secuencia basal va cambiando hacia las rocas dominantes dentro de la Formación Une. Series de Capas masivas de cuarzoarenisca, con colores blanco, beige claro y gris claro, bien cementada, tamaño de grano predominante entre fino y medio con presencia de granos tamaño grueso y clastos de lodo, predominio de granos subredondeados a redondeados, selección moderada y buena, cemento de sílice y presencia de algunos estilolitos. Las capas en su mayoría de espesores entre 1 y 5 metros se desarrollan con tendencia granodecreciente. Ambientalmente los depósitos son de dominio fluvial hacia la parte basal y media. Estas características se identifican en la sección levantada en el caño Esmeraldas, figura 11. En los

intervalos con preservación de capas más espesas es posible identificar depósitos que inician con superficies de erosión, creadas por eventos de alta energía, seguidas de conglomerados basales, areniscas media, areniscas finas y en algunas ocasiones se preserva láminas y pequeñas capas de material fino que va desde shale a shales carbonosos. Comúnmente los intervalos con mejor preservación se asocian a niveles de areniscas de tamaño medio/fino con estratificación cruzada y cruzada planar, producto del alto canibalismo del medio durante la depositación de este tipo de depósitos fluviales.

Hacia el tope de Formación Une se identifica una rápida ingresión marina. El dominio de cuarzoareniscas de origen fluvial presenta un cambio transicional hacia capas heterolíticas con laminación ondulosa, ripples y bioturbación, asociadas a ambientes transicionales de dominio estuarino. La aparición de capas tabulares de limolita negra con laminación planoparalela alternadas con heterolíticas en menor proporción, evidencia el cambio a un dominio netamente marino, el cual se desarrolla completamente dentro de la Formación Chipaque.

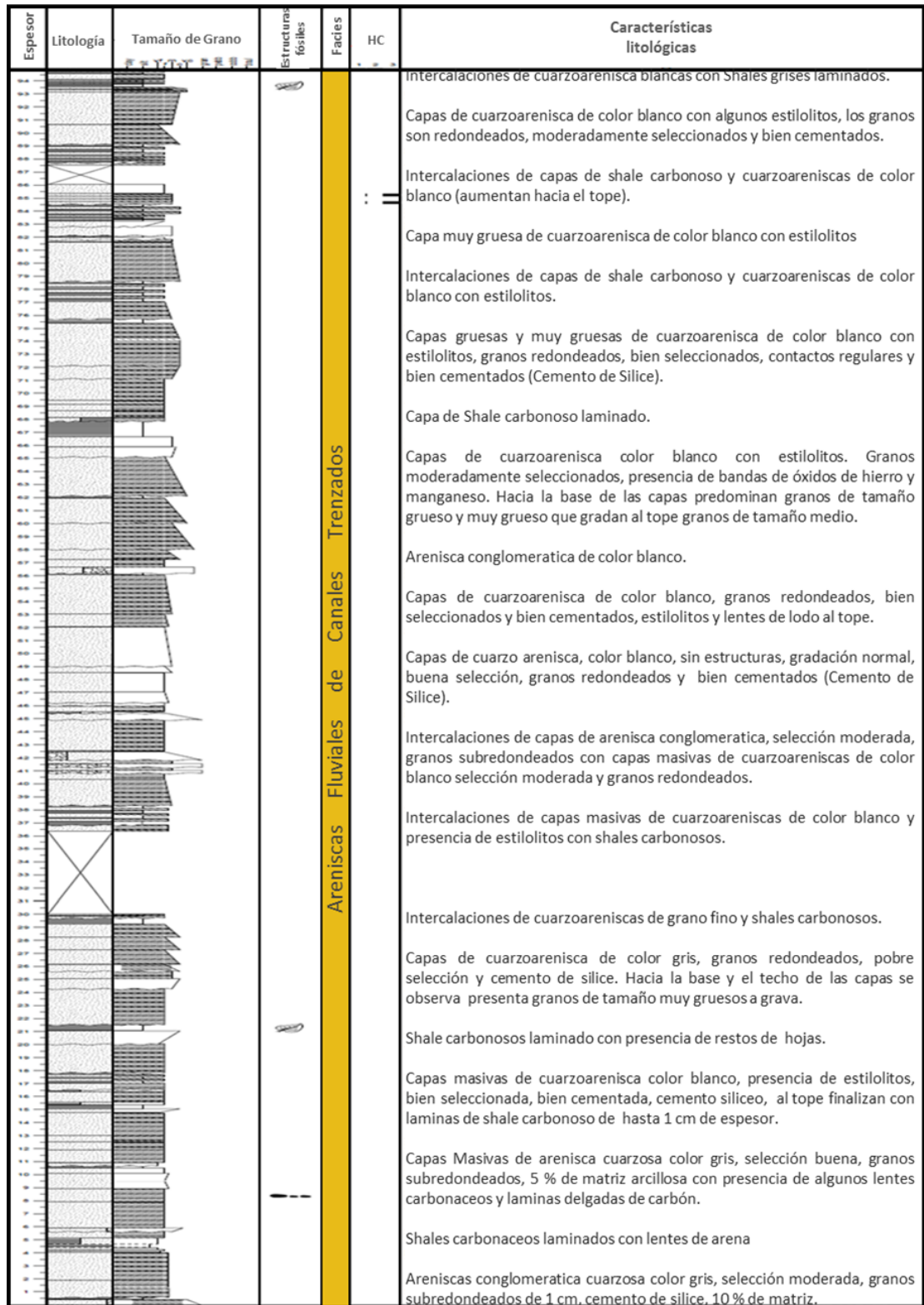
Basado en datos bioestratigráficos la edad de la Formación Une en el sector suroccidental de Cuenca Llanos y la Serranía de la Macarena corresponden al intervalo Albiano/Cenomaniano.

Las características litológicas de la Formación Une en el área norte de la Serranía de la Macarena (Río Güejar), se obtuvieron a partir de la columna estratigráfica La Recebera y el corazón del pozo CPO-16 ST-5. En esta área el espesor de la Formación Une es aproximadamente entre 100 y 120 metros, desde su base discordante sobre el Grupo Güejar de edad paleozoico (Trumpy, 1943; Harrington and Kay, 1951; Bridger, 1982).

En la Serranía de la Macarena no se evidencia la transición hacia los shales de la Formación Chipaque, ya que las rocas coetáneas a esta transición cambian

lateralmente de facies a un dominio netamente arenoso, por lo cual solo a partir de datos bioestratigráficos es posible identificar el tope de la Formación Une. La secuencia es dominada por capas tabulares de cuarzoarenitas de grano fino/medio, color blanco y gris claro, selección mala a moderada, dominio de estratificación cruzada y presencia de rizaduras. En los intervalos medio y superior se observa evidencias de laminación flaser y wispy acompañadas de escasas láminas y capas de arcillolitas, de color gris oscuro con laminación plano paralela continua. A la base de la sección ambientalmente corresponde a un posible dominio fluvial con influencia de mareas, en el resto de la sección se identifica un claro dominio mareal dominado por una planicie arenosa.

**Figura 11. Columna estratigráfica, Quebrada Esmeraldas, Cubarral , Meta.**



**Turoniano – Santoniano (Formación Chipaque):** La Formación Chipaque (Hubach, 1957; Renzoni, 1963; Miller, 1979) se reconoce como los estratos predominantemente lodolíticos que en el Flanco Oriental de la Cordillera Oriental y en el Piedemonte Llanero suprayacen la Formación Une e infrayacen el Grupo Guadalupe.

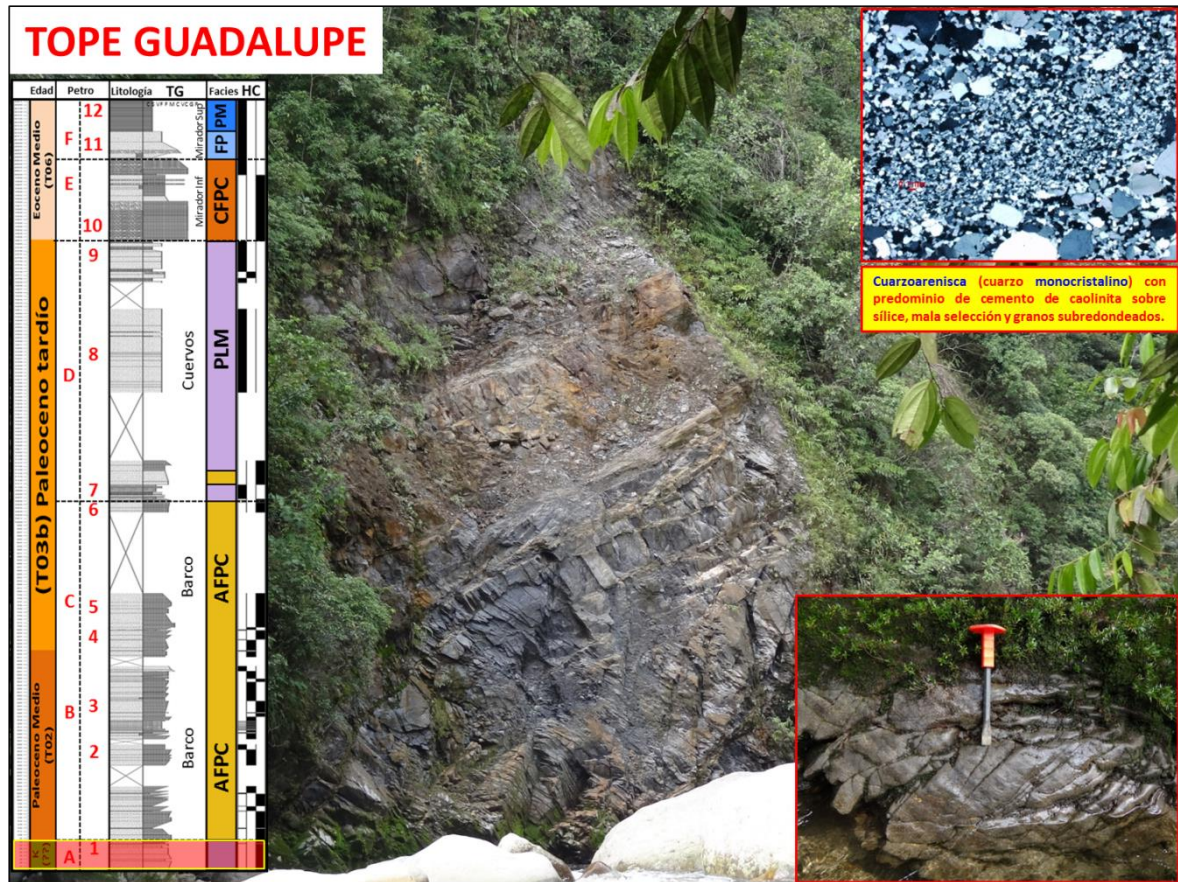
En el sector del Río Ariari no fue posible levantar alguna columna que representase este intervalo de tiempo. Sin embargo para el área Sur de la Cuenca Llanos, Ecopetrol-ICP, 2015 reporta la ocurrencia de la Formación Chipaque en el caño Lejía. Corresponde predominantemente a Limolitas negras, con lentes muy delgados de cuarzoarenitas de grano muy fino y Limolitas negras con laminación planoparalela. Hacia la base se observan estratos de cuarzoarenitas de grano muy fino intercaladas con limolitas negras las cuales cambian transicionalmente hacia un dominio lodoso. Esta transición hacia las facies limolíticas dominantes de la Formación Chipaque se reconoce desde el tope de la Formación Une.

Para el área de la Serranía de la Macarena en el mismo intervalo de tiempo se reconoce un evidente cambio de facies. Este intervalo es dominado por areniscas cuarzosas de color amarillo claro, gris claro y blanco con tendencia granodecreciente. El tamaño de grano varía desde muy grueso con gránulos ocasionales hasta grano medio a fino. Los granos en su mayoría son entre subangulares y subredondeados y la selección entre moderado y buena. La estratificación cruzada y las rizaduras dominan el intervalo; adicionalmente se observan estructuras flaser, laminación linsen, laminación wispy e intraclastos de lodo, evidencias que se asocian a dominios mareales de carga mixta dentro de una planicie arenosa. En algunos escasos niveles no mayores a 50 cm se identifican intercalaciones de arcillolitas color gris oscuro con laminación planoparalela, contenido de materia orgánica y escasa bioturbación, estas facies finas se pueden asociar pequeñas ingresiones marinas dentro del dominio mareal.

### **Santoniano – Campaniano (Formación Guadalupe)**

En el área de Río Ariari no se encontró la sección completa de la Formación Guadalupe. Basados en la Columna estratigráfica medida en el Quebrada Aguas Claras, Municipio de Cubarral, Meta (figura 5), se encontró hacia el tope de la Formación Guadalupe, figura 12, capas con espesores entre 1 y 3 metros de cuarzoarenitas, color gris oscuro, con dominio de estratificación cruzada y tendencia granodecreciente y granocreciente dependiendo el dominio de influencia de la marea. Tamaños de grano predominante entre medio a grueso, granos subredondeados a redondeados y regular selección. Contenido de intraclastos lodosos hacia el tope de las capas y tendencia granodecreciente en su mayoría. Es importante resaltar las principales características identificadas a partir de las secciones delgadas descritas. Se destaca la composición de cuarzoarenisca de cuarzo monocristalino, cemento de caolinita, regular selección, granos subredondeados y disposición en láminas de arena. La ausencia de cuarzo policristalino y el claro dominio de cuarzoarenitas al tope de la Formación Guadalupe denota una relación directa de la procedencia de los sedimentos desde el cratón Guayanés para este periodo de tiempo.

Figura 12. Afloramiento de la Formación Guadalupe. Quebrada Aguas Claras.



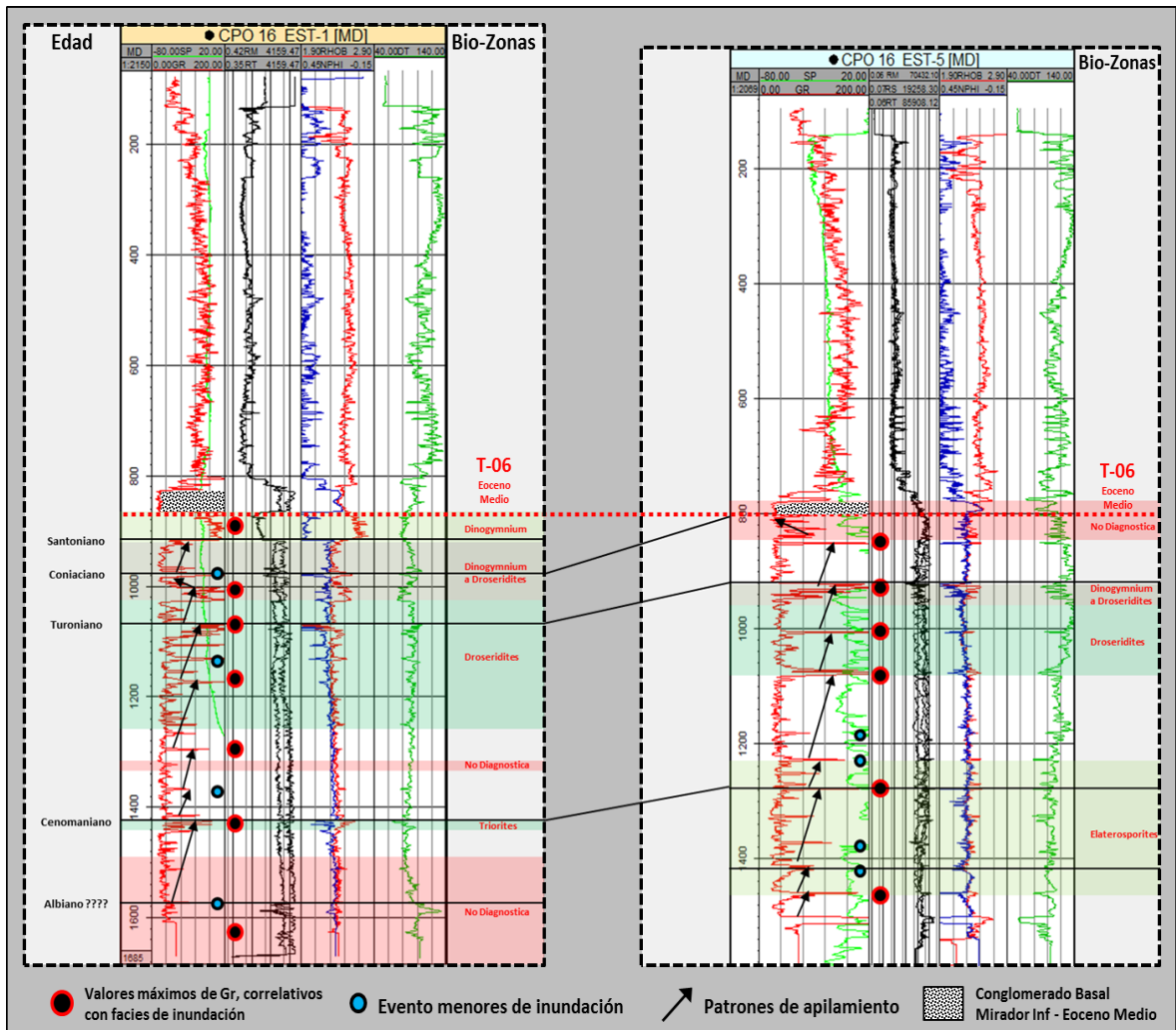
Hacia el norte de la Serranía de la Macarena el intervalo Santoniano – Campaniano es dominado por paquetes amalgamados de cuarzoarenitas y areniscas cuarzosas de grano medio a grueso. Las capas en su mayoría presentan estratificación cruzada y en menor proporción se observan niveles con rizaduras. Predominan colores claros entre tonos grises y beige. Hacia el medio de la serie se encuentran algunos paquetes de conglomerados finos con matriz arenosa gruesa, masivas y niveles de Intercalaciones de conglomerados finos cuarzosos con areniscas gruesas con estratificación cruzada planar de bajo ángulo.

Al comparar la características del intervalo de Formación Guadalupe medido en la quebrada Aguas Claras y la respuesta de los registros de los pozos Humadea-1,

Cristal-1 y Coronado-1 ubicados al Sur de la región del río Ariari con la sección descrita en el pozo CPO-16 ST-1 ubicado en el extremo norte de la Serranía de la Macarena, se identifica un cambio lateral de facies. La sección pasa de un dominio mareal influenciado por niveles de plataforma marina a un dominio marino somero dentro de una planicie arenosa.

En el núcleo del pozo CPO-16 ST-1 al tope del Cretácico Superior, bajo la discordancia del Eoceno medio, se identifica un nivel de aproximadamente 16 metros, de arcillolitas masivas y laminadas de color gris oscuro con materia orgánica y muy baja bioturbación. Este intervalo de edad Campaniano se presenta como la única evidencia de un dominio marino de plataforma sobre la Serranía de Macarena (figura 13). Estas arcillolitas son correlativas con un evento de inundación fuertemente desarrollado entre el Santoniano y el Campaniano en el suroccidente de Cuenca Llanos. Al sur del pozo CPO-16 ST-1, este intervalo se encuentra erodado.

**Figura 13. Correlación, pozos CPO-16 ST-1 y CPO-16 ST-5, norte de la Serranía de la Macarena.**

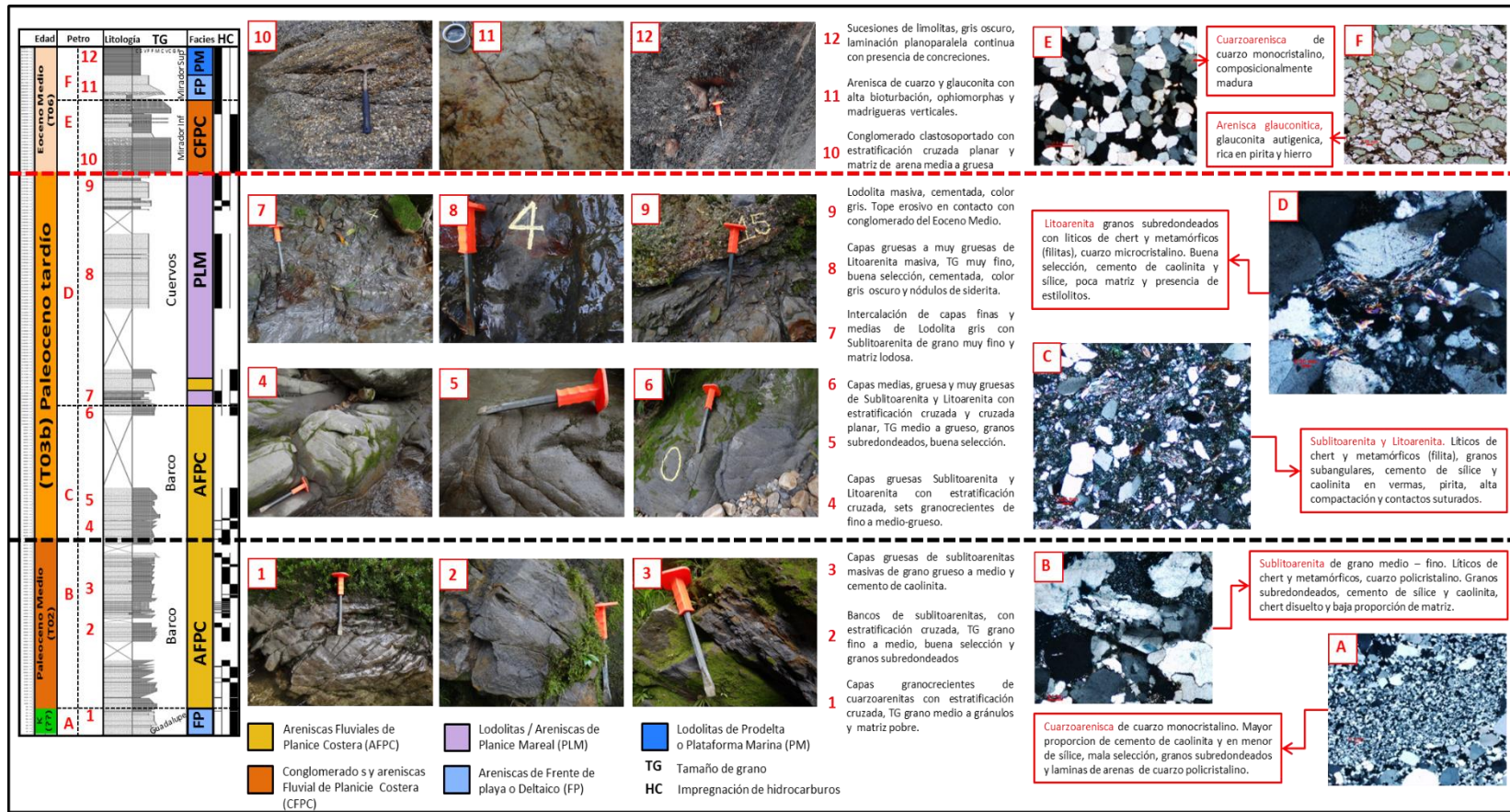


En la columna estratigráfica compuesta quebrada Aguas Claras – quebrada Perro loco, figura 14, se observan las principales características litológicas de las Formaciones Barco, Cuervos, Mirador Inferior y Mirador Superior, Formaciones que comprende el intervalo de tiempo Paleoceno Medio – Eoceno Medio.

En el suroccidente de la Cuenca Llanos, la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán no existe ningún reporte de la presencia de rocas de edad Paleoceno temprano. Durante este periodo de tiempo se asocia a una ventana

erosiva la cual se extiende hasta el Eoceno Medio en la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán, donde se encuentra erodado todo Maastrichtiano y gran parte del Campaniano (figura 13).

**Figura 14. Columna estratigráfica compuesta quebrada Aguas Claras – quebrada Perro loco. Principales características litológicas de las Formaciones Barco, Cuervos, Mirador Inferior y Mirador superior.**

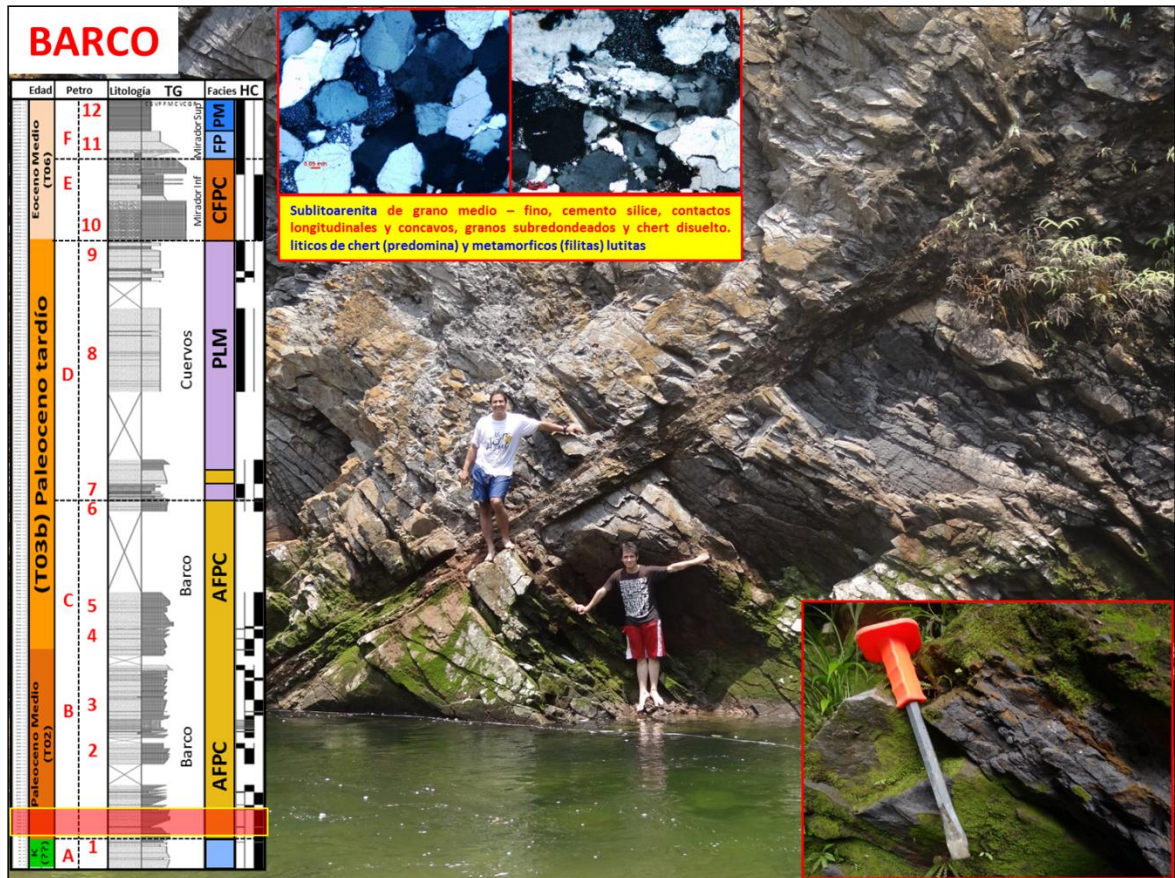


## **Paleoceno Medio y Tardío (Formación Barco)**

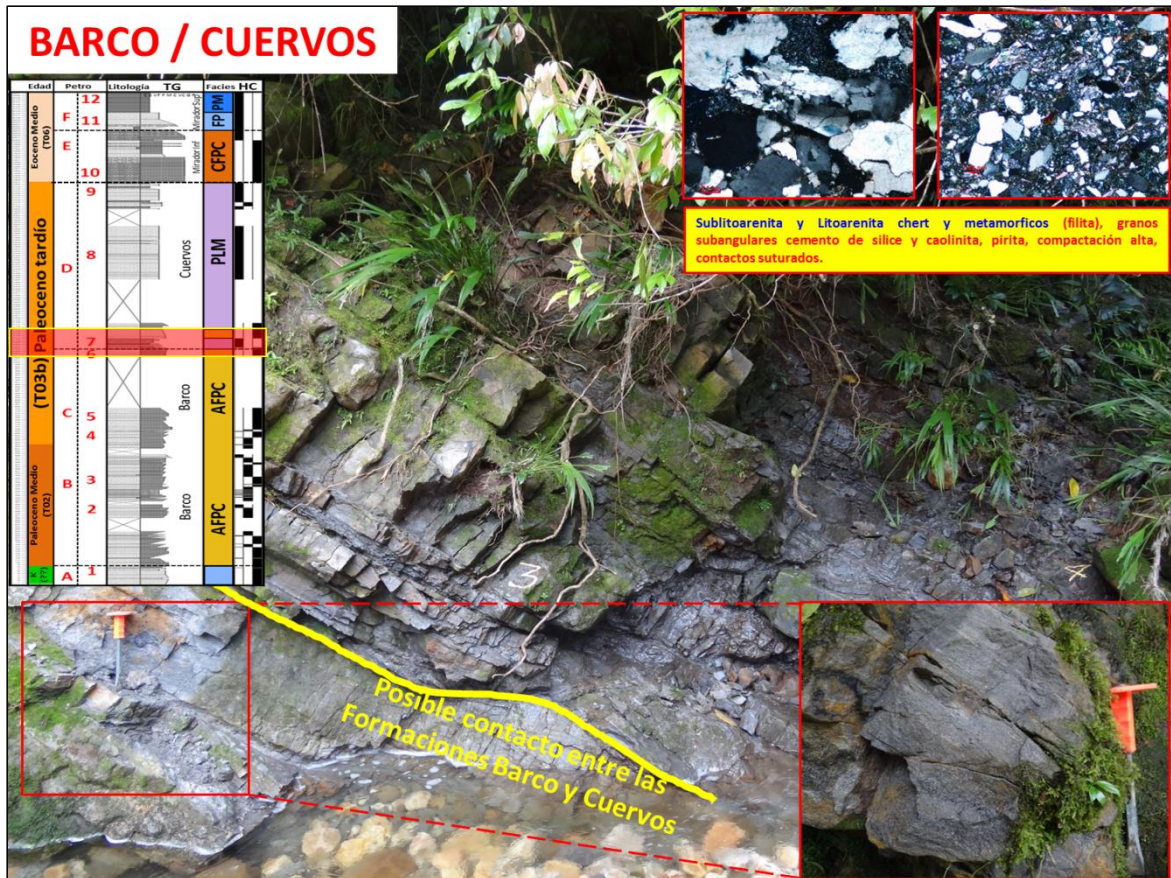
En el Suroccidente de Cuenca Llanos, la Formación Barco se encuentra en relación discordante sobre la Formación Guadalupe. Basados en la Columna estratigráfica medida en el Quebrada Aguas Claras, el intervalo Paleoceno Medio (figuras 14 y 15) corresponde de manera general a capas medias y gruesas de cuarzoarenitas y sublitoarenitas con tendencia predominante granocreciente. Normalmente el tamaño de grano a la base de las capas es muy fino a fino y grada a medio (parte media) y grueso (al tope). La estratificación cruzada unidireccional domina en la sección. Las areniscas presentan matriz pobre, granos subredondeados y buena selección.

Hacia el tope de la Formación Barco se observa un cambio transicional (figura 16) hacia capas con espesores entre 3 y 7 metros de sublitoarenitas y litoarenitas de grano fino, masiva, compacta, matriz lodosa, buena selección y presencia de laminillas de material carbonoso. El cambio litológico continúa con la aparición de capas delgadas de sublitoarenitas y litoarenitas de tamaño de grano muy fino a fino, intercaladas con capas delgadas y láminas de limolita arenosa masiva de color gris oscuro. En este punto se establece el contacto entre la las Formaciones Barco y Cuervos, así como el cambio entre un dominio principal de facies de areniscas fluviales de Planicie Costera e influencia menor de ambientes supramareales y mareales, hacia facies de lodolitas y areniscas de planicie mareal.

Figura 15. Afloramiento de la Formación Barco. Quebrada Aguas Claras.



**Figura 16. Contacto transicional entre la Formaciones Barco y Cuervos. Quebrada Aguas Claras.**



### **Paleoceno Tardío (Formación Cuervos)**

El intervalo Paleoceno Tardío (Formación Cuervos) se encuentra a la base en contacto transicional con la Formación Barco.

En la Columna estratigráfica medida en el Quebrada Aguas Claras (figuras 14 y 17), se observa a la base capas masivas sublitoarenitas de tamaño de grano medio y grueso a tamaño de grano muy fino a fino, con granos subredondeados y buena selección. Estas rocas están compuestas por cuarzos y líticos negros. Presentan cemento de caolinita y bajo contenido de matriz.

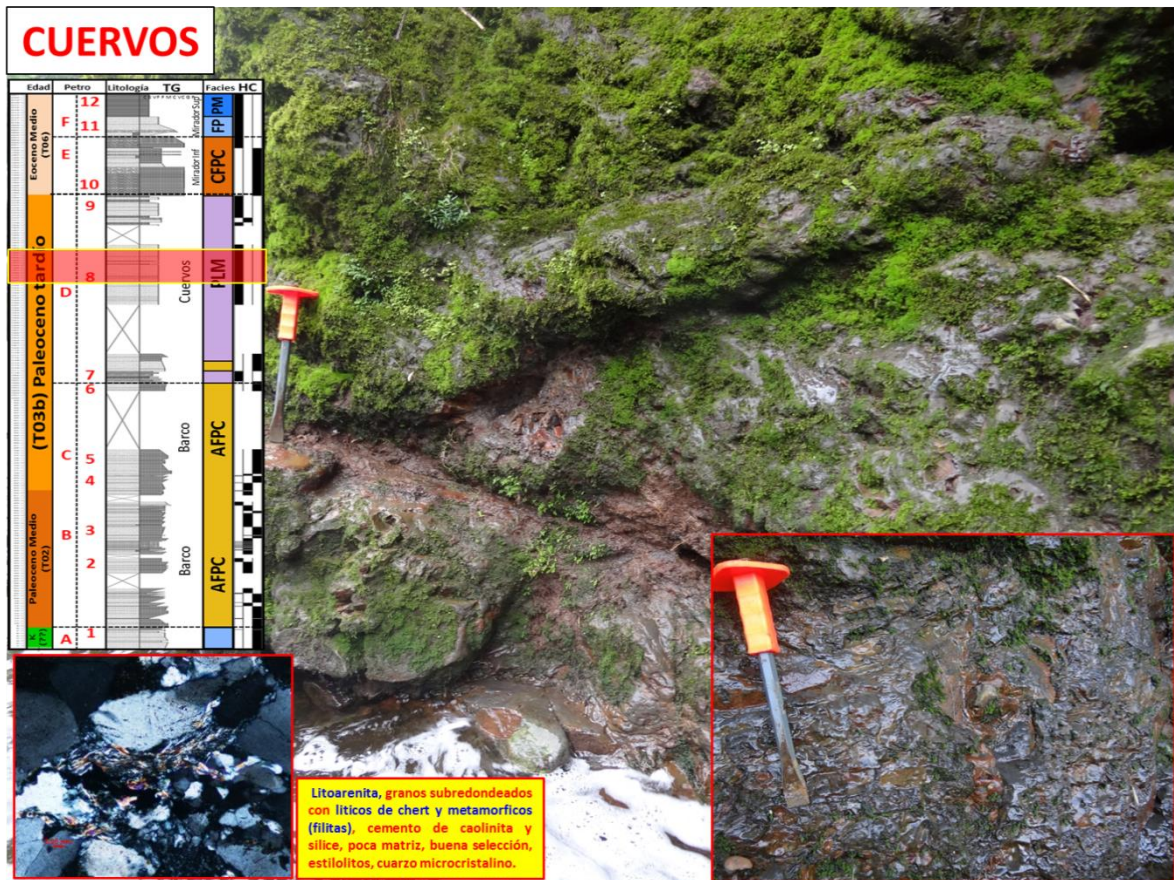
Hacia la parte media de Formación Cuervos se identifican bancos de sublitoarenitas y litoarenitas masivas de color gris medio, tamaño de grano muy fino y buena selección. Estos bancos se observa compactos y con presencia de nódulos de siderita.

Al tope del intervalo Paleoceno Tardío se observa una interestratificación de capas de 1 a 2 metros de lodolita masiva color gris claro con capas de 2 a 5 metros de litoarenitas masivas y con estratificación planoparalela, el tamaño de grano es muy fino, presenta granos son redondeados y una buena selección.

Al tope de la Formación se observa un claro contacto discordante con los conglomerados basales de la Formación Mirador de edad Eoceno Medio.

El ambiente de depósito de la Formación Cuervos se mueva a la base desde facies fluviales de Planicie Costera las cuales cambia rápidamente a facies de Planicie Mareal, como resultado del evento transgresivo que domina la sedimentación del Paleoceno en el área.

Figura 17. Formación Cuervos. Quebrada Aguas Claras.



En la Serranía de la Macarena no existe reporte de la existencia de rocas de edad Paleoceno. En los pozos CPO-16 ST-01 y CPO-16 ST-05 se encontraron rocas de edad Eoceno Medio sobre el Cretácico Superior (figura 13).

### Eoceno Medio (Formación Mirador inferior)

La base de la Formación Mirador inicia con un conglomerado basal de amplio cubrimiento regional. En el Suroccidente de Cuenca Llanos este conglomerado basal se encuentra en relación discordante sobre sedimentos de edad Paleoceno Medio, Paleoceno tardío y Cretácico Superior. La relación discordante con rocas de edad Paleoceno se extiende hasta el sur de la región del río Ariari a la altura del Pozo Humadea-1 (figura 5), último pozo donde se reporta la presencia del

Paleoceno. Al sur de esta área la Formación Mirador se encuentra en contacto discordante con rocas de edad Cretácico Superior.

Específicamente en la Región del Río Ariari el Eoceno Medio se encuentra en contacto discordante con rocas de edad Paleoceno Tardío según lo observado en las Columna estratigráficas medidas en las Quebradas Perro Loco y Aguas Claras, (figuras 14 y 18).

**Figura 18. Contacto erosivo Paleoceno Tardío – Eoceno Medio. Quebrada Aguas Claras.**



Hacia la base del intervalo Eoceno Medio (Formación Mirador inferior) se observa un conglomerado clasto soportado (figuras 14 y 19), con matriz de tamaño arena media y presencia de estratificación cruzada planar. El intervalo más basal

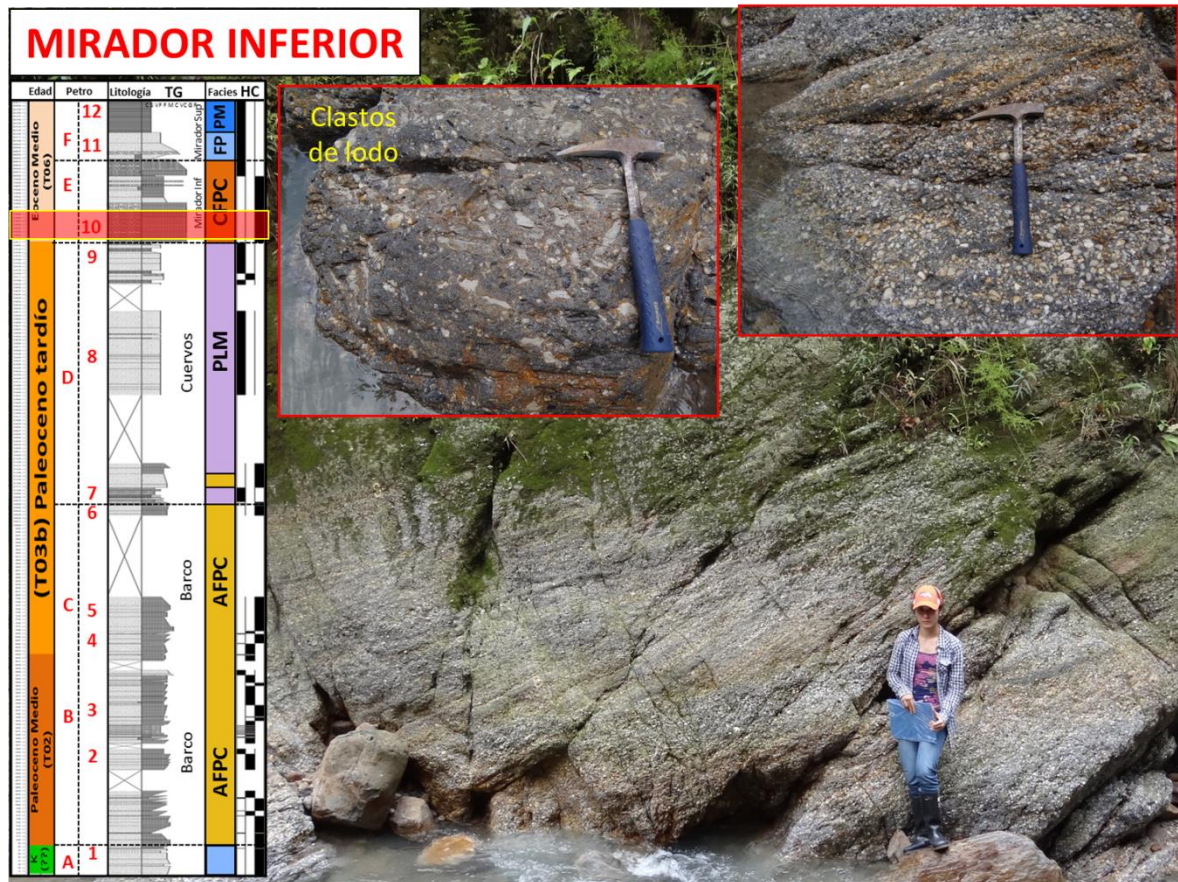
contiene intraclastos de lodo, seguido por clastos subredondeados de cuarzo de tamaño granules y pebbles los cuales dominan la sección. En menor proporción se observa la presencia de plagioclasas alteradas (Caolinita) y arcillolitas de color negro.

Seguido al conglomerado basal en la parte intermedia de la Formación Mirador inferior continua la relación granodecreciente hacia capas de 1 a 3 metros de espesor que gradan desde conglomerados depositados sobre superficies de reactivación hasta cuarzoarenitas de grano fino ligeramente conglomeráticas con estratificación cruzada planar y lodolitas arenosas de color gris claro figura 20. La sección intermedia finaliza con conglomerado clastosoportado de color gris claro, matriz de arena fina a muy fina, clastos principalmente de cuarzo de tamaños granules y pebbles. Dicho conglomerado presenta bandas plano paralelas de cuarzoareniscas de tamaño de grano grueso cada 10cm aproximadamente.

Al tope del Mirador inferior se observa un conglomerado color gris claro matriz soportado con clastos de cuarzo principalmente de tamaños granules y pebbles. La matriz es lodosoportada y hay presencia de pirita hacia el tope (5%).

Ambientalmente la facies se asocian con conglomerados fluviales de Planicie de ríos trenzados, depositados en eventos de bajada. El espesor de este evento basal de dominio conglomeratico en el área del Rio Ariari es de 30 metros según lo medido en la quebrada Perro Loco.

**Figura 19. Conglomerado Basal, Eoceno Medio (Mirador inferior). Quebrada Perro loco.**



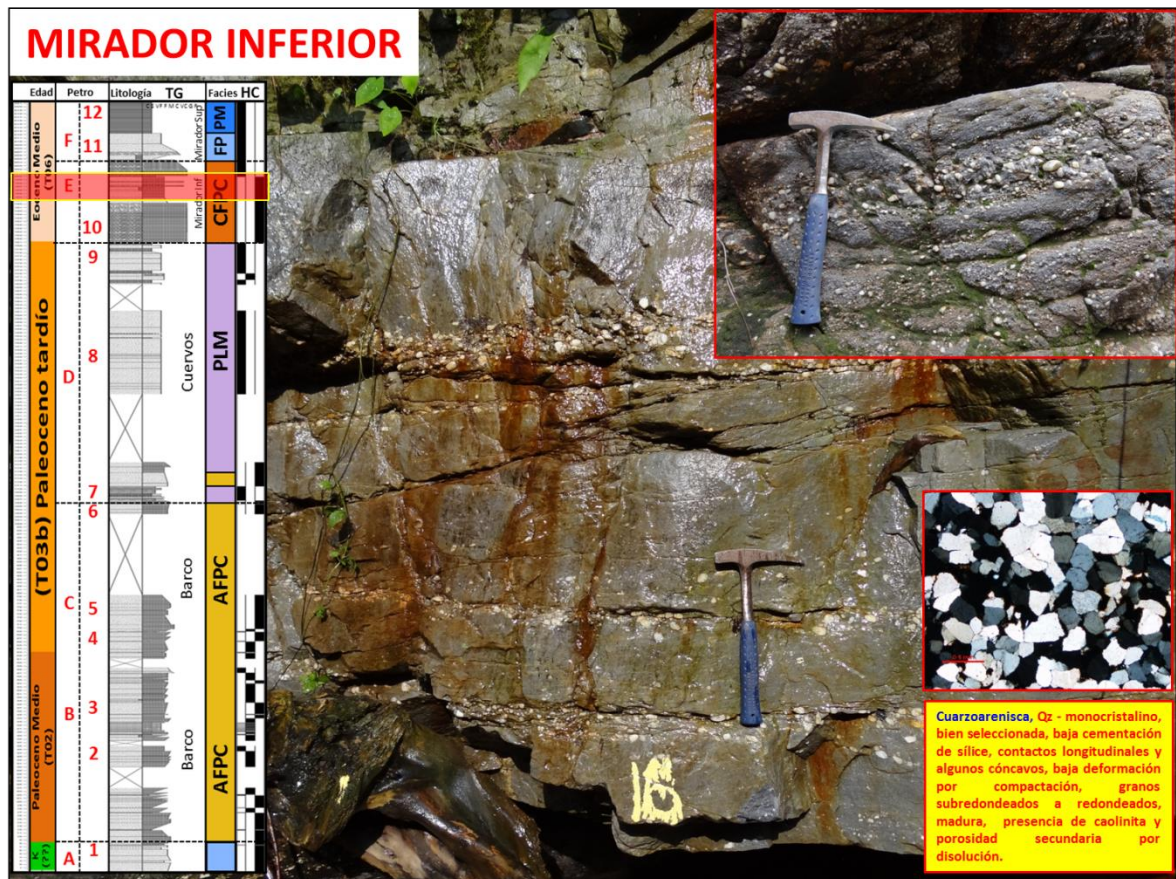
En el Norte de la Serranía de la Macarena el Eoceno medio se encuentra discordante sobre el intervalo Campaniano o Santoniano, dependiendo la intensidad de la erosión.

En esta área la sección basal la conforman capas muy gruesas de conglomerados clasto soportados y matriz soportados de cuarzo lechoso. Los clasto soportados son de guijos y guijarros lechosos redondeados a subredondeados con contactos puntuales, la matriz es de arenita fina a media de cuarzo angular con contenido de arcilla. Hacia el tope de la secuencia conglomeratica se observa un cambio a arenita media conglomeratica que pasa gradualmente a un conglomerado matriz

soportado de cuarzo lechoso, guijarras subredondeados a subangulares, matriz de arena media a fina de cuarzo subangular.

El ambiente de depósito se mantiene constante en relación a lo encontrado en la región del río Ariari (conglomerados fluviales de Planicie de ríos trenzados, depositados en eventos de bajada). El espesor del intervalo basal en el norte de la Serranía de la Macarena es de 50 ft (15 -16 metros), figura 13, disminuye a cerca de la mitad con relación al espesor medido en la quebrada Perro loco.

**Figura 20. Areniscas conglomeraticas, Eoceno Medio (Mirador inferior). Quebrada Perro loco.**



## **Eoceno Medio (Formación Mirador Superior)**

Sobre el intervalo que conforma la sección conglomerática basal, el Eoceno Medio continúa bajo un dominio granodecreciente que grada a paquetes gruesos de arenisca cuarzosa y arenisca glauconítica de tamaño de grano medio a fino, color gris oscuro y alta bioturbación (figuras 14 y 21). Estas areniscas con alta bioturbación hacen parte de la Formación Mirador superior y ambientalmente se asocian con facies de areniscas de frente de playa.

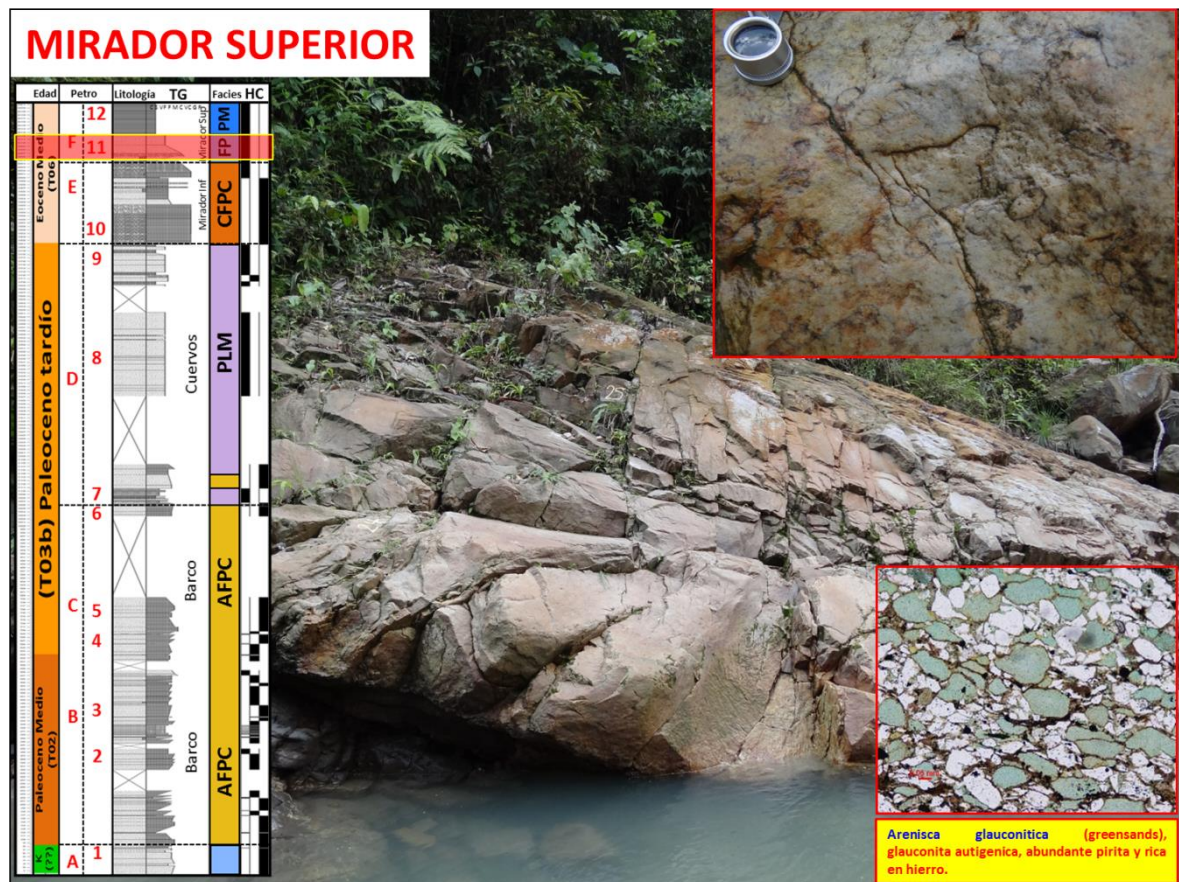
El Eoceno Medio finaliza con capas de entre 2 y 4 metros de lodolita color gris oscuro (fisil). Se observa colores abigarrados en las superficies expuestas, figura 22. La presencia de material arenoso disminuye hacia el tope donde se establece un dominio netamente lodoso con contenido de clastos de arcillolitas color negro tamaño pebbles.

El ambiente de depósito cambia a facies de Lodolitas de Prodelta o Plataforma Marina. Este comportamiento hacia facies más profundas se mantiene hasta la Formación Carbonera C8 de edad Oligoceno temprano, según lo reportado por Ecopetrol-ICP, 2015.

En el norte de la Serranía de Macarena, el intervalo que conforma la Formación Mirador Superior está compuesto por capas de cuarzo areniscas de tamaño de grano muy fino a fino, altamente bioturbadas, interestratificadas con capas de paleosuelos de color amarillo con contenido parches de materia orgánica, presencia de raíces y pirita diseminada. En el área norte de la Serranía de la Macarena ambientalmente la formación Mirador Superior se asocia con facies de llanuras de inundación y presencia de paleosuelos que alterna con arenisca de frente playa.

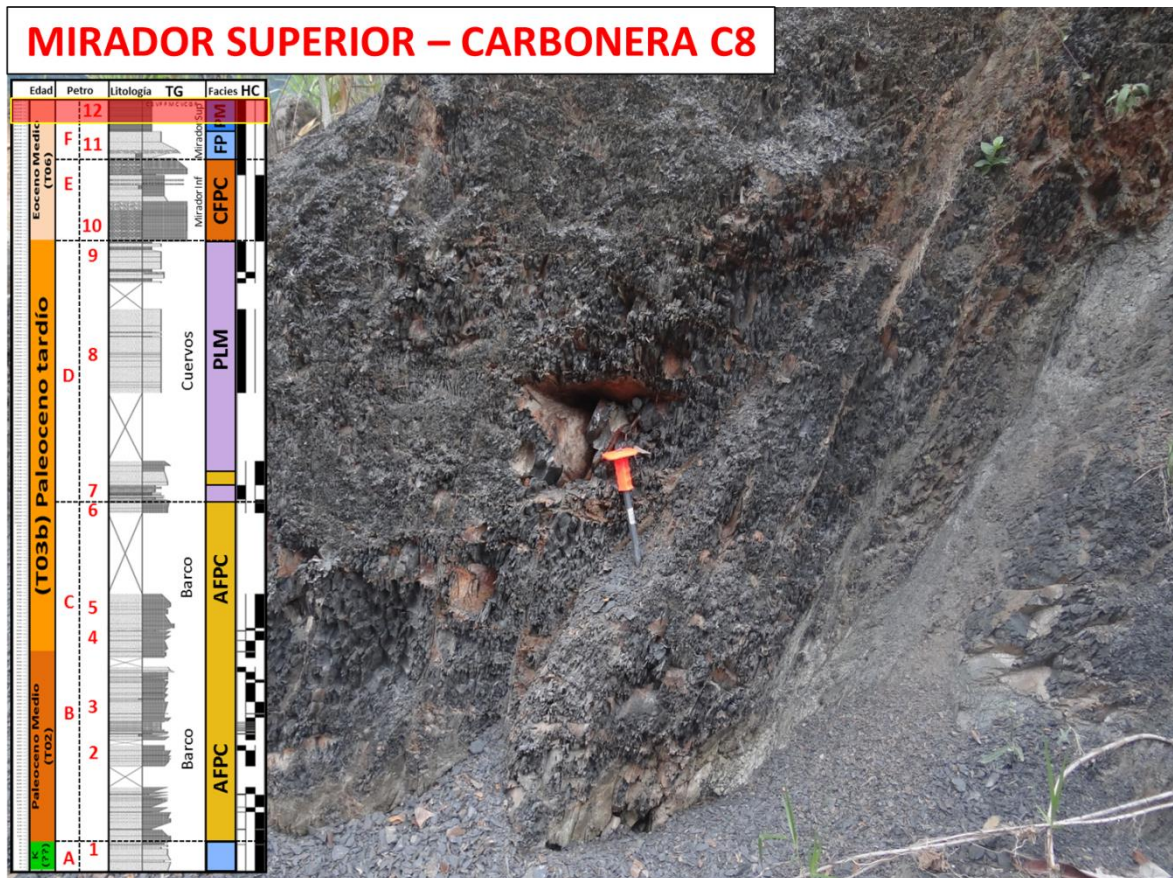
La sección Eoceno medio presentan una tendencia de depositación general de domino retrogradacional, formado dentro de un evento regional de transgresión que tiene su máxima inundación entre el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano en el Sur occidente de Cuenca Llanos.

**Figura 21. Areniscas glauconitas y bioturbadas, Eoceno Medio (Mirador Superior). Quebrada Perro loco.**



La sección Eoceno Tardío – Oligoceno Temprano se identifica desde el Sur occidente de Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo, como las facies depositadas al final de una trasgresión marina. Esta sección corresponde en su mayoría a lodolitas de plataforma marina. En Cuenca Llanos este intervalo comprende el tope de Mirador Superior (Eoceno Tardío) y Cabonera C-8 (Oligoceno Temprano).

Figura 22. Arcillolitas fisiles, Eoceno Medio (Mirador Superior – Carbonera C8). Quebrada Perro loco.



### 3.1.2 Sur de la Serranía de la Macarena y subcuenca Yarí-Caguán.

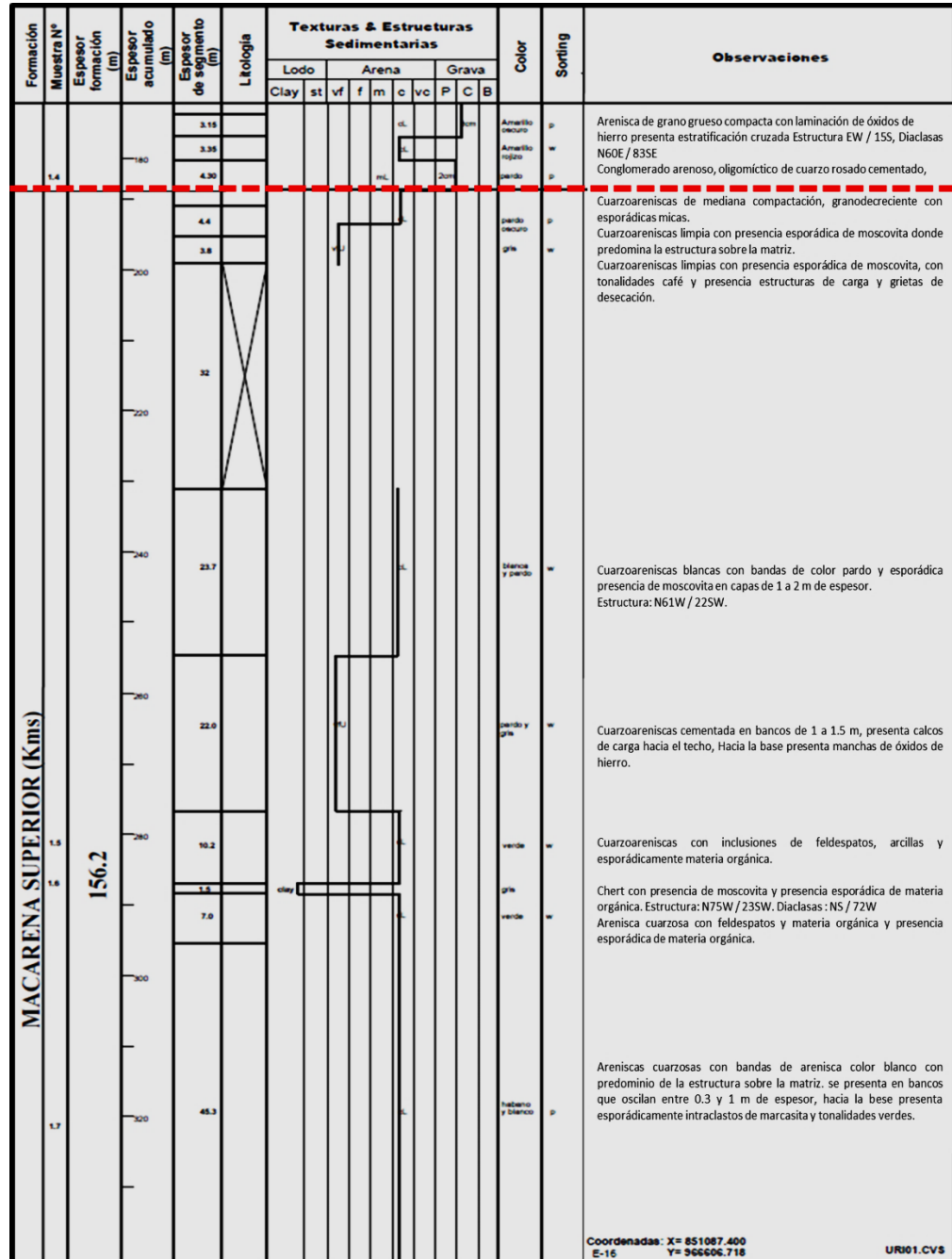
#### Cretácico Superior.

En la Sub Cuenca Yarí-Caguán el intervalo Cretácico Superior solo ha sido datado y reportado en el pozo Uribe-1 (figura 5).

Las características litológicas de los intervalos estratigráficos Cretácico Superior son basadas en la columna estratigráfica Uribe 1 (figura 23) medida por Ecopetrol-ICP, 1997 al norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán (figura 5) donde se reporta la presencia de la Formación Macarena Superior. La Formación Macarena Superior

es correlativa con la parte media y tope de la Formación Chipaque y la Formación Guadalupe (figura 2).

**Figura 23. Cretácico Superior y base del Eoceno Medio, Columna estratigráfica Uribe 1, La Uribe, Meta.**



Fuente: Modificado de Ecopetrol-ICP, 2017 (Evaluación Regional Cuenca Yari-Caguán).

Hacia el sector sur de Serranía de Macarena, Ecopetrol-ICP, 2013 realizó un trabajo de campo donde se midieron tres columnas estratigráficas (La Macarena, Bajo Losada y el Billar). Las litologías predominantes en estas columnas se relacionan fuertemente con lo encontrado en el intervalo Cretácico Superior en los pozos CPO-16 ST-1 y CPO-16 ST-5 y la Columna estratigráfica la Recebera (figura 24) al norte de la Serranía de la Macarena.

La columna compuesta para el sur de la Serranía de la Macarena se conforma a la base por la sección Macarena, sección intermedia columna Bajo Losada y sección superior columna el Billar.

El intervalo Cretácico Superior es dominado por areniscas y algunos conglomerados. La presencia de niveles de shales es escasa y los pocos intervalos muestreados presentan un recobro moderado a bajo de palinofórmos, lo cual hace compleja su datación. Si bien las asociaciones encontradas, así como el bajo número de muestras estudiadas no permitieron realizar una interpretación bioestratigráfica precisa, es posible sugerir que la edad de las rocas datadas no es más joven que Cretácico, figura 24.

La sección Cretácico superior está compuesta a la base por capas gruesas y masivas de cuarzoarenitas, las capas se observan tabulares a subtabulares de color predominantemente gris claro. El tamaño de grano dominante es fino a muy fino, con granos subredondeados y buena selección. Las rocas son maduras mineralógicamente y el cemento es en su mayoría silíceo. Las rocas presentan una bioturbación media donde se destaca la presencia de Arenicolites. Suprayaciendo los niveles arenosos se observan capas medias y lenticulares de areniscas lodosas de grano fino a medio y capas medias de lodolita arenosa de grano muy fino de color amarillo con meteorización a color rojo y laminación planoparalela.

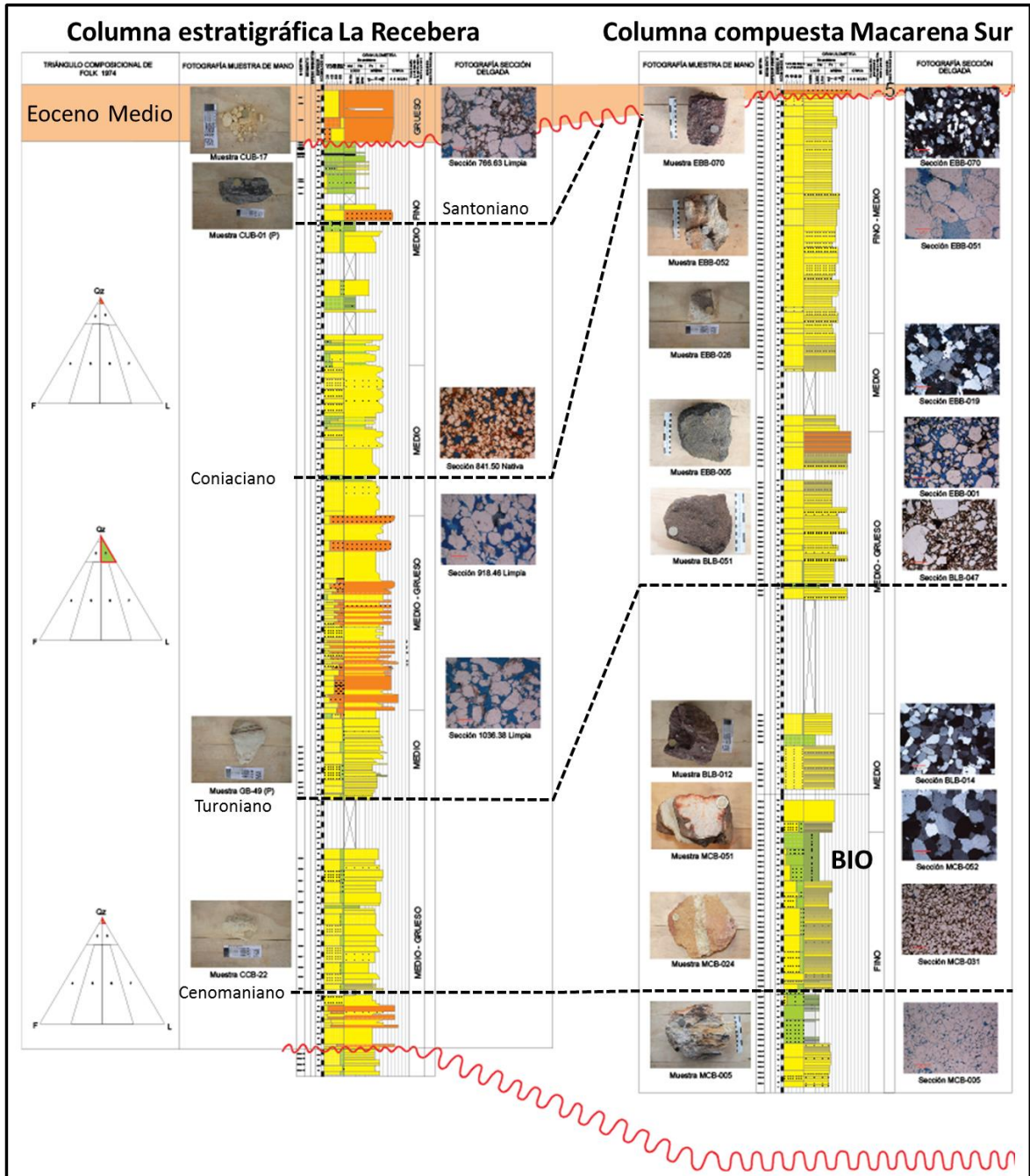
La sección intermedia se caracteriza por capas tabulares medias y gruesas de cuarzoareniscas de aspecto masivo. El tamaño de grano es fino a medio, los granos son subredondeados y la selección es buena. Composicionalmente las rocas son maduras con presencia de intraclastos de arcillolitas grises y crema. Adicionalmente, en menor proporción se observa capas medias, tabulares, masivas de conglomerados y areniscas conglomeráticas compuestos principalmente de cuarzo con granos subredondeados a subangulares.

La sección superior está formada por capas tabulares medias y gruesas de areniscas cuarzosas con tamaño de grano medio a grueso y dominio de estratificación cruzada en sets de 30 cm a 50 cm. Los contactos entre las capas son netos y se observa la presencia en algunos de niveles de intraclastos de lodo.

El contacto al tope del intervalo Cretácico Superior, sobrepone en relación discordante el conglomerado basal de la sección Eoceno Medio, figura 24.

De manera general la facies del intervalo Cretácico Superior tanto en la Sub Cuenca Yará Caguán como en el Sur de la Serranía de Macarena se mueven dentro de un dominio de mareas. Planicies arenosas hacia la Serranía de la Macarena y facies de shoreface con algunos niveles menores de plataforma marina hacia la Sub Cuenca Yará – Caguán.

Figura 24. Correlación entre el sector norte y sur de la Serranía de la Macarena. Columna estratigráfica La Recebera y Columna compuesta Macarena Sur.



Ecopetrol-ICP, 2013 basado en la descripción de 16 secciones delgadas tomadas del corazón del pozo CPO-16 ST-5, reporta que en el total de sección cretácico

superior las rocas dominantes obedecen a cuarzoarenitas de cuarzo monocristalino con cemento de caolinita y cuarzoarenitas arcillosas de matriz caolinitica.

Gomez y Perez, 2014, en su trabajo de tesis de pregrado describieron 31 secciones delgadas preparadas a partir de muestras seleccionadas en los cambios litológicos que a nivel macropetrográfico se pusiesen identificar en las columnas estratigráficas, La Macarena, Bajo Losada y el Billar. De manera general concluyen que en su totalidad las rocas corresponden a cuarzoarenitas (contenido de cuarzo mayor a 95%) con un contenido predominante de cuarzo monocristalino, variaciones en la naturaleza del cemento (cemento ferruginoso y caolinita) y el grado de sobrecrecimiento de los granos de cuarzo en relación a lo encontrada al norte de la Serranía de la Macarena.

Al igual que en la Serranía de la Macarena en la Sub Cuenca Yarí – Caguán no se reportan datos de la existencia de rocas de edad Paleoceno.

En los pozos CPO-16 ST-01 y CPO-16 ST-05 (figura 13), la Columna compuesta Macarena Sur (figura 24) y la Columna estratigráfica la Uribe 1 (figura 23) se encontró en relación discordante con el Cretácico Superior un conglomerado oligomigítico basal de edad Eoceno Medio.

### **Eoceno medio**

Las rocas aflorantes del Eoceno Medio en el sur de la Serranía de Macarena se restringen a la parte basal. El intervalo está compuesto por un conglomerado arenoso con relación matriz-armazón 55%-45% respectivamente. La matriz es arenita de grano fino, granos subredondeados, moderadamente cementada. El armazón son clastos de tamaños que varían entre gránulos y guijos (0,5cm-1cm) de cuarzo y formas subredondeadas esféricas en su gran mayoría.

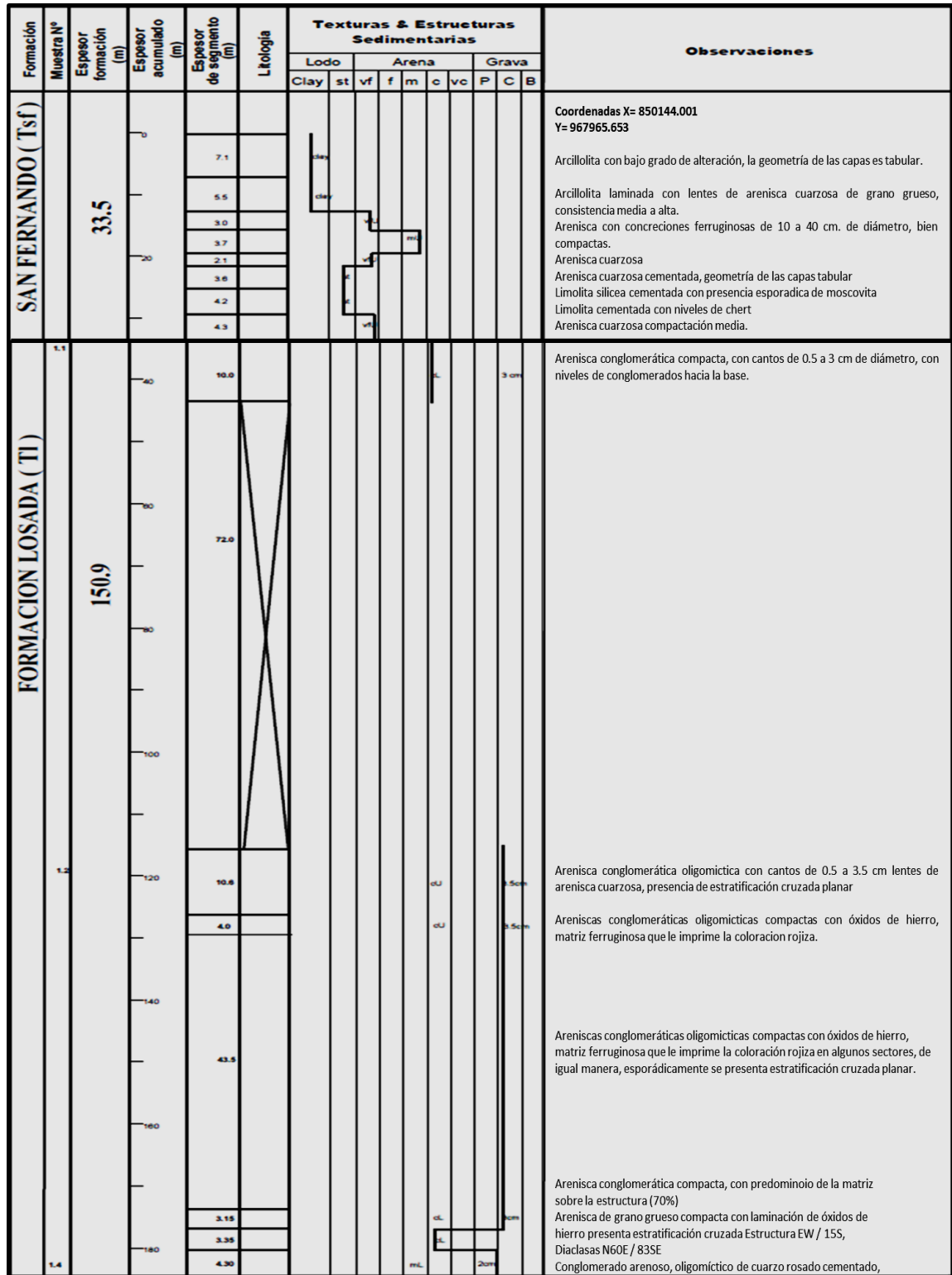
El resto de la secuencia Eoceno Medio se asume correlativa y sin cambios litológicos extremos con relación a las rocas encontradas en el área norte de la Serranía de la Macarena.

En las áreas norte y centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán el Eoceno Medio descansa discordante sobre sedimentos del Cretácico Superior, mientras que en el Sur este intervalo de tiempo se encuentra discordante sobre rocas del Macizo de Garzon.

El intervalo Eoceno Medio está compuesto por las Formaciones Losada y San Fernando (figuras 25), las cuales son correlativas con la Formación Mirador Inferior y Mirador Superior respectivamente.

Las características litológicas de la sección Eoceno Medio en la Sub Cuenca Yará – Caguán son comparables con las características identificadas en el sector suroccidente de Cuenca Llanos (figuras 24 y 25). Este intervalos de tiempo presentan una tendencia de depositación general de domino retrogradacional, el cual es controlado por un evento regional de transgresión que tiene su máxima inundación entre el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano. Ambiental la sección Eoceno corresponde a la base a conglomerados Fluviales de planicie costera, seguidos de areniscas de Frente de playa o deltaico y finaliza con lodolitas de prodelta o plataforma Marina.

Figura 25. Eoceno Medio, Columna estratigráfica Uribe 1, La Uribe, Meta.



Fuente: Modificado de Ecopetrol-ICP, 2017 (Evaluación Regional Cuenca Yari-Caguán).

### **3.1.3 Norte de la Cuenca de Putumayo**

#### **Cretácico Superior**

El intervalo Cretácico en la Cuenca de Putumayo lo conforman el tope de la Formación Caballos (Aptiano-Albiano) y la Formación Villeta (Albiano-Campaniano), Higley, 2001 y Goncalvez et al, 2002.

#### **Aptiano - Albiano (Formación Caballos).**

Según Ecopetrol (2013) (figura 26) esta formación está conformada en general por una secuencia de capas medias a gruesas de areniscas cuarzosas de color blanco, en ocasiones glauconíticas con estratificación cruzada; se presentan también intercalaciones de capas delgadas de lodolitas de color amarillo y rojo con bioturbación. La presencia de glauconita y materia orgánica carbonácea en la composición mineralógica de las areniscas evidencian que esta unidad fue depositada en un medio marino de aguas someras muy próximas a la línea de costa dentro de un mar transgresivo (ANH, 2009). El límite inferior de esta unidad es discordante tanto sobre la Formación Motema como sobre el Complejo de Garzón, mientras que el contacto superior con la Formación Villeta es transicional o neto (Ecopetrol, 2013); ANH (2009) señala que este contacto es neto y abrupto. Vergara (1994) con microfauna colectada en la quebrada Bambucá, Aipe, Huila, determinó una edad Albiana para esta Formación. Renzoni (1994) amplió el rango al Aptiano Medio - Albiano Medio para la misma sección mediante interpretación paleoambiental y regional. Renzoni (1994), indicó que las exposiciones de la unidad en Itaibe y Yaguaracito (Huila), pertenecen el Albiano Inferior y el Albiano Medio bajo. Al sur del Valle Superior del Magdalena, Beltrán y Gallo (1968) mencionan que esta unidad corresponde al Aptiano Inferior-Albiano Medio. Mora et al. (2010) indican que la edad de la Formación Caballos, con base en análisis palinológicos de muestras provenientes del pozo Catira-1 ubicado cerca de

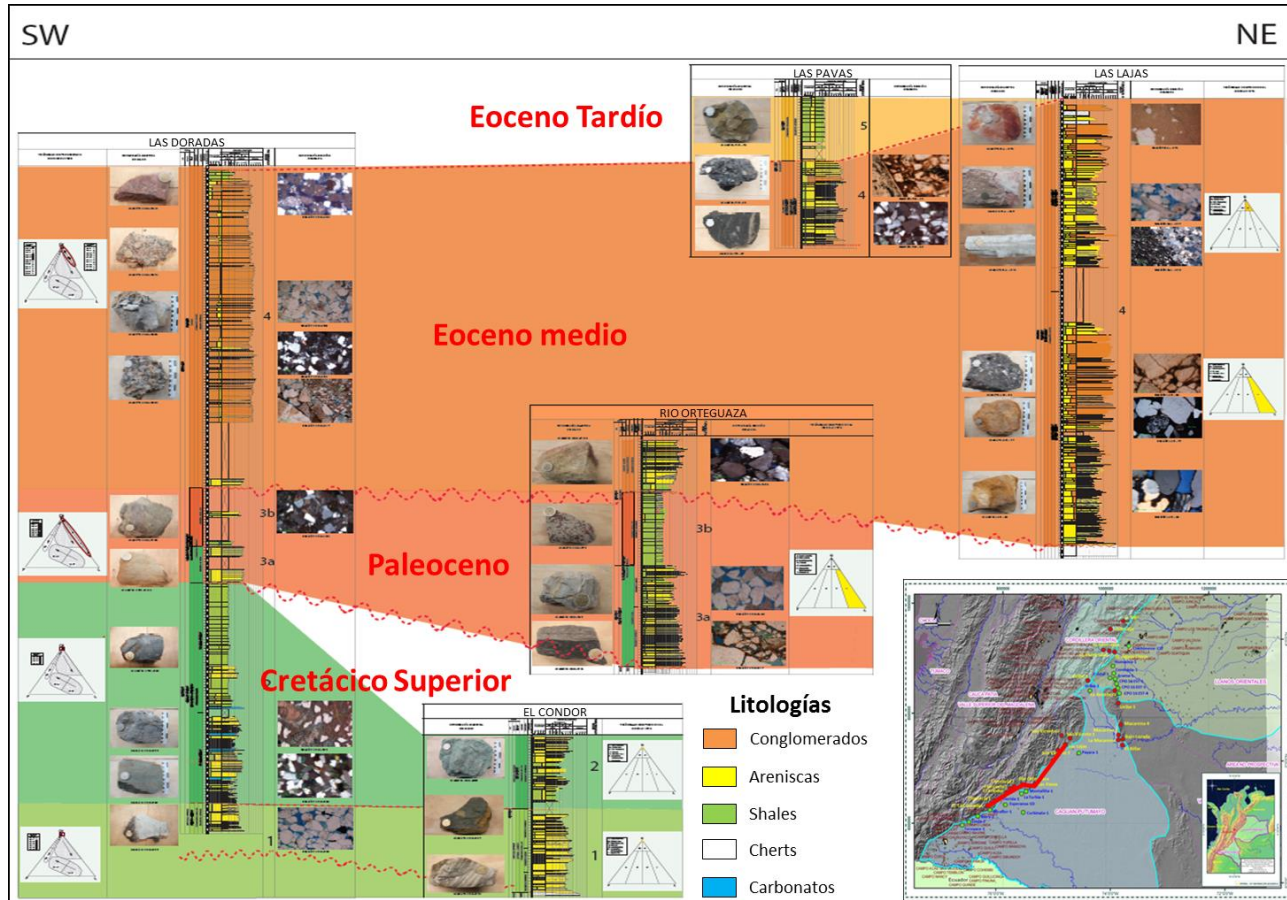
Yurayaco, al occidente de la Plancha 431-Piamonte, es Albiano tardío a Cenomaniano.

### **Albiano-Campaniano (Formación Villeta).**

Según Ecopetrol (2013) (figura 26) la Formación Villeta está en contacto neto y concordante con la infrayacente Formación Caballos; su límite superior es neto con las areniscas del Miembro El Neme de la Formación Rumiayaco. Núñez (2003) con palinomorfos le asigna a esta unidad una edad Cenomaniano-Santoniano.

Esta formación se encuentra dividida en dos miembros: el miembro Villeta Inferior conformado por facies más gruesas de grainstone, packstone, packstone /wackstone caracterizadas por la presencia de bivalvos, ostreidos y en menor proporción gasterópodos y equinodermos, fragmentos de conchas generalmente recristalizadas y sin una orientación preferencial, peloides micritizados y glauconita con bioclastos. El miembro Villeta Superior con predominio de las facies arcillosas y limosas y en menor proporción facies calcáreas generalmente como delgados niveles de wackestone y packstone de bioclastos (Beicip Franlab, 1988).

Figura 26. Comparación de características Litológicas. Columnas estratigráficas Las Doradas, El Cóndor, Río Ortegaza y Las Pavas, Norte de la Cuenca de Putumayo y columna estratigráfica Las Lajas, Sur de la Sub Cuenca Yará-Caguán.



### **Paleoceno temprano.**

En el sector norte de la Cuenca Putumayo durante el Paleoceno Temprano se identifica la depositación de facies finas y paleosuelos, asociadas a depósitos de llanuras aluviales con influencia transicional y dominio continental.

### **Paleoceno Medio y Paleoceno Tardío.**

En la Cuenca de Putumayo el intervalo Paleoceno Medio – Paleoceno tardío corresponde a la Formación Rumiayaco. El intervalo Paleoceno Medio se conoce como el miembro Neme y el Paleoceno Tardío como miembro Arcilloso.

Basado en la caracterización macro y micro petrográfica de las columnas estratigráficas Rio Orteguzaza, Florencia, Caqueta, Las Doradas, Belén de los Andaquies, Caquetá (figura 26) y el pozo Mandur-2, Ecopetrol-ICP, 2014, reporta que el miembro basal arenoso – Miembro Neme se caracteriza por una granulometría predominantemente de arena media a gruesa, selección moderada de los granos y formas subangulares a subredondeados. Comúnmente presenta laminaciones intergranulares por variación de tamaño, son texturalmente submaduras debido a su bajo contenido de matriz arcillosa y están pobremente consolidadas debido al bajo empaquetamiento de los granos y bajo contenido de cementos. El Miembro Neme es predominantemente cuarzoso representado por Cuarzoarenitas con cantidades escasas de fragmentos líticos representados por Chert, fragmentos argiláceos y filitas. Un cambio textural y composicional se observa en las areniscas del miembro arcilloso, texturalmente se observa una disminución en el tamaño de grano, variando de arena media inferior a arena muy fina, predominando las arenas finas a muy finas hacia el tope de esta formación. Se observa una mejor selección de los granos, presentandose selección moderada a buena y un aumento en la angularidad de los granos predominando los granos subangulares. En las areniscas del miembro arcilloso hay un mayor

contenido de arcillas, especialmente hacia el tope. En las areniscas de la Sección de Río Orteguzaza, esta arcilla está representada por matriz arcillosa detrítica de composición caolinita e illita, clasificandolas texturalmente como inmaduras. Las arcillas en las areniscas de la Sección Quebrada Las Doradas contienen cementos arcillosos de composición principalmente clorita y caolinita. Composicionalmente en este miembro arcilloso hay un considerable aumento de fragmentos líticos, clasificando las areniscas como Litoarenitas.

Para áreas más distales entre la Cuenca de Putumayo en relación con las Columnas de campo medidas por Ecopetrol-ICP, 2013 en el Río Orteguzaza y la Quebrada las Doradas. Se integró la información del pozo Mandur-2 (figura 5) al interior de la Cuenca. De manera general las características texturales del (Mbro. Neme, Fm. Rumiayaco), tienen la misma tendencia observada en las muestras de afloramiento. Dominado por una granulometría media a gruesa en la base correspondiente al miembro Neme. Seguido se observa una disminución del tamaño de grano hasta arena fina y muy fina hacia el tope de esta formación, igualmente hay una mejor selección de los granos y un aumento en el contenido de arcilla.

La variación de la composición es un claro indicador de la presencia del intervalo Paleoceno, según lo observado en afloramientos y muestras de subsuelo, la composición de la Formación Rumiayaco es predominantemente cuarzosa hacia la base (miembro arenoso- Neme) y sublítica y lítica hacia el tope.

### **Eoceno Medio.**

Para la Cuenca de Putumayo el intervalo Eoceno Medio se encuentra en contacto discordante con rocas de edad Paleoceno Tardío (Formación Rumiayaco – Miembro Arcilloso).

Según Ecopetrol-ICP, 2014, a partir de la caracterización petrográfica de muestras de las columnas estratigráficas Quebradas Las Doradas y Río Orteguzaza (figura 26), la sección Eoceno Medio (Formación Pepino) en el área norte de la Cuenca de Putumayo presenta un cambio notable a nivel textural en los sedimentos.

En la columna Quebrada Las Doradas la sección es predominantemente conglomerática con presencia de intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, moderadamente seleccionadas y texturalmente submaduras. En la Columna Río Orteguzaza, la granulometría predominante es arena media a gruesa, selección de granos muy pobre a moderada, texturalmente inmaduras por su alto contenido de matriz arcillosa. Los conglomerados de la Sección Quebrada Las Doradas son arenosos, clastos soportados y con presencia de una matriz arenosa de grano medio a fino con formas predominantemente subredondeadas a redondeadas y de composición principalmente de Chert algunos con restos de microfósiles silíceos (espículas?) y menos comunes de limolita arcillosas.

Composicionalmente se tiene una tendencia de aumento del contenido de líticos, pero estos son representados mayoritariamente por Chert alcanzando los porcentajes más altos (30-49%) en la Sección Quebrada Las Doradas, los fragmentos metamórficos se presentan en cantidades de trazas ( $\leq 1\%$ ). En la Sección Río Orteguzaza, sigue el predominio de aporte de líticos de Chert, pero en porcentajes más bajos (15-16%), y un mayor aporte de fragmentos metamórficos (Tr-9%) aunque en cantidades menores que los reportados en el miembro arcilloso de la Fm. Rumiyaco.

Seguido del nivel conglomerático basal, se observa en la sección de Río Orteguzaza una notable disminución en el aporte de líticos. Se reporta un 3% de líticos de Chert clasificando la arenisca como Sublitoarenita, esto podría indicar que empieza un cambio hacia una composición más cuarzosa en el segmento superior. Correlacionable con este nivel, en la columna reportada por Ecopetrol-

ICP, 2013, en la cantera Las Pavas (figura 26), de Florencia, Caquetá, predominan las areniscas de grano fino a grueso con un rango de selección amplio que varía de muy pobre a bueno, este último en las areniscas de grano fino y medio. Como rasgo característico se observan la mejor redondez de los granos predominando los granos subredondeados a redondeados. Es evidente la disminución del aporte de líticos en este miembro superior de la Fm. Pepino, predominando las cuarzoarenitas y las Sublitoarenitas (porcentaje de líticos más alto 9%), los líticos son predominantemente chert y los fragmentos metamórficos están casi ausentes hacia el tope de la formación. Esto apoyaría la predominancia de la composición cuarzosa hacia el tope de la Fm Pepino que se empezó a evidenciar en el tope del segmento superior de la Sección Río Orteguzza.

## **Oligoceno**

El Oligoceno en la Cuenca del Putumayo lo conforma la Formación Orteguzza, la cual corresponde a una sucesión monótona de capas delgadas de arcillolitas marrón rojizo, abigarradas, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises con intraclastos de restos de plantas y láminas de carbón (lignito) y calizas (biomicritas), Ecopetrol, 2013. Nuñez, 2003, reporta el contacto con la Formación Pepino como neto y paraconforme.

## **3.2 CORRELACIONES**

Con el objetivo entender la influencia de La Serranía de la Macarena como principal barrera orográfica entre el suroccidente de Cuenca Llanos y la Sub Cuenca Yará-Caguán se abordaron dos alternativas de correlación. Los ejercicios planteados buscaban definir la continuidad de la sección Cretácico Superior, la influencia de la Serranía de la Macarena como potencial límite de depósito de unidades litoestratigráficas, identificar el cambio de facies dentro de cada intervalo

de tiempo e identificar el nivel de erosión de las unidades al tope del Cretácico Superior.

En el primer ejercicio (figura 27), se observa la correlación de cuatro pozos ubicados entre el suroccidente de la Cuenca Llanos y la Sub Cuenca Yará – Caguán. Los pozos Humadea-1 y Cristal-1 ubicados al Suroccidente de Cuenca Llanos, el pozo Uribe-1 ubicado al norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán y el pozo Payara-1 ubicado en el centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán (figura 5). Esta correlación se desarrolla con pozos alejados de la Serranía de la Macarena intentando omitir su influencia; definiendo una primera aproximación a la conexión entre las áreas.

En los pozos Humadea-1, Uribe-1 y Payara-1 se reporta el contacto Pz/K. Se observa que la paleotopografía pre depósito de la sección Cretácico superior es mayor a medida que se avanza hacia el sur la Sub Cuenca Yará-Caguán. Las unidades litoestratigráficas depositadas, avanzan desde la Cuenca Llanos hacia Sub Cuenca Yará – Caguán a medida que aumenta la sedimentación.

Los patrones de apilamiento definidos en el intervalo Albiano-Cenomaniano entre los pozos Humadea-1, Cristal - 1 y Uribe-1 presentan simetría. En cada pozo es posible identificar tres tendencias de depositación retrogradantes. Esta simetría en los patrones de apilamiento se puede relacionar con la continuidad lateral de las facies y ambientes. El intervalo de tiempo Albiano-Cenomaniano se establece como el primer intervalo continuo entre las Cuencas.

En el intervalo Turoniano, completo en los pozos Humadea-1, Cristal-1 y Uribe-1, se observan tendencias de depósito retrogradantes, los patrones de apilamiento entre cada pozo presentan simetría, aunque su espesor es variable.

Basado en los patrones de apilamiento y el orden de las tendencias de depósito, se sugiere que el intervalo Coniaciano, es el primer registro de roca Cretácica en el pozo Payara-1. Los patrones de apilamiento son asimétricos, lo cual se asocia a un cambio lateral de facies, que se desarrolla desde una zona de influencia de niveles finos intercalados con arenas hacia el NE a un dominio arenoso en el SW. De manera general las tendencias de depositación se mantienen retrogradantes, aunque a la base del intervalo se observa los primeros eventos menores progradantes.

El Coniaciano es el primer intervalo del Cretácico Superior en extenderse de manera continua desde la Cuenca Llanos hasta las áreas norte y centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

El intervalo Santoniano se encuentra completo en los pozos Humadea-1, Cristal-1 y Uribe-1 y erodado hacia el tope en el pozo Payara-1. En este intervalo de tiempo tiene su máximo desarrollo un evento regional de inundación, el cual en el suroccidente de Cuenca Llanos inicia desde la parte media del Coniaciano como se observa el pozo Humadea-1 (figura 27).

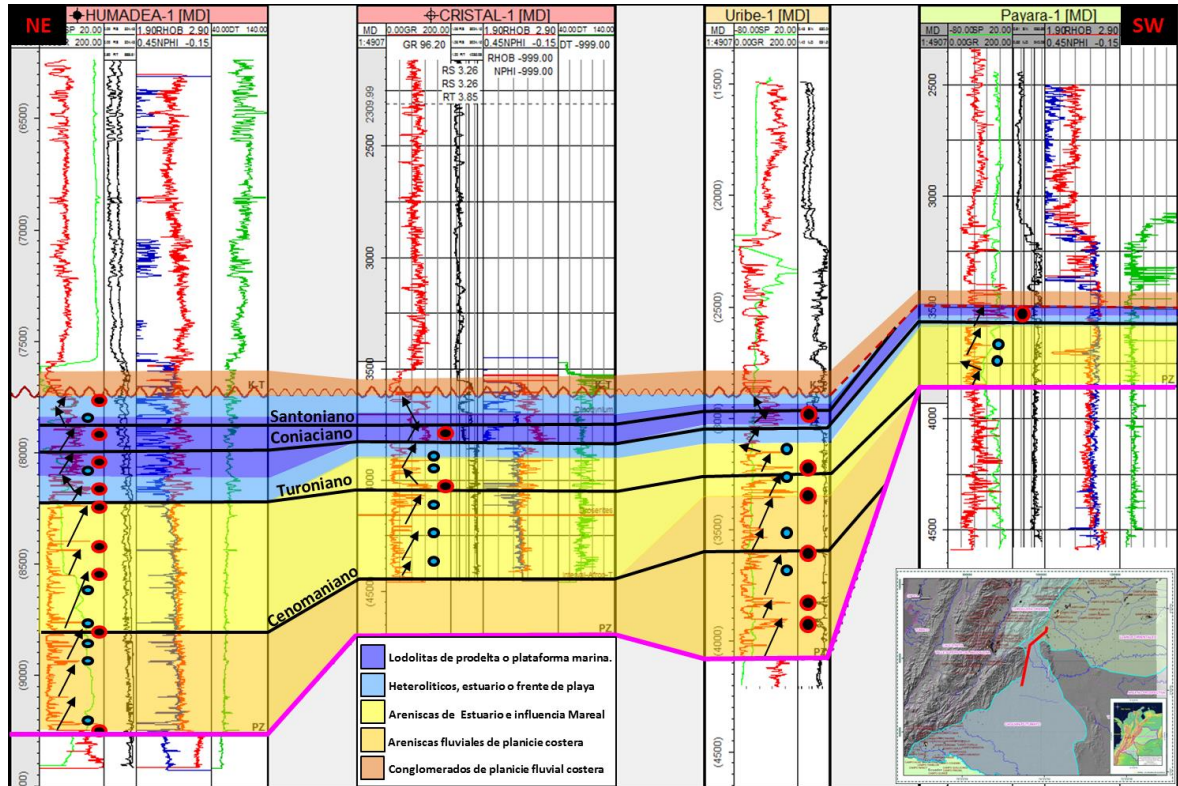
Las rocas de edad Santoniano cambian de un dominio exclusivo de facies finas en el Sur Occidente de Cuenca Llanos hasta facies finas intercaladas con paquetes de areniscas lodosas en el centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán. Dado el nivel de erosión identificado en la zona central de la Sub Cuenca Yarí-Caguán se sugiere la ausencia del intervalo Cenomaniano. En el Sur Occidente de la Cuenca Llanos este intervalo es el registro de roca más joven reportado antes del límite K-T, ya que no existe reporte alguno de biozonas asociadas al Maastrichtiano (figura 8).

Desde la base de la sección (Albiano/Cenomaniano) hasta la parte media del Santoniano se identifica una tendencia general de depósito de carácter

retrogradante (figura 27). Esta tendencia de depósito retrogradante está compuesta por facies depositadas en ambientes fluviales de planicie costera a la base (figuras 11 y 24), areniscas de estuario o planicies arenosas con influencia mareal (figura 24) y facies heterolíticas de frente playa en la parte intermedia, terminando el ciclo retrogradante con lodolitas de plataforma marina (figuras 13 y 24).

En el suroccidente de la Cuenca Llanos se logra identificar al final del Santoniano el inicio de una tendencia progradante que se extiende continua hasta el Cenomaniano como se observa en los pozos Humadea-1 y Cristal-1, figura 27. En la Sub Cuenca Yará-Caguán esta tendencia progradacional se identifica con algo de incertidumbre en pozo Uribe-1, ya que la erosión solo permite identificar un cambio leve en los patrones de apilamiento. Las Facies identificadas se asocian a lodolitas de prodelta a la base y heterolíticas y arenisca de frente deltaico.

**Figura 27. Correlación (NE-SO) entre pozos Humadea-1 y Cristal-1 ubicados al Suroccidente de Cuenca Llanos, Uribe-1 ubicado al norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán y Payara-1 ubicado en el centro norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán.**



Siguiendo la misma lógica de correlación y definición del marco croestratigrafico se desarrolló el segundo ejercicio de correlación; este integra información de pozos del Suroccidente de Cuenca Llanos, norte de la Serranía de la Macarena y sectores norte y centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán.

El ejercicio pretende entender la influencia de la Serranía de la Macarena en el desarrollo del proceso sedimentario durante el Cretácico Superior en el Suroccidente de Cuenca Llanos y la Sub Cuenca Yará-Caguán.

En la figura 28 se observa una correlación Norte – Sur donde se utiliza como datum el tope del Turoniano. Esta correlación se extiende desde el pozo

Chichimene-172 en el sector de Acacias, Humadea-1 en el Ariari Norte, Coronado-1 y Cristal-1 en el sur de la región del Ariari, Arama-1 en el norte de la zona de influencia de la Serranía de la Macarena y los Pozos CPO-16 ST-1, CPO-16 ST-5 y CPO-16 ST-8 sobre el sector norte de la Serranía de la Macarena (figura 5).

En la figura 29 se observa una correlación Noreste – Suroeste donde se utiliza como datum el tope del Turoniano. Esta correlación se extiende desde el suroccidente de Cuenca Llanos hasta el Paleotallo de Florencia. La correlación contiene el pozo Humadea-1 en el Ariari Norte, Cristal-1 en el sur de la región del Ariari, los Pozos CPO-16 ST-1, CPO-16 ST-5 sobre el sector norte de la Serranía de la Macarena, los pozos Uribe-1 y Payara-1 en el sector norte y centro de la Sub Cuenca Yará- Caguán y los pozos Mantañita-1 y La Turbia-1 sobre el paleotallo de Florencia, límite sur de la Sub Cuenca Yará-Caguán durante la sedimentación del cretácico Superior (figura 5).

En los pozos Humadea-1, Coronado-1 y CPO-16 ST-5 se reporta la superficie erosiva K/Pz. Desde el pozo Coronado-1 en el sector Sur de la región del Ariari se observa un cambio en la topografía de la superficie erosiva K/Pz de aproximadamente 500 ft con relación al pozo Humadea-1. Continuando hacia el sur, el nivel relativo de la paleotopografía mantiene un suave accenso hacia un alto topográfico de baja pendiente y expresión menor. Se observa que la topografía de depósito presenta una clara influencia de un alto estructural localizado aproximadamente donde hoy está la Serranía de la Macarena.

En el intervalo Albiano – Cenomaniano se observa una disminución del espesor en dirección norte - sur.

Los pozos Humadea-1, Coronado-1 y CPO-16 ST-5 registran todo el intervalo en mención y presentan espesores de 700 ft, 475 ft y 250 ft respectivamente.

En la Sub Cuenca Yará-Caguán se reporta un espesor de 300 ft de sección Albiano – Cenomaniano en el Pozo Uribe-1. El espesor encontrado presenta valores mayores a los reportados en la Serranía de la Macarena.

El pozo Uribe-1 presenta mayor relación con los pozos Cristal-1 y Humadea-1 ubicados en áreas con menor influencia de la Serranía de la Macarena. Esto sugiere una conexión directa entre el suroccidente de la Cuenca Llanos y el norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán.

Según los espesores encontrados y las facies identificadas se interpreta que durante la base del intervalo de tiempo Albiano – Cenomaniano la Serranía de la Macarena permaneció emergida y en erosión mientras en las zonas donde se acumulaba sedimento se generaba el relleno fluvial a la base del intervalo como se observa en los pozos Humadea-1, Coronado-1 y Uribe-1 entre otros (figuras 27, 28 y 29). Posteriormente la sedimentación avanza sobre este alto topográfico de baja pendiente y expresión menor y lo integra dentro de las áreas de acumulación. Dando como resultado un menor espesor del intervalo, evidencia de facies fluviales solo en la parte basal y un mayor espesor de las facies mareales.

El intervalo Turoniano fue registrado por completo en los pozos Humadea-1, Coronado-1, Cristal-1, CPO-16 ST-1, CPO-16 ST-5 y CPO-16 ST-8. Los espesores encontrados en cada pozo fueron 380 ft, 270 ft, 405 ft, 350 ft, 350 ft y 290 ft respectivamente. Se observa una tendencia más tabular que acuñante hacia la Serranía de la Macarena y norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán (figuras 28 y 29).

El comportamiento del espesor indica que después de la depositación del intervalo Albiano-Cenomaniano se homogenizó el fondo de depositación, ya que el relleno de todo el relieve pre cretácico se desarrolló durante este periodo de tiempo.

La sección Turoniano se extiende al Sur de la zona de influencia de la Serranía de la Macarena. Basado en la interpretación y correlación de los patrones apilamiento, se interpretó que en el pozo Paraya-1 ubicado en el centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán (figura 5) no contiene el intervalo Turoniano. Lo anterior sugiere que durante el intervalo Turoniano hubo una sedimentación continua desde el suroccidente de Cuenca Llanos hasta el sector norte de la Sub Cuenca Yará-Caguán al norte del pozo Payara-1.

Este evento de sedimentación integro la Serranía de la Macarena dentro de un nivel relativo de depositación que asciende hacia la Sub Cuenca Yará-Caguán donde estarían las zonas más altas del paleorelieve en este tiempo.

Durante el Coniaciano y el Santoniano se observa una mayor influencia de facies finas que ingresan en dirección Norte a Sur.

El cambio en los espesores en el Coniaciano es un cambio gradual que disminuye hacia la zona de influencia de la Serranía de la Macarena.

Los espesores del Coniaciano encontrados son: Chichimene-172 (190 ft), Humadea-1(160 ft), Coronado-1 (140 ft), Cristal-1 (185 ft) y CPO-16 ST-1(90 ft).

En el intervalo Santoniano se encontraron los siguientes espesores: Chichimene-172 (153 ft), Humadea-1(110 ft), Coronado-1 (64 ft), Cristal-1 (105 ft) y CPO-16 ST-1(65 ft). En la sección se identifica un adelgazamiento gradual del espesor hacia la Serranía de la Macarena.

El Coniaciano y el Santoniano se extienden desde el Sur Occidente de la Cuenca Llanos hasta el Centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán. Se encontraron espesores de 174 ft (Coniaciano) y 158 ft (Santoniano) en el pozo Uribe-1 y 257 ft (Coniaciano) y 107 ft (Santoniano) en el pozo Payara-1.

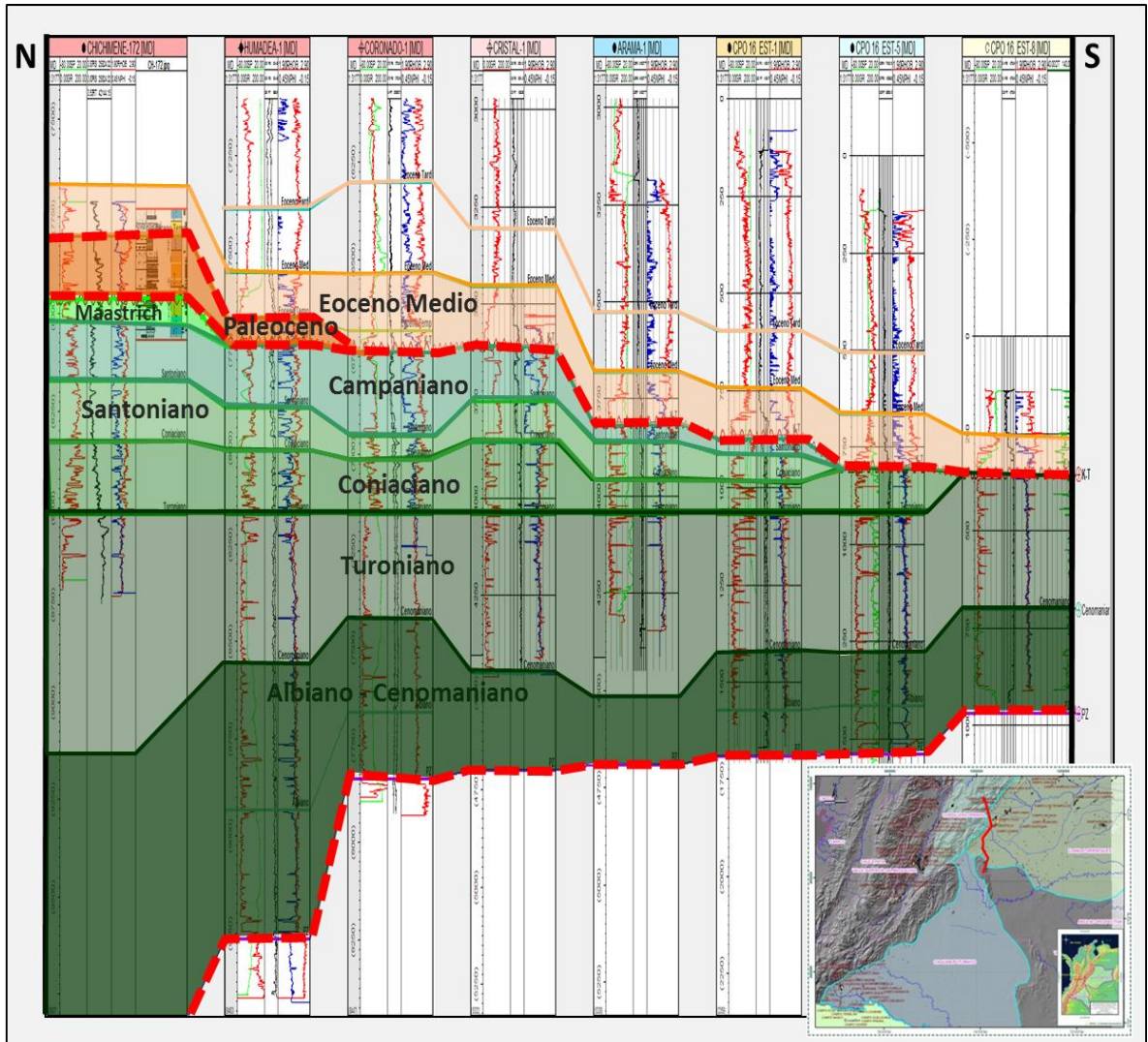
A partir de datos bioestratigráficos obtenidos en la columna estratigráfica quebrada las Lajas (figura 26) se confirmó la existencia de rocas de edad Eoceno Medio sobre gneis compuestos por cuarzo, feldespato y biotita que hacen parte del Macizo de Garzon. Adicional a lo anterior en la columna estratigráfica San Vicente 3 (Ecopetrol-ICP, 1997) se identificaron unos conglomerados oligomigíticos que gradan hacia cuarzoarenisca conglomeráticas sobre Esquistos y metaarenitas. Lo anterior sugiere que el norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán se mantuvo emergido y conformo una barrera con la Cuenca Putumayo durante todo el Cretácico Superior.

En concordancia con el suroccidente de Cuenca Llanos el Coniaciano en la Sub Cuenca Yarí-Caguán presenta mayor relación con los pozos Humadea-1, Coronado y Cristal-1 (figura 27, 28 y 29). Es posible que se presente una subsidencia diferencial entre las zonas de influencia y no influencia de la Serranía de Macarena, lo cual permite la generación de mayor espacio de acomodación en zonas alejadas de este alto topográfico.

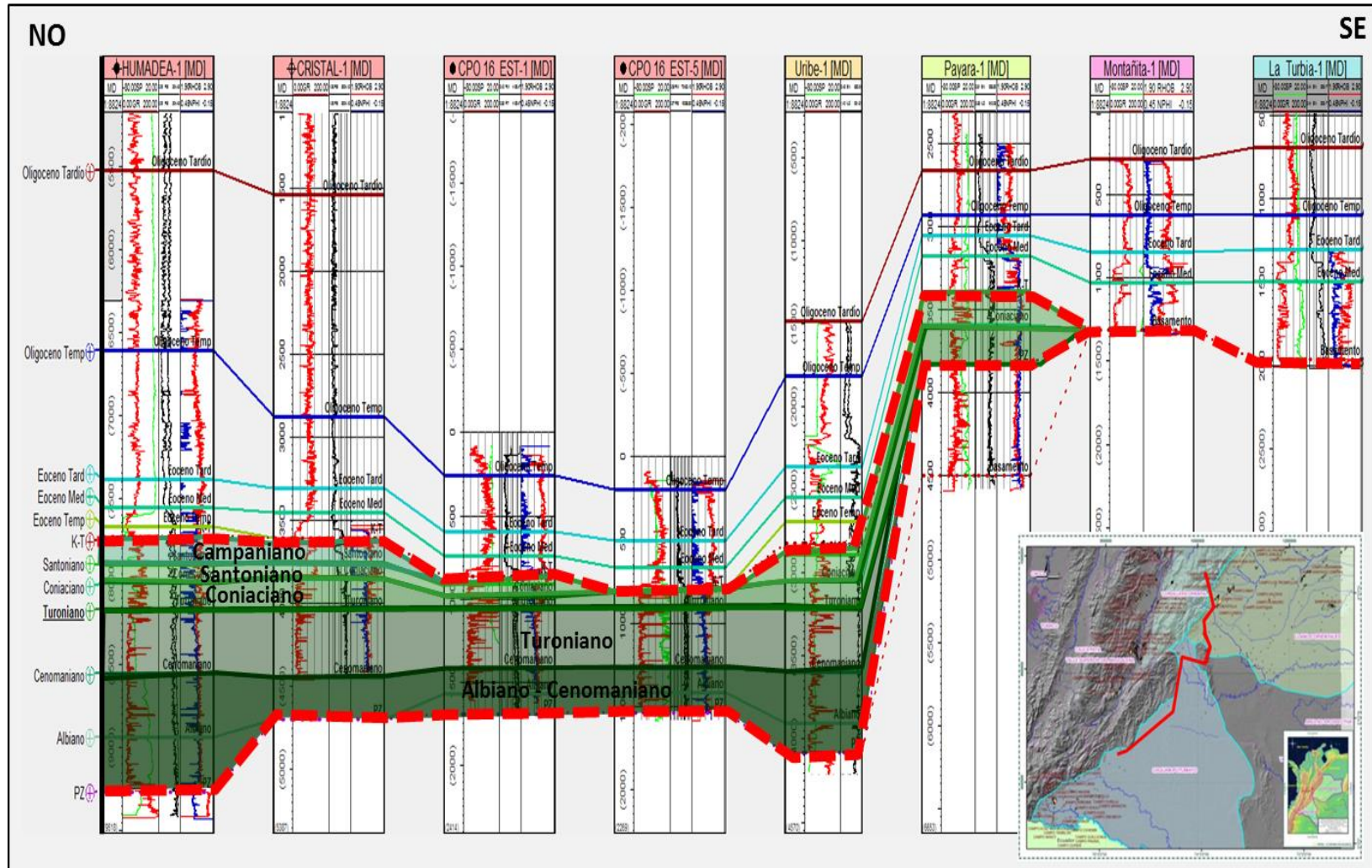
El intervalo Santoniano se encuentra erodado casi en su totalidad al interior de la Serranía de la Macarena. El pozo CPO-16 ST-1 ubicado en el extremo norte de la Serranía, presenta el único dato de espesor de este intervalo (figura 13). A medida que se avanza hacia el sur de la Serranía de la Macarena el grado de erosión es mayor y se interpreta que en el área sur del Eoceno Medio se encuentra sobre el Coniaciano (figura 24). En el pozo Payara-1 se encuentra erodado el tope del Santoniano.

Dado que en los espesores del Turoniano, Coniaciano y Santoniano no se observa un fuerte adelgazamiento progresivo hacia la Serranía de la Macarena se puede inferir que durante el Cretácico Superior hubo una conexión entre la Cuenca Llanos y la Sub Cuenca Yarí – Caguán.

**Figura 28. Correlación (N-S) Entre Suroccidente de Cuenca Llanos y Serranía de la Macarena**



**Figura 29. Correlación (NO-SE) entre Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Norte y Centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán y Paleoalto de Florencia.**



En el norte de la Cuenca de Putumayo durante el intervalo Cretácico Superior se evidencia que la evolución en la sedimentación (características litológicas y procesos) posee características propias y desligadas a las identificadas y descritas anteriormente en el suroccidente de Cuenca Llanos, la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yará – Caguán.

En la figura 30 se observa una correlación NO – SE entre los pozos, Florida-1 al norte de la Cuenca de Putumayo, Esperanza-1D, Miraflor-1 (contiene biozonación del intervalo Cretácico Superior, Ecopetrol-ICP, 2015 y núcleo descrito por Ecopetrol-ICP, 2013), Mary-4D (contiene núcleo descrito por Ecopetrol-ICP, 2014), Linda-2, Toroyaco-3 (Pozo delimitador campo Toroyaco).

La discordancia entre Basamento y el Cretácico, se encontró en los pozos, Florida-1, Esperanza-1D, Mary-4D, Linda-2, Toroyaco-3. El dominio general del paleorelieve es en asenso hacia la zona norte, donde la influencia del paleoalto de Florencia ejerce mayor control sobre el espacio de acomodación y la energía del medio.

El intervalo Albiano-Cenomaniano se observa completo en los pozos Esperanza-1D y Toroyaco-3. De manera general la sección mantiene una tendencia de depositación retrogradante. Internamente la sección se divide en cuatro tendencias depositacionales originadas durante dos eventos continuos de caída y subida del nivel base.

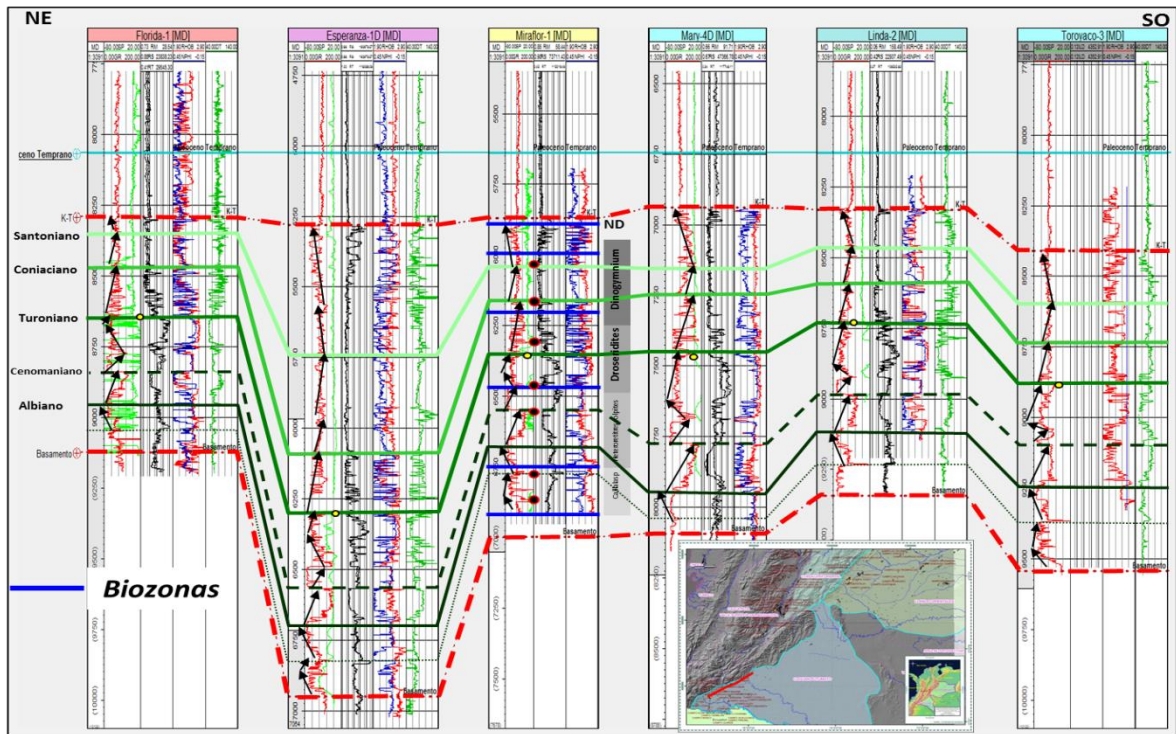
El intervalo Turoniano se observa en todos los pozos de la figura 30. Basado en la respuesta de los patrones de apilamiento y las características y propiedades de las rocas, obtenidas a partir de los registros de pozo, se puede interpretar que en la zona norte y centro de la Cuenca de Putumayo a la base del Turoniano se establece un límite de secuencia (se identifican como discordancias erosivas importantes y sus correlativas conformidades). El paquete de arenas que

suprayace el tope del Cenomaniano, presenta en los pozos Linda-2, Mary-4D, Miraflor-1, Esperanza-1 y Florida-1 una respuesta típica de paquetes amalgamados de arenisca limpias con buenas propiedades petrofísicas. Este tipo de respuesta es asociada en ambientes Fluviales y mareales, como los que domina este intervalo (figura 26), con sedimentos depositados en medios de alta energía. Previo a la depositación de estas areniscas, se observa un patrón de apilamiento que marca una tendencia de depositación retrogradante, la cual termina donde la respuesta de los registros, caracteriza depósitos de baja energía propicios para acumulación y preservación de materia orgánica y material fino. Este salto de energía del medio, denota la falta de una secuencia de roca intermedia que conecte los dos tipos de depósito. Esta pérdida del registro de roca, se puede asociar a la no depositación de estas facies intermedias o a la erosión de las mismas durante intervalo de tiempo previo al depósito de las facies de arena. Las características de estas areniscas (las mejores en todo el intervalo Cretácico Superior) sugieren que el medio de depósito tenía la suficiente energía para re trabajar y seleccionar perfectamente los sedimentos y que estas condiciones se preservaron durante un intervalo de tiempo suficiente para amalgamar estos paquetes de más de 80 ft de espesor neto en promedio. Estas evidencias son correlativas con el tipo de depósitos acumulados sobre erosiones y durante un evento de *low stand system tract*. Esta base erosiva propuesta, se intensifica hacia el norte en dirección de la zona de mayor influencia del paleoalto de Florencia. Hacia el centro de la Cuenca de Putumayo, pozo Toroyaco-3 (figura 30), el límite erosivo definido, presenta menos intensidad y pueden existir conformamidades correlativas.

El intervalo Turoniano presenta una tendencia de depositación general retrogradante, aunque al interior se observan dos eventos de subida y uno de caída del nivel base. La respuesta de los patrones de apilamiento es simétrica y correlativa entre los pozos interpretados en la Cuenca.

Los intervalos Coniaciano y Santoniano se observan completos en todos los pozos de la figura 30. Durante el Coniaciano se inicia un cambio en las tendencias de depósito hacia facies más finas. A la base se observa una respuesta asociada facies hererolíticas de ambientes transicionales que gradan hacia facies más finas posiblemente asociados con dominios marinos. Este evento de inundación se extiende hasta el Santoniano donde se identifica su mayor desarrollo hacia parte intermedia y tope. Al tope del Santoniano dentro del dominio de facies finas se identifica el fin de un evento retrogradante de escala regional y el inicio de un evento progradante identificado al final de Cretácico Superior (pozo Esperanza-1D, figura 30).

**Figura 30. Correlación (NE-SO) entre el sector norte y centro de la Cuenca de Putumayo.**



A partir del análisis de las características litológicas y los procesos que dominaron durante la depositación de la secuencia Cretácico Superior en el sur occidente de Cuenca Llanos, la Serranía de la Macarena, la Sub Cuenca Yará-Caguán, el Paleo

alto de Florencia y el norte de la Cuenca de Putumayo se puede afirmar lo siguiente:

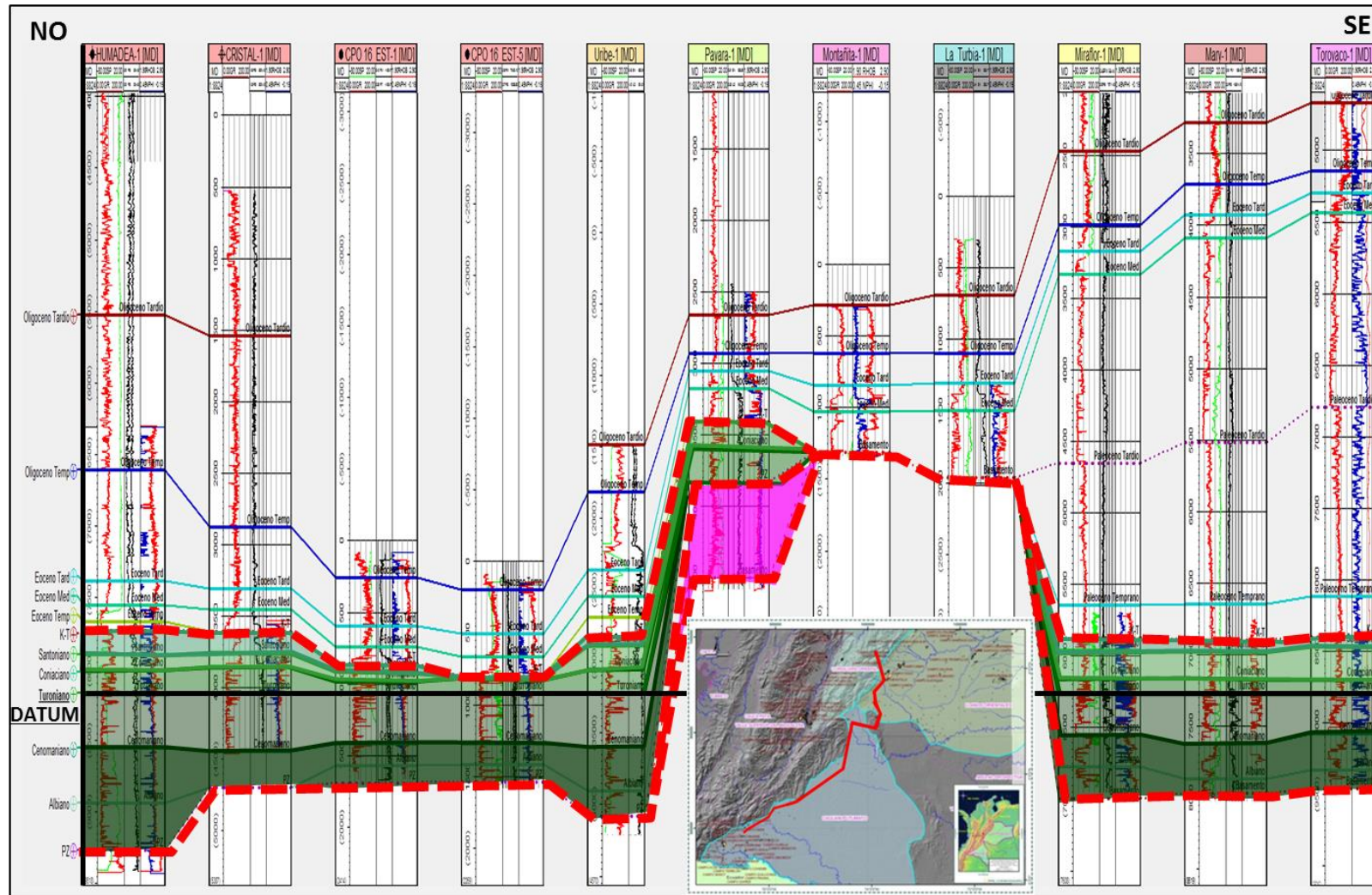
- La Serranía de la Macarena no limitó la acumulación de sedimentos que se dio de manera continua desde el Sur de Cuenca Llanos hasta los sectores Norte y Centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán. En este periodo de tiempo se depositaron las Formaciones Une (Albiano-Cenomaniano), Chipaque (Turoniano – Santoniano) y Guadalupe (Santoniano – Campaniano), según la nomenclatura estratigráfica comúnmente Utilizada en Cuenca Llanos.
- Dadas las características litológicas encontradas y los procesos que controlaron la depositación del intervalo Cretácico Superior en las áreas suroccidente de la Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena y Norte de Sub Cuenca Yará-Caguán, se sugiere utilizar en todas estas áreas la nomenclatura comúnmente utilizada en Cuenca Llanos para el mismo intervalo de tiempo.
- Durante el Cretácico Superior la Serranía de la Macarena fue un alto topográfico de expresión menor. En las áreas suroccidente de la Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena y Norte de Sub Cuenca Yará-Caguán influyó los tipos de ambiente de depositación de sedimentos que se desarrollaron desde el Cenomaniano hasta el Campaniano.
- En el sector sur de la Sub Cuenca Yará-Caguán no se cuenta con registro de roca de edad Cretácico Superior. Se sugiere que durante este periodo de tiempo el área en mención permaneció emergida y no dio lugar a la acumulación de sedimentos.
- Durante el Cretácico superior el Paleosalto de Florencia actuó como una barrera sedimentaria, limitando la conexión entre la Sub Cuenca Yará-Caguán y la Cuenca de Putumayo. Las Formaciones Caballos (Aptiano – Albiano) de dominio siliciclastico y Villeta (Cenomaniano – Campaniano) de dominio mixto (calcáreo y siliciclastico) conforman el registro sedimentario.
- A nivel detallado la configuración de las tendencias de depósito bajo las cuales se desarrolló la sedimentación del intervalo Cretácico Superior en la Cuenca de

Putumayo son diferentes a las tendencias y patrones de apilamiento identificados en la Cuenca Llanos y su continuidad hacia la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

- En una escala mayor las tendencias globales de sedimentación en las Cuencas Llanos y Putumayo presentan una respuesta similar. En ambas Cuencas se identifica un primer evento retrogradante que se extiende desde el Albiano hasta el Santoniano y un segundo evento progradacional que domina desde la parte media y superior del Santoniano hasta el Masstrichtiano.

En la figura 31 se observa una correlación (datum en el Turoniano) en sentido Noreste – Suroeste desde el Suroccidente de Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo. En esta correlación se pueden identificar las afirmaciones antes mencionadas sobre las características de la sedimentación durante el Cretácico superior. La correlación está conformada por los pozos Humadea-1 en el Ariari Norte, Cristal-1 en el sur de la región del Ariari, los Pozos CPO-16 ST-1, CPO-16 ST-5, sector norte de la Serranía de la Macarena, pozos Uribe-1 y Payara-1 en el sector norte y centro de la Sub Cuenca Yarí-Caguán, pozos Mantañita-1 y La Turbia-1 sobre el paleoalto de Florencia y pozos Mirafior-1, Mary-1 y Toroyaco-1 en la Cuenca de Putumayo.

**Figura 31. Correlación (NO-SE). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yari-Caguán, Paleoalto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo.**



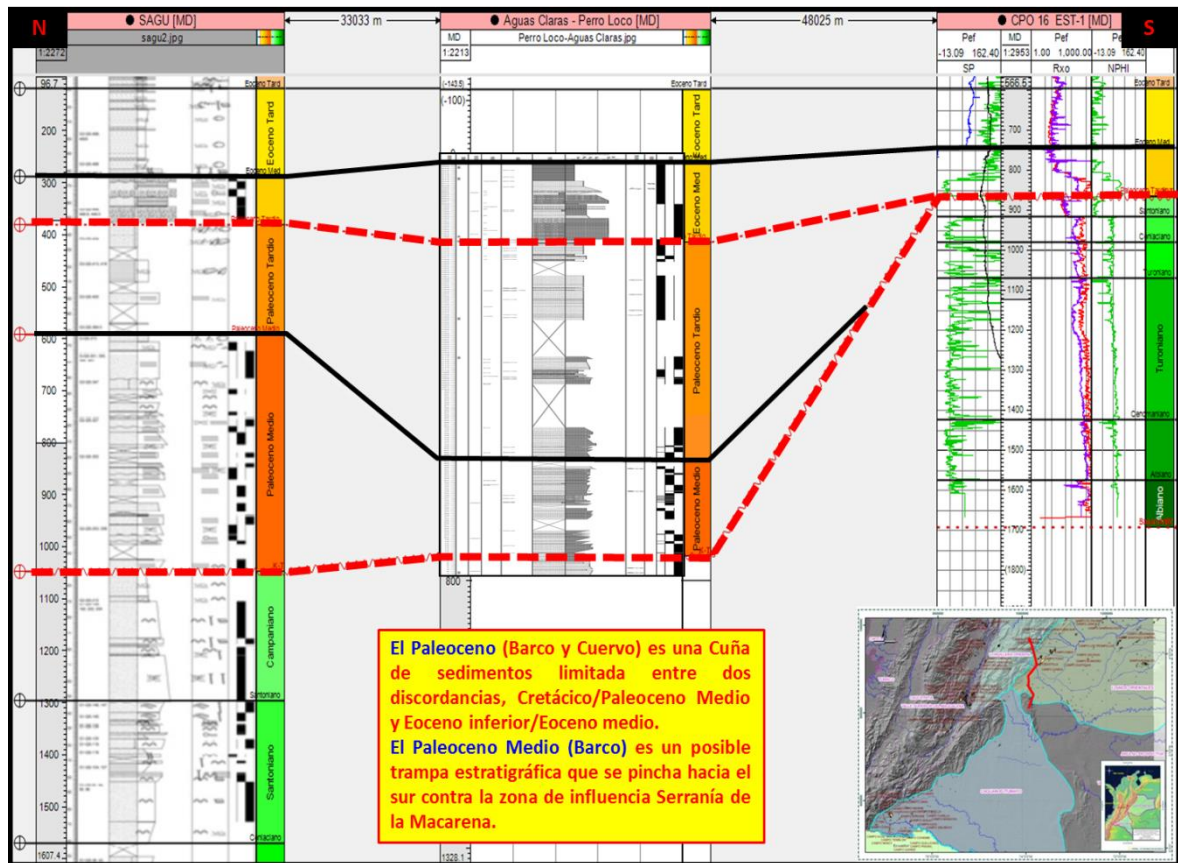
Anterior al presente trabajo en el suroccidente de la Cuenca Llanos se creía que el espesor existente de Paleoceno era cercano al reportado por el pozo Humadea-1 (aproximadamente 30 ft). Este pozo, es el pozo más al sur dentro de la Cuenca Llanos en reportar este intervalo de tiempo.

Basado en la Columna estratigráfica compuesta Aguas Claras-Perro loco y en la integración de diferentes tipos de datos geológicos (figura 14) se definió que el espesor de este intervalo de tiempo en la región del río Ariari es de al menos 600 ft. El espesor se compone por 230 ft de Paleoceno Medio y 370 ft de Paleoceno tardío.

A partir de la correlación (figura 32) entre columnas estratigráficas, quebrada Sagú (Ecopetrol, 2015), la columna compuesta Aguas Claras – Perro Loco y el pozo CPO16 EST-1 en el norte de la serranía de la Macarena, se puede concluir que el intervalo Paleoceno se extiende en el suroccidente de la Cuenca Llanos hasta el sector sur de la región de Río Ariari hasta antes del pozo Coronado-1 (figura 5). El Paleoceno en este sector se establece como una cuña de sedimentos limitada entre dos erosiones; Cretácico/Paleoceno Medio y Paleoceno Tardío/Eoceno Medio. La tendencia general de depositación del Paleoceno es retrogradante dentro de un evento transgresivo regional.

En relación al espesor encontrado en la quebrada Sagú, se sugiere que en dirección Norte Sur se observa un adelgazamiento de la sección.

**Figura 32. Correlación (N-S) Sector de Acacias, Rio Ariari y Norte de Serranía de la Macarena**



En la figura 33 se observa una correlación Noreste – Suroeste desde el Suroccidente de Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo con datum al Oligoceno Temprano. Esta correlación contiene los Pozo Humadea-1 en el Ariari Norte, Cristal-1 en el sur de la región del Ariari, los Pozos CPO-16 ST-1, CPO-16 ST-5, sector norte de la Serranía de la Macarena, pozos Uribe-1 y Payara-1 en el sector norte y centro de la Sub Cuenca Yari- Caguán, pozos Mantañita-1 y La Turbia-1 sobre el paleoalto de Florencia y pozos Mirafior-1, Mary-1 y Toroyaco-1 en la Cuenca de Putumayo.

Durante el Paleoceno Temprano se genera un evento erosivo regional asociado a la regresión marina. Este cambio en el nivel relativo del mar, impide la

deposición de sedimentos de esta edad sobre el Suroccidente de la Cuenca Llanos, la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán. Sumado a la no deposición de sedimentos durante este periodo de tiempo se identifica la erosión de todo Maastrichtiano y gran parte del Campaniano. Este evento erosivo se extiende hasta el Eoceno Medio en la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

En el sector norte de la Cuenca Putumayo durante el Paleoceno Temprano se identifica la deposición de facies finas y paleosuelos, asociadas a depósitos de llanuras aluviales con influencia transicional y dominio continental.

En la sección Paleoceno Medio – Oligoceno Temprano se identifican dos tendencias de depósito de carácter retrogradante.

La primera tendencia inicia sobre la discordancia Cretácico/Paleoceno con la deposición de facies de areniscas fluviales de ríos trenzados, que cambian hacia facies de Lodolitas / Areniscas de planicie mareal durante el Paleoceno Tardío (figura 14).

La segunda tendencia retrogradante se inicia sobre la discordancia Paleoceno tardío / Eoceno Medio con la deposición de facies de conglomerado y areniscas fluvial de planicie costera, seguido de facies de areniscas de frente de playa, finalizando en el oligoceno facies de lodolitas de plataforma marina.

El primer evento retrogradante restringe su cubrimiento areal al sur de Cuenca Llanos y la Cuenca de Putumayo. En la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán no se reporta la existencia de rocas de esta edad.

Desde el Sur occidente de Cuenca Llanos hasta el norte de la Cuenca de Putumayo no se reportan sedimentos de edad Eoceno Temprano.

En el segundo evento retrogradante se inicia una fuerte sedimentación que cubre desde Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo y más al sur hasta el Ecuador. La máxima inundación se da hacia el Oligoceno temprano, generando la sección de roca con mayor cubrimiento areal.

En el presente estudio se propone una nueva carta cronolitoestratigráfica (figura 34) entre el área suroccidente de Cuenca Llanos, la Sub Cuenca Yará-Caguán y el área norte de la Cuenca de Putumayo.

**Figura 33. Correlación (NE-SO). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yari-Caguán, Palealto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo. Sección Paleógeno. Datum Oligoceno Temprano.**

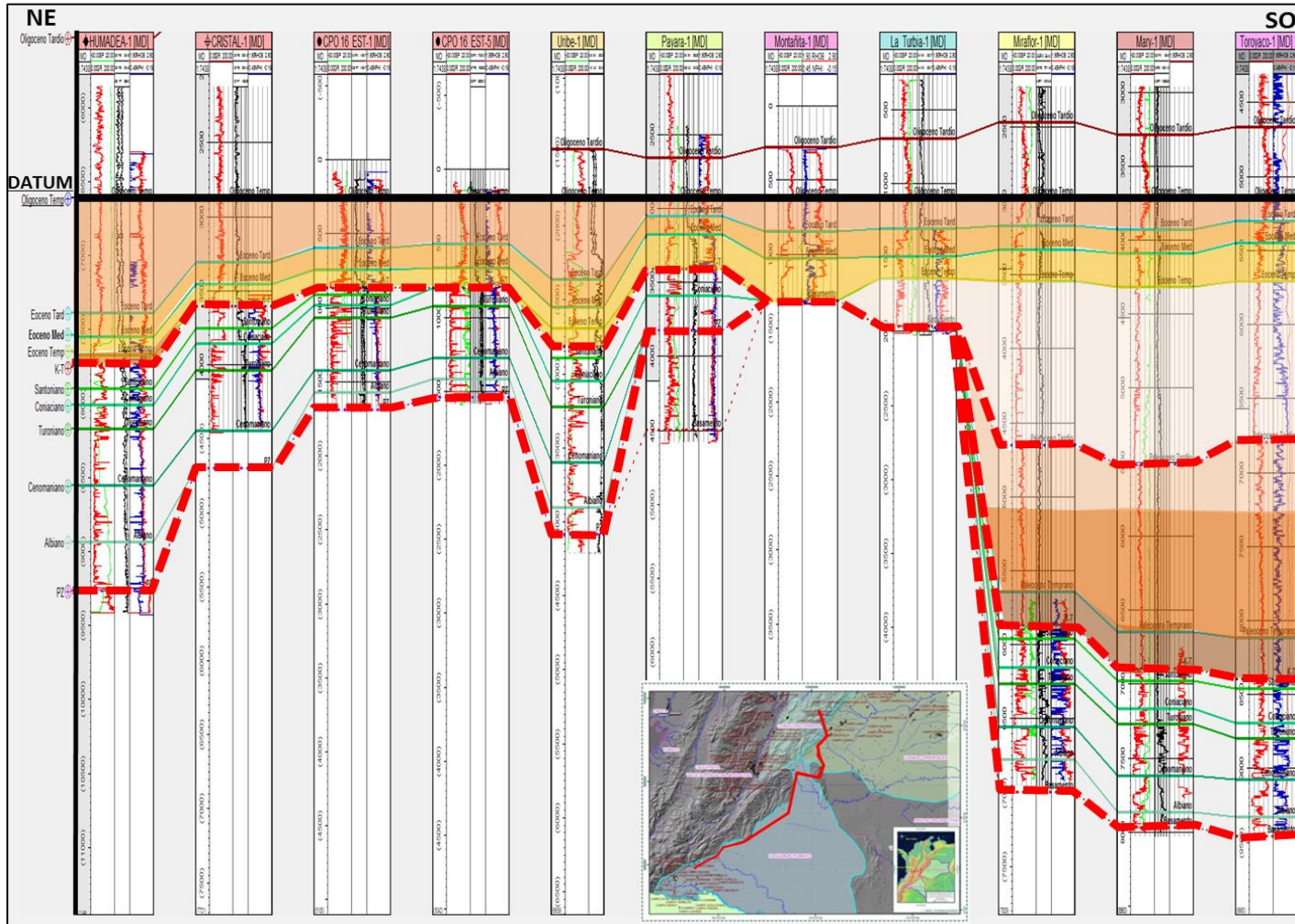
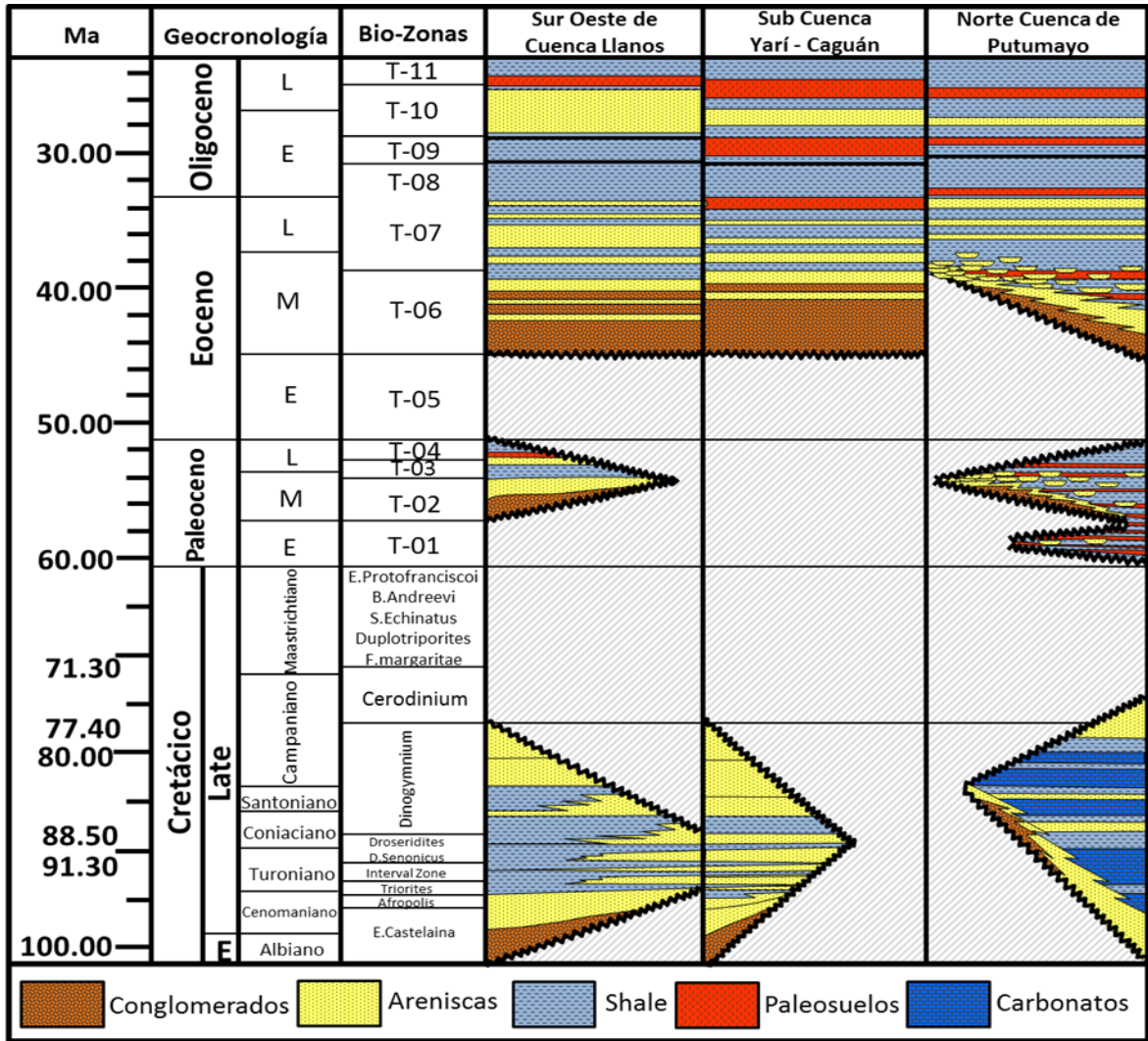


Figura 34. Carta Cronolitoestratigrafica entre el suroccidente de Cuenca Llanos, la Sub Cuenca Yará-Caguán y el área norte de la Cuenca de Putumayo.

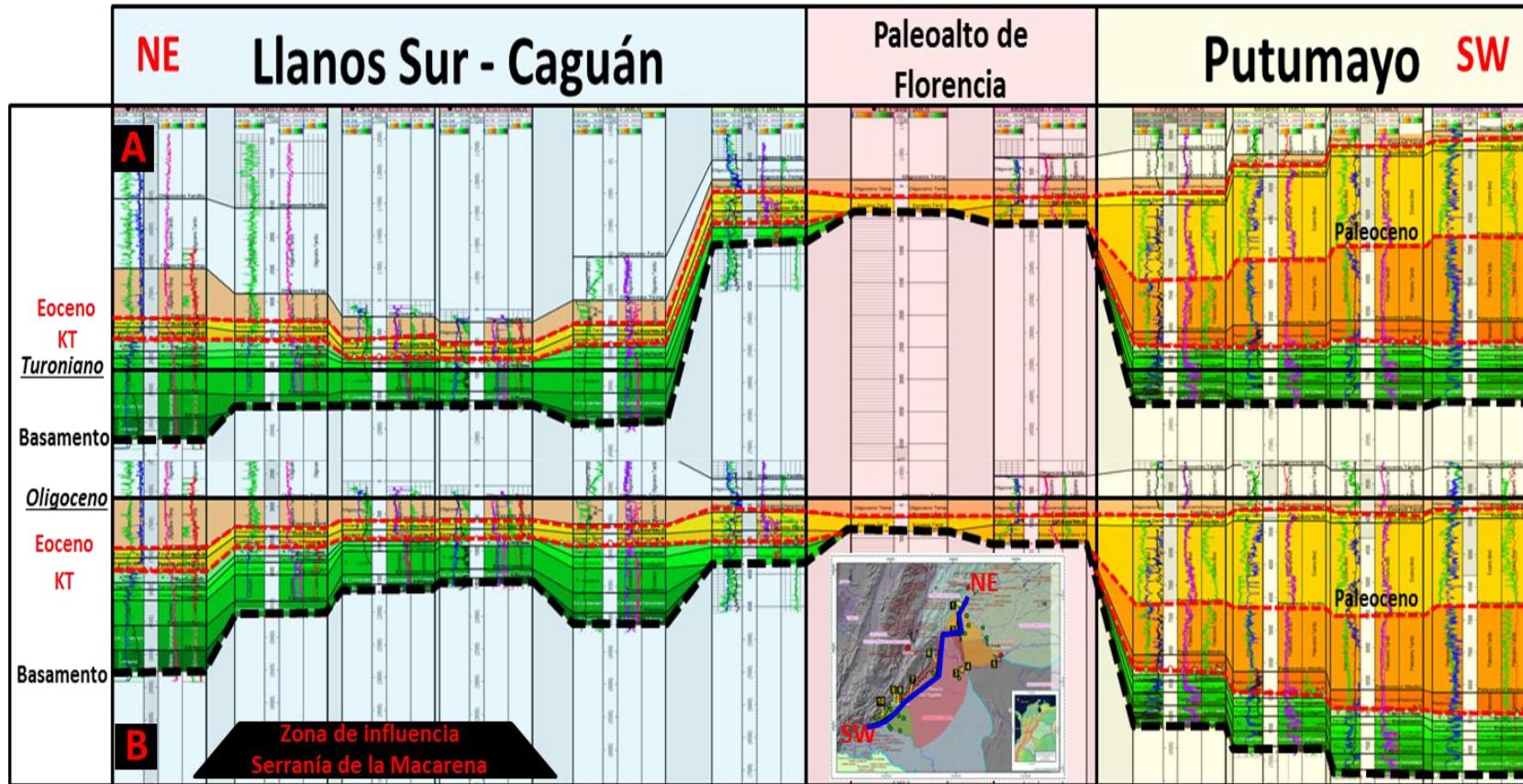


### 3.3 EVOLUCIÓN DE BARRERAS ENTRE CUENCAS

La definición del marco cronoestratigrafico permitió identificar la influencia ejercida por la Serranía de la Macarena y el Paleoalto de Florencia durante la depositación del intervalo Cretácico Superior y Paleógeno. La Serranía de la Macarena y el Paleoalto de Florencia hacen parte de un paleorelieve preexistente que limita la

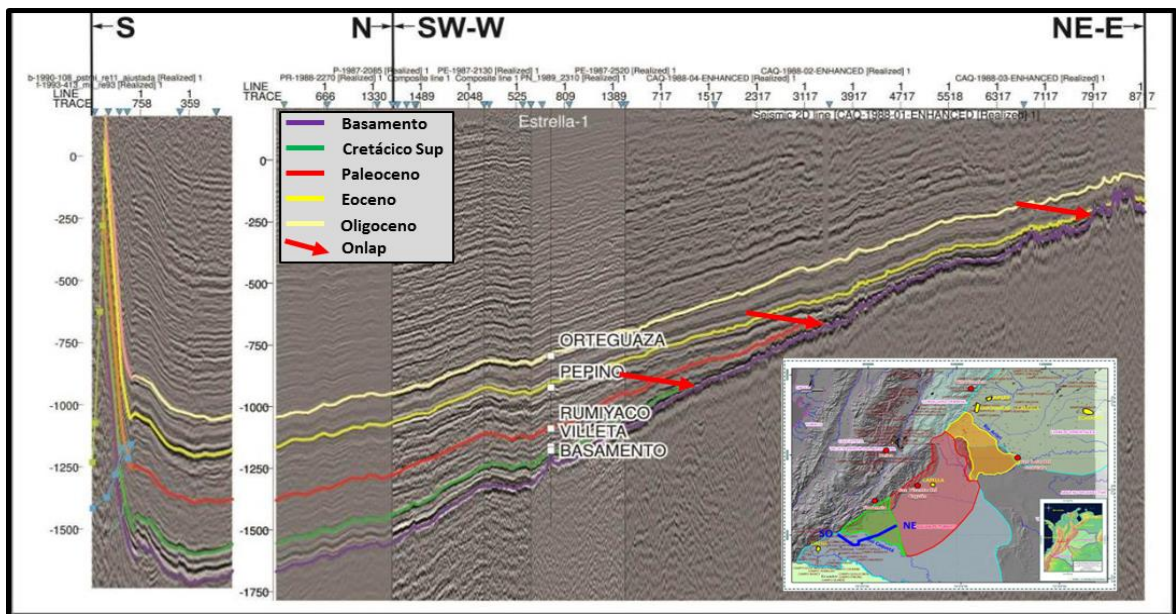
extensión de las Cuencas en un estadio pre-depósito de las series Mesozoico y Cenozoico. En la figura 35 se observa una correlación entre pozos ubicados en el Suroccidente de Cuenca Llanos, norte de Serranía de la Macarena, norte y centro de la Sub Cuenca Yará-Caguán, Paleoalto de Florencia y norte de la Cuenca de Putumayo. La figura 35-A presenta la correlación con *Datum* al Turoniano, esto busca entender la configuración de los altos durante la depositación de la sección Cretáceo Superior. La figura 35-B presenta la correlación con *Datum* al Oligoceno, esto busca entender la configuración de los altos durante la depositación de la sección Paleógeno.

Figura 35. Correlación (NE-SW). Suroccidente de Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena, Sub Cuenca Yari-Caguán, Paleoalto de Florencia, norte y centro de Cuenca Putumayo. A) Datum Turoniano. B) Datum Oligoceno.



La Serranía de la Macarena es cubierta totalmente con sedimentos del Cretácico Superior. La sedimentación durante este periodo de tiempo avanza desde Cuenca Llanos hacia la Sub Cuenca Yará-Caguán. El Palealto de Florencia durante la depositación del intervalo Cretácico Superior actúa como una barrera entre la Sub Cuenca Yará-Caguán y la Cuenca de Putumayo. Lo anterior se evidencia en: 1) Diferencias radicales entre la naturaleza de los procesos sedimentarios. 2) Relaciones de *Onlap* entre los sedimentos que avanzan desde el sur de la Cuenca Putumayo con el Palealto de Florencia, figura 36. 3) No ocurrencia de sedimentos de edad Cretácico Superior al sur de la Sub Cuenca Yará-Caguán. 4) Dirección preferencial de sedimentación desde Cuenca Llanos hacia la Sub Cuenca Yará-Caguán.

**Figura 36. Sección Sísmica Compuesta (SO-NE). Terminaciones en Onlap de las series Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno Medio contra el Palealto de Florencia.**

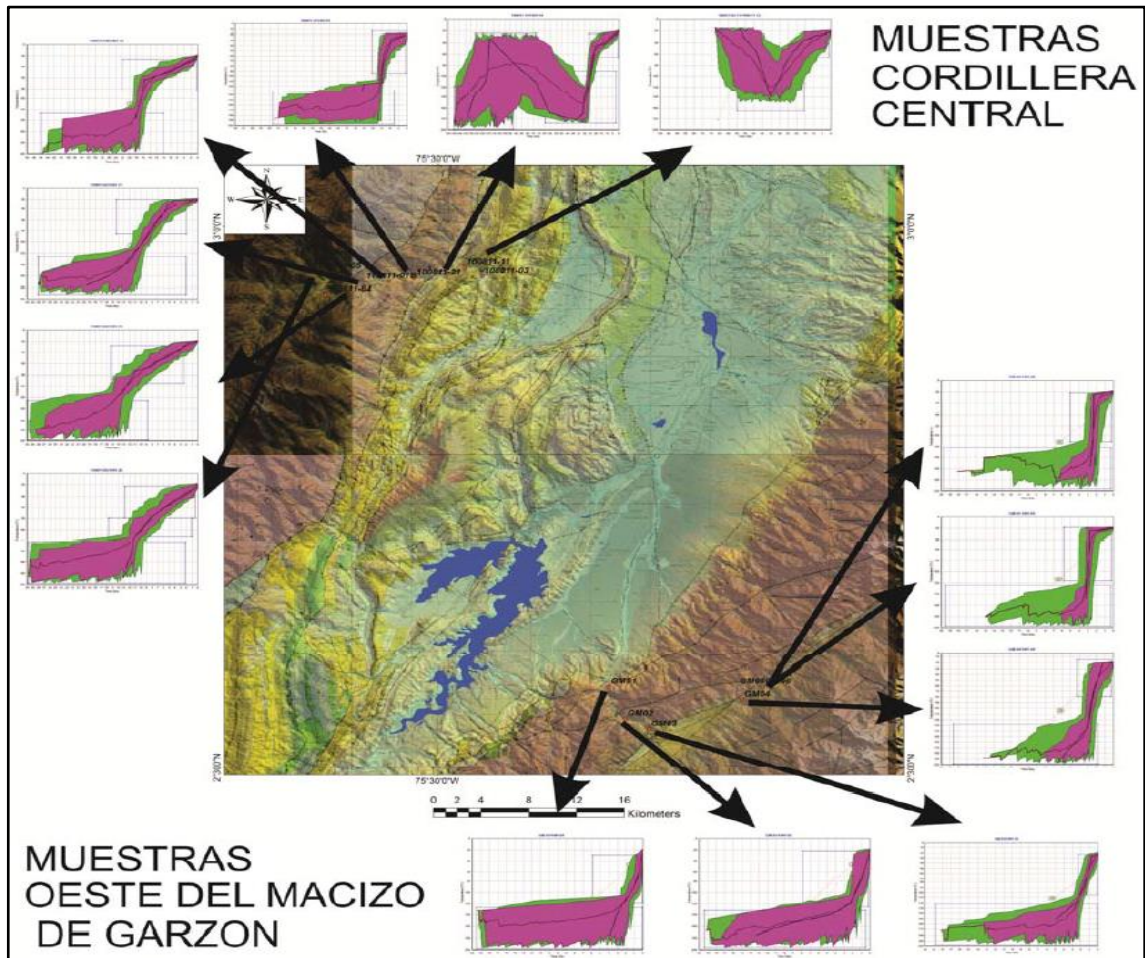


Según lo encontrado al Sur de Cuenca Llanos la sección Paleoceno Medio – Paleoceno Tardío se deposita discordantemente sobre sedimentos de edad Maastrichtiano y Campaniano. En el sector del pozo Uribe-1 el Cretácico Superior

se encuentra erodado hasta el intervalo Coniaciano y sobre la Serranía de la Macarena se encuentra erodado gran parte del intervalo Coniaciano y el tope del Turoniano. Las diferencias en el nivel de erosión soportan la ocurrencia de uno a varios eventos de levantamiento en la Serranía de la Macarena durante el intervalo Paleoceno a Eoceno Medio. Durante el Paleoceno Temprano se establece una fuerte erosión regional asociada al inicio del levantamiento de la Cordillera Central, Cooper et al., 1995, como respuesta a este evento se puede asociar un primer levantamiento de menor magnitud de la Serranía de la Macarena.

A partir de análisis de termocronología (AFTA), Ecopetrol-ICP, 2015, es posible identificar durante el Mioceno - Plioceno una evolución estructural de bloques que se levantan de manera secuencial. La exhumación inicia desde hace 20 ma en la Cordillera Central, 12 a 8 ma en el Macizo de Garzon y un levantamiento más reciente en la Serranía de la Macarena. Las muestras ubicadas en la Cordillera Central y el flanco oeste de Macizo de Garzón muestran distintos patrones de exhumación, figura 37. Para el caso de la Cordillera Central se observa como las muestras más cercanas al borde de deformación, presentan una tendencia más marcada de un inicio rápido de exhumación y posteriormente se hace más lenta en los últimos 20 Ma. Para el flanco oeste del macizo de Garzón se observa un patrón de reducción en la tasa de exhumación, aunque con una tendencia contraria, siendo más marcada esta reducción en las muestras más cercanas a la zona central del Macizo, y con una tendencia más continua y rápida en las muestras más cercanas al flanco del Valle Superior del Magdalena. Además es de notar que no se observa una diferencia importante entre los dos bloques que separa el sistema de fallas de Algeciras. El inicio de la exhumación no es posible definirlo, pero si puede asegurarse que es posterior al de la Cordillera Central, con una edad aproximada entre 10 y 3 Ma (Mioceno Tardío-Plioceno).

**Figura 37. Mapa de ubicación de los modelos realizados para las muestras de AFTA en Cordillera Central y el flanco oeste del Macizo de Garzón.**

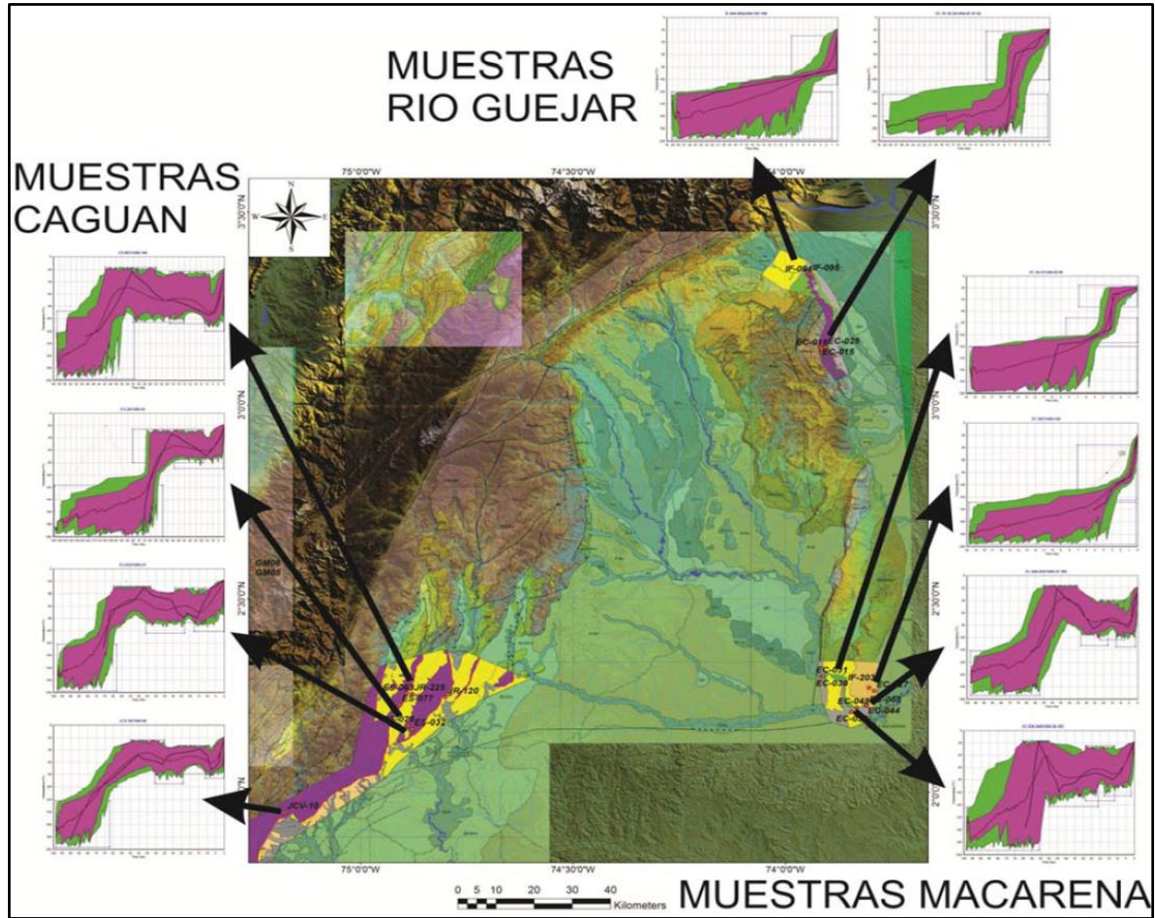


Fuente: Ecopetrol-ICP, 2015.

Las muestras de San Vicente del Caguán presentan una baja definición de eventos, aunque si dan una evidencia incipiente de un evento de exhumación y recalentamiento entre 30 y 10 Ma de características similares al observado en la Serranía de La Macarena, pero de menor magnitud, figura 38. Además se puede observar una exhumación importante previa al Eoceno Medio (40 Ma aproximadamente) en todas las muestras, siendo este el evento que expone las muestras por encima de la ventana de borrado total de las trazas de fisión. El inicio del último evento de exhumación es consistente en todas las muestras, siendo más probable hacia los últimos 10-5 Ma (Mioceno Tardío-Plioceno).

La zona de la Serranía de La Macarena, donde se tienen muestras en el extremo norte (Río Güejar) y en el extremo sur de La Serranía, presenta también tendencias variables en las tasas de exhumación, figura 38. De manera general se observa un inicio lento antes de 2-4 Ma, seguido por un aumento en la velocidad de exhumación, que en dos muestras es culminado con una reducción drástica de esta velocidad durante los últimos 3-5 Ma (Plioceno - Pleistoceno). Es importante anotar que en las muestras que no se encuentran completamente borradas es posible observar un evento corto de exhumación entre 30 Ma y 15 Ma, seguido de un enterramiento hasta el momento donde se inicia el último periodo de exhumación hace 5-10 Ma (Mioceno Tardío-Plioceno).

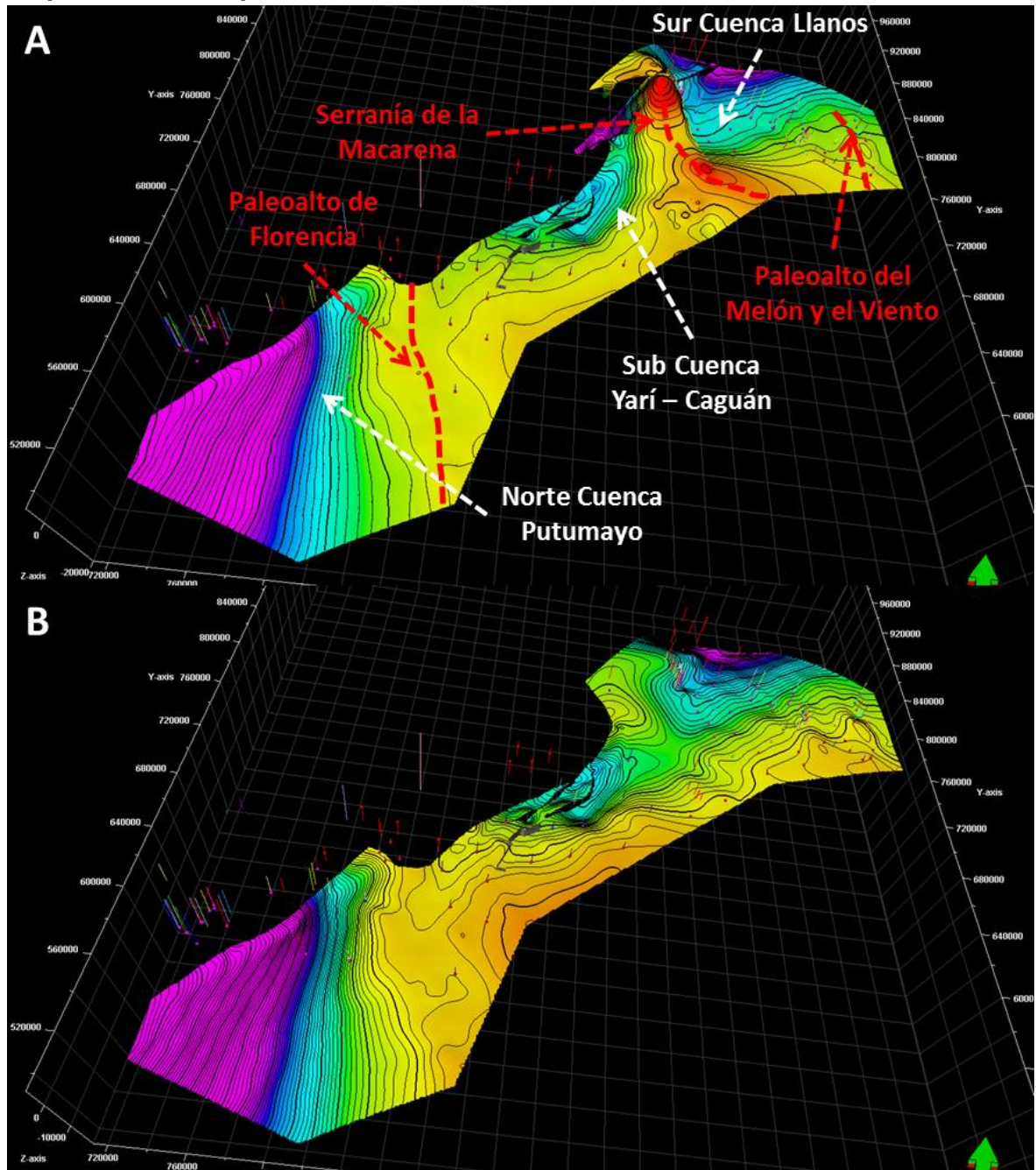
**Figura 38. Mapa de ubicación de los modelos realizados para las muestras de AFTA de la zona norte de la serranía de la Macarena, sur de la Serranía de La Macarena y el sector de San Vicente del Caguán.**



Fuente: Ecopetrol-ICP, 2015.

En la figura 39 se presenta dos mapas estructurales al tope del Basamento entre el Sur de Cuenca Llanos y Norte de Cuenca de Putumayo. El primero (A) presenta la deformación actual. El segundo (B) presenta la configuración existente previa al evento de deformación Mioceno. De manera general se observa una fuerte influencia de la deformación Miocena sobre la Serranía de la Macarena.

Figura 39. Mapa estructural al tope del Basamento entre el Sur de Cuenca Llanos y Norte de Cuenca de Putumayo. A) Mapa con deformación actual. B) Mapa restaurado previo a la deformación Miocena.



### 3.4 PALEOGEOGRAFÍA

Para una reconstrucción paleogeográfica a escala regional es necesario estandarizar y simplificar todas los diferentes tipos de facies en un número manejable de tipos de depósitos de mayor cubrimiento ambiental.

La paleogeografía definida se resume en el siguiente tipo de depósitos:

**Fluvial:** Areniscas y conglomerados fluviales de planicie costera.

**Llanura Aluvial:** Lodolitas / Limolitas bioturbadas, paleosuelos y arenas de Planicie Fluvial.

**Fluvial con Influencia Mareal:** Valles de Incisión rellenos bajo influencia de mareas.

**Supramareal:** Areniscas y lodolitas con clastos de lodo y carbón, laminación wispy y wavy. *Supratidal (Bay Margin basin)*.

**Mareal:** Areniscas de frente de playa, planicie arenosa mareal (areniscas de Subtidal e Intertidal) y areniscas de Estuario.

**Plataforma Marina:** Shales de color negro y gris oscuro no bioturbados (Lodolitas de prodelta o plataforma).

**Plataforma Calcárea:** Intervalos estratigráficos dominados por rocas carbonatadas.

La figura 40, presenta una correlación (NO-SE) entre la región del Río Ariari, el norte de la Serranía de la Macarena y el Sur de la Serranía de la Macarena. La

secuencia sedimentaria pre Eoceno Tardío que se extiende desde el suroccidente de Cuenca Llanos hasta el sur de la Serranía de la Macarena es dominada por areniscas y conglomerados de Edad Cretácico Superior, Paleoceno Medio, Paleoceno Tardío y Eoceno Medio.

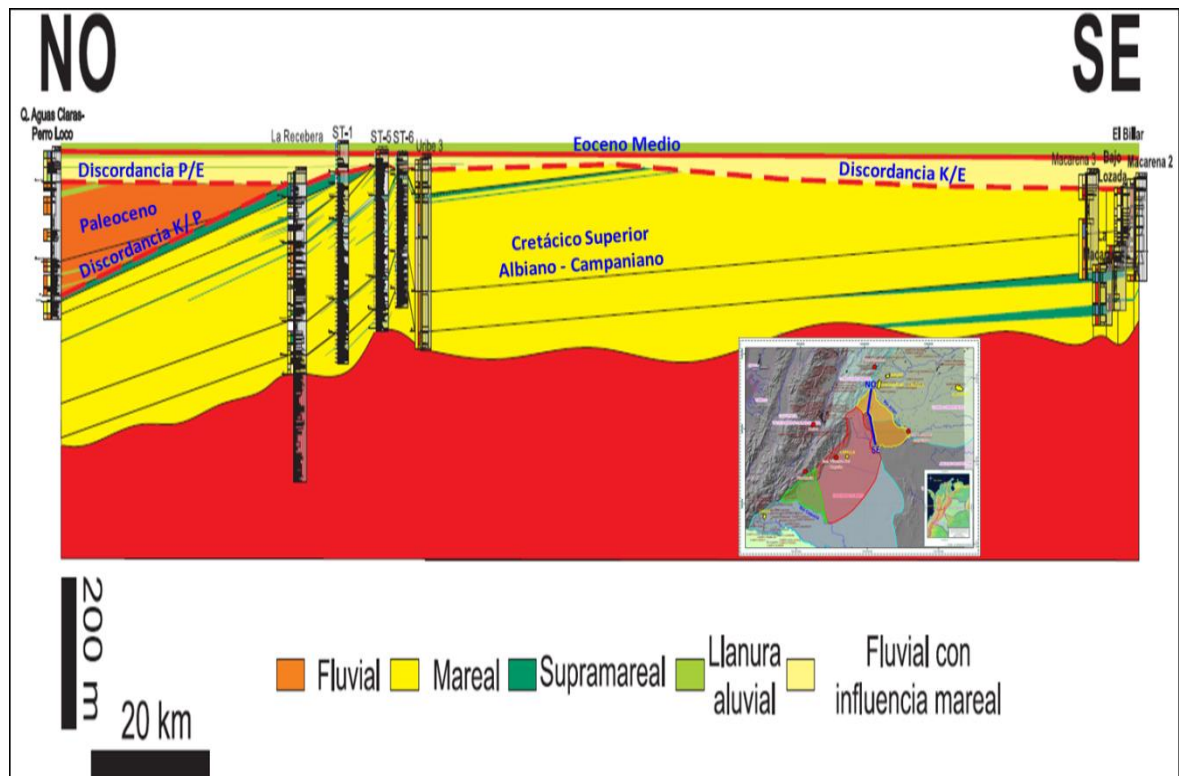
El Cretácico Superior se caracteriza por un dominio de areniscas depositadas en ambientes de influencia mareal, dominadas por facies de *Tidal Sand Flat*. En la sección Cretácico Superior es posible identificar dos eventos globales de tendencia del nivel relativo del mar. El primer evento identificado es un evento transgresivo que inicia en el Albiano (base Formación Une) con facies de dominio Fluvial (Columna estratigráfica Quebrada Esmeraldas, región del Río Ariari y Columna estratigráfica Caño Lejía, Río Guamal). Durante el final del Cenomaniano se observa un cambio a facies de dominio mareal. Este evento de dominio mareal se extiende hasta el Coniaciano y Santoniano; intervalos donde se identifica una inundación de amplio cubrimiento dominado por la ocurrencia de facies de plataforma marina y lacustre en áreas más distales en Cuenca Llanos. Posterior a este evento de facies profundas se observa la aparición de un evento regresivo que involucra la aparición de facies mareales y estuarinas que se extiende hasta el final del Cretácico.

El intervalo Paleoceno se extiende hasta la región del Río Ariari en el Suroccidente de Cuenca Llanos. Sobre la Serranía de la Macarena no existe reporte de existencia de sección Paleoceno. Durante el Paleoceno Temprano el mar se regresa y ocurre un periodo de erosión. El Paleoceno Medio dominado por facies asociadas ambientes de areniscas y conglomerados fluviales de planicie costera, inicia un evento transgresivo general que finaliza en el Paleoceno Tardío bajo el dominio de facies de areniscas y lodolitas de llanura aluvial mixta.

El Eoceno inicia con un evento erosivo regional desarrollado durante el Eoceno Temprano.

El Eoceno Medio es dominado por facies fluviales con influencia mareal. Esta sección transgresiva, inicia a la base con un conglomerado fluvial de planicie costera que se extiende regionalmente. Transicionalmente el Eoceno Medio es dominado hacia el tope por areniscas de frente de playa. El intervalo Eoceno Tardío a Oligoceno Temprano evidencia el final de la transgresión, moviéndose desde zonas transicionales a lodolitas de plataforma o lacustre.

**Figura 40. Correlación (NO-SE) de facies y ambientes de depósito. Suroccidente de Cuenca Llanos, Norte de la Serranía de la Macarena y Sur de la Serranía de la Macarena.**



La construcción de los mapas paleogeográficos integra toda la información de roca existente, tabla 2.

Las figuras 41, 42 y 43 presentan una correlación en sentido Noreste - Suroeste desde el suroccidente de Cuenca Llanos hasta el norte de la Cuenca de Putumayo.

La correlación integra información de las siguientes columnas estratigráficas: En el suroccidente de Cuenca Llanos, Quebradas Aguas Claras, Perro Loco y Esmeraldas en la región del Rio Ariari y La Recebera en el Norte de la Serranía de la Macarena. Para la Sub Cuenca Yará-Caguán las columnas, Uribe 1, región sur del municipio de la Uribe, Meta; San Vicente 2, San Vicente 1, Las Lajas y San Vicente 3, entre San Vicente del Caguán y Puerto Rico, Caquetá. Las Pavas, en el municipio del Paujil, Caquetá, sobre el Paleoalto de Florencia. Al norte de la Cuenca de Putumayo las columnas Rio Orteguzaza, Florencia 7 y Escuela el Cóndor en alrededores del municipio de Florencia, Caquetá; Florencia 1 en el municipio de Belén de los Andaquíes, Quebrada las Doradas en el municipio de San Jose de Fragua. La correlación continúa a sur con los pozos Mirafior-1 y Toroyaco-1 al interior de la Cuenca de Putumayo (figura 5).

La correlación de litofacies y ambientes se presentan en la figura 41.

En la figura 42 se presenta la correlación a partir de datos de composición de las rocas (Relación Qz/Líticos) y relación con las fuentes de aporte según Dickinson y Suckez, 1985. Esta correlación es construida a partir de la integración datos petrográficos. De realizo la discriminación de la composición de cada roca, agrupando de manera general todas las rocas que tienen algún tipo de líticos entre su composición, sin importar la naturaleza de los mismos.

En la figura 43 se observa la correlación antes mencionada con los cambios generales del tamaño de grano (relaciones laterales y verticales). Sumado al foco paleoambiental (figura 41) la integración de esta información complementaria

permite sugerir hipótesis sobre la fuente de aporte, mecanismos de transporte, distancia y procedencia de los sedimentos.

En la figura 44, se observa un mapa de pinchamientos al tope del Cretácico Superior, Paleoceno, Eoceno Medio y Eoceno tardío definidos a partir de la integración de sísmica y pozos. Para la reconstrucción paleogeográfica se desarrollaron 7 mapas a diferentes tiempos.

Para el Cretácico Superior se construyeron los mapas del Cenomaniano, Turoniano y Santoniano. Se utilizó como límite de mapeo el pinchamiento construido al tope del Cretácico Superior.

En el Paleoceno se construyeron los mapas paleográficos al tope de Paleoceno Medio y Paleoceno Tardío. Como límite de Mapeo en este tiempo se utilizó el pinchamiento definido para el tope del Paleoceno.

En el intervalo Eoceno se construyeron mapas al tope del intervalo Eoceno Medio Y Eoceno tardío. Cada mapa fue construido con su respectivo pinchamiento.

Figura 41. Correlación (NE-SO) de facies y ambientes de depósito. Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.

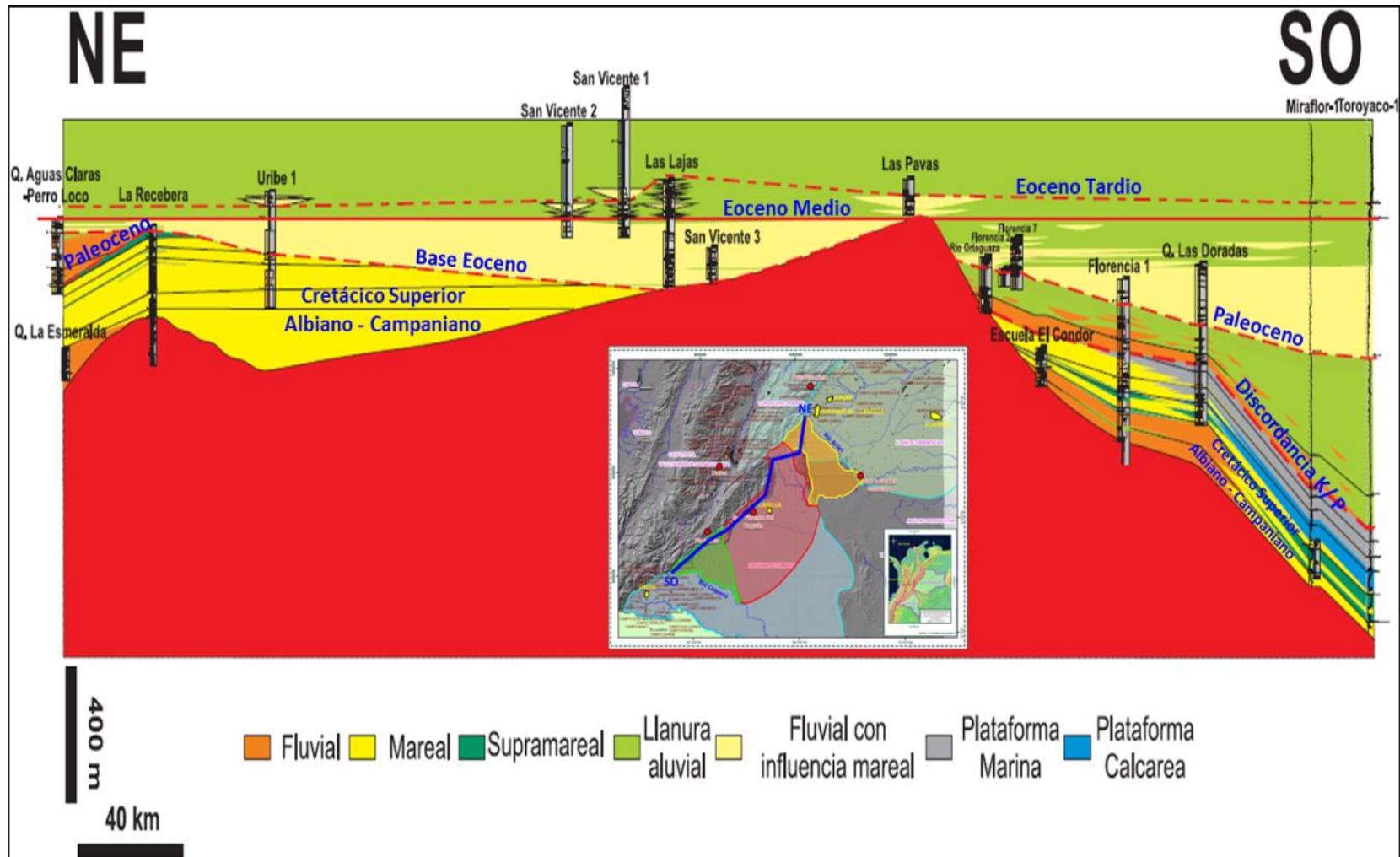
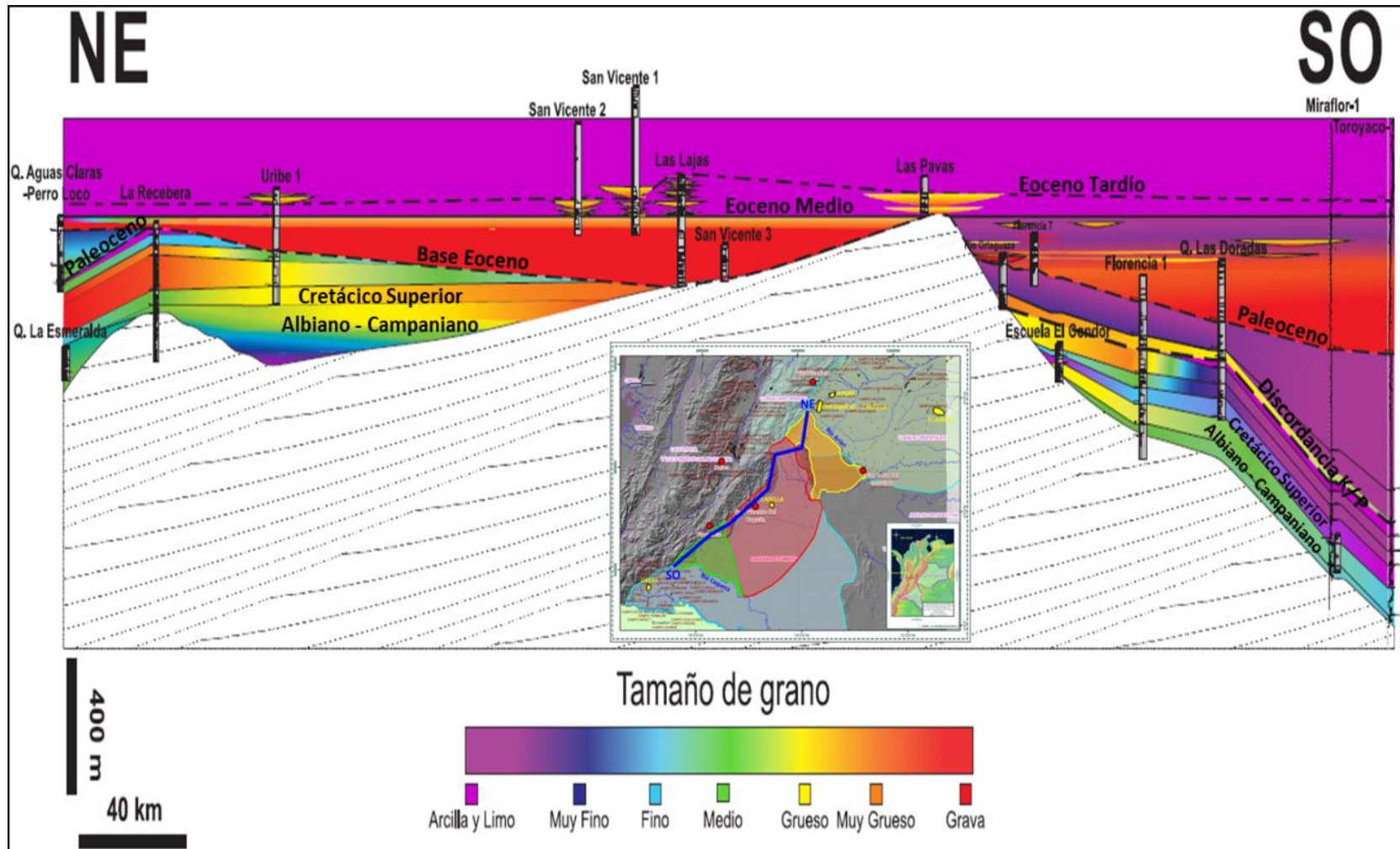
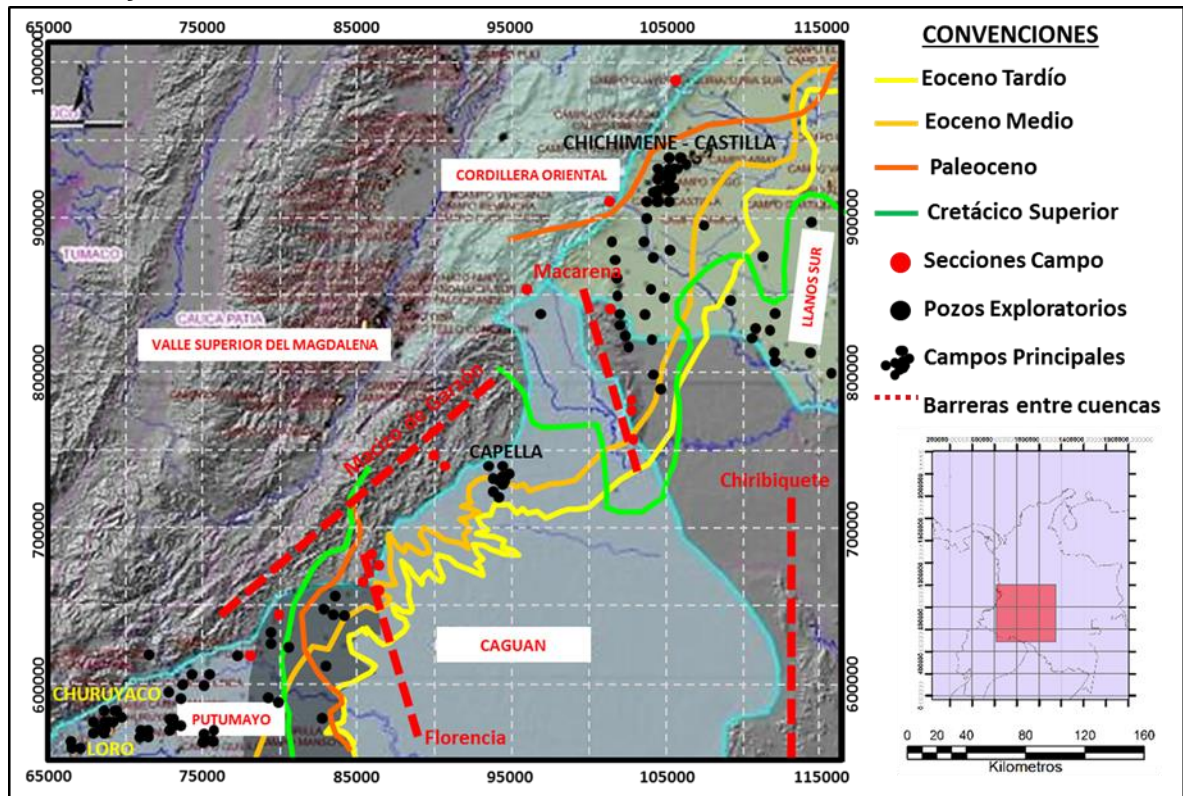




Figura 43. Correlación (NE-SO) Cambios generales del tamaño de grano (relaciones laterales y verticales). Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.



**Figura 44. Mapa de pinchamientos, Cretácico Superior, Paleoceno, Eoceno Medio y Eoceno Tardío. Suroccidente de Cuenca Llanos - Norte de Cuenca de Putumayo.**



***Cretácico Superior.***

Desde el suroccidente de Cuenca Llanos hasta la Sub Cuenca Yarí-Caguán se identifica un claro dominio de secuencias arenosas depositadas dentro de un evento transgresivo de cubrimiento regional, desarrollado entre el Albiano y el Santoniano. Regionalmente la secuencia inicia a la base con areniscas depositadas en ambientes fluviales de edad Albiano (Base Formación Une).

Durante el Cenomaniano, figura 45, inicia un claro dominio de depósitos de influencia mareal el cual se mantiene hasta Turoniano, figura 46.

En el Coniaciano se identifica un fuerte cambio lateral de facies. De norte a sur la sección varía desde lodolitas de plataforma marina o lacustre en Cuenca Llanos, hasta Facies de areniscas depositadas en un planicie arenosa dominada por olas en Serranía de la Macarena y Yarí-Caguán.

En el Santoniano (figura 47) se desarrolla la sección de mayor cubrimiento asociada a la máxima inundación que marca el final del evento transgresivo. Lateralmente el intervalo Santoniano es dominado por facies marinas profundas en el Sur de Cuenca Llanos que cambian lateralmente a facies mixtas en zonas de confluencia entre dominios mareales y submareales en la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

El intervalo Campaniano se preserva en el suroccidente de Cuenca Llanos hasta el norte de la Serranía de la Macarena. En este intervalo se asocian facies de dominio mareal en ambientes que varían entre frente de playa a deltaico. En este intervalo se identifica un evento regresivo que permite progradación de ambientes de dominio arenoso sobre las facies más profundas evidenciadas en el Santoniano.

Al Norte de la Cuenca de Putumayo la sección Cretácico Superior es depositada bajo la influencia de un evento transgresivo que inicia en el Albiano y Termina en el Santoniano.

El resto de la secuencia se deposita bajo la influencia de un evento regresivo que cubre desde el Santoniano hasta el Maastrichtiano. El Palealto de Florencia ejerce un control paleoambiental a medida que avanza la sedimentación Cretácica sobre este. En la correlación de paleolitofacies y ambientes, figura 41, se observa como toda la sección Cretácico Superior presenta un cambio lateral de facies. Este cambio lateral varía desde facies proximales en las áreas de influencia del Palealto de Florencia a facies distales hacia el centro de la Cuenca.

El intervalo Albiano (Formación Caballos) inicia el relleno sedimentario Cretácico dominado por facies fluviales que cambian lateralmente a zonas de influencia mareal a medida que se ingresa en la Cuenca. Este dominio de facies fluviales que avanzan sobre el Paleotallo de Florencia continua durante el Cenomaniano. En áreas distales intermedias el intervalo Cenomaniano, figura 45, presenta una mayor influencia de facies que cambian hacia dominios marinos someros. Depósitos marinos más profundos se reportan hacia el centro de la Cuenca. De manera general en el norte de la Cuenca de Putumayo durante el Cenomaniano coexisten procesos fluviales y mareales desarrollados en áreas de baja pendiente.

La base del Turoniano se propone como una discordancia menor que cubre el norte de la Cuenca. En este intervalo de tiempo, figura 46, se inicia la influencia de un dominio calcáreo de amplio desarrollo (Formación Villeta). Entre el área proximal sobre el Paleotallo de Florencia y las zonas distales en el centro de la Cuenca de Putumayo, el intervalo Turoniano cambia lateralmente de facies fluviales a supramareales, facies de influencia mareal, facies de plataforma calcárea y finalmente facies de dominio marino profundo. Durante el Santoniano, figura 47, se desarrolla la mayor inundación de la secuencia Cretácico Superior en el área norte de la Cuenca Putumayo. La mayor parte de la sección es dominada por facies marino profundas. Sin mayor relevancia solo en áreas proximales es posible identificar una banda de facies de mayor energía. El intervalo Campaniano – Maastrichtiano presenta una influencia mixta entre facies marino profundo que cambian hacia facies mareales de mayor extensión como respuesta al evento regresivo.

La secuencia Cretácico Superior desde el Sur Occidente de Cuenca Llanos hasta el Norte de la Cuenca de Putumayo está compuesta principalmente de cuarzo, figura 42. Según las relaciones propuestas por Dickinson y Suckez, 1985, los sedimentos depositados proceden casi de manera exclusiva del cratón Guayanés. Las tendencias de los tamaños de grano, figura 43, permiten diferenciar dos

sistemas sedimentarios desarrollados por separado al norte y sur del Paleotalto de Florencia.

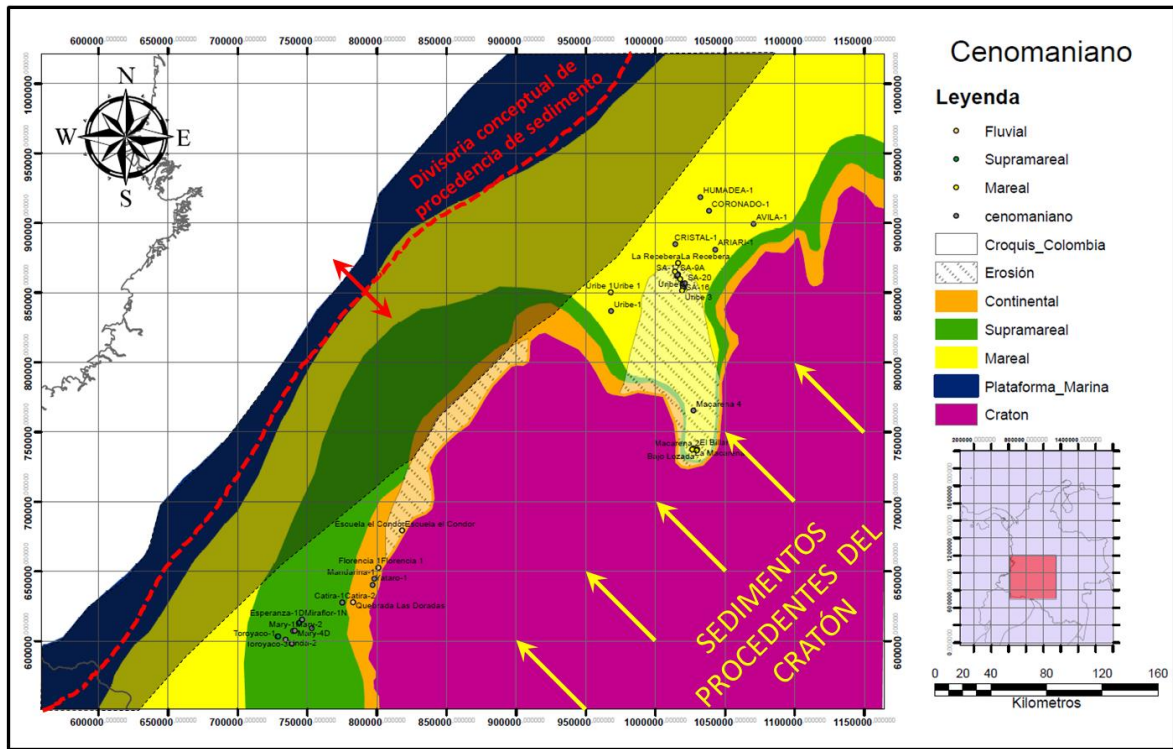
Desde el Sur de Cuenca Llanos hasta el centro de la Sub Cuenca Yari-Caguán se observa el avance de facies arenosas depositadas en un área de baja pendiente influenciada por mareas. El dominio de tamaños de grano superior a medio se relaciona con el retrabajamiento y nivel de energía constante del medio, el cual no permite la preservación de tamaños de grano fino e inferior y favorece el desarrollo de una planicie arenosa.

En relación a las tendencias de tamaño de grano en el norte de la Cuenca de Putumayo, es posible asociar los cambios existentes entre las áreas próximas al Paleotalto de Florencia y las áreas distales en el centro de la Cuenca.

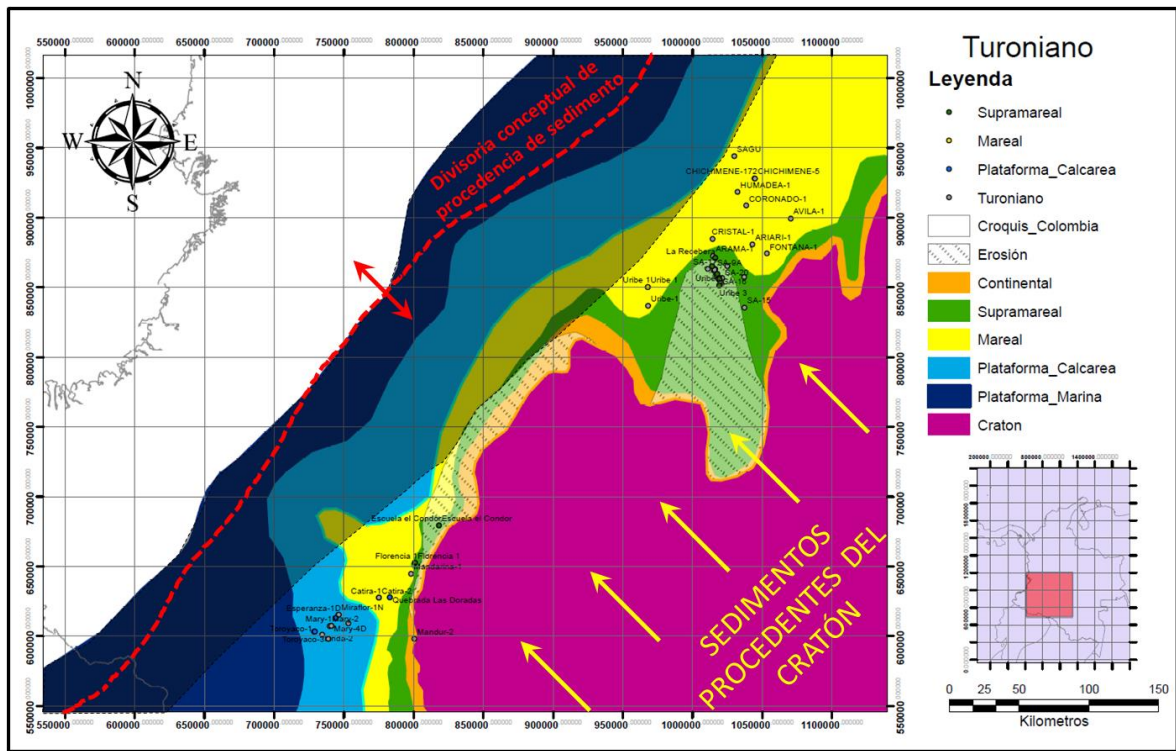
La sección basal Albiano – Cenomaniano es dominada por tamaños de grano superiores a medio. Se identifica un periodo de alta sedimentación desarrollado en sistemas de alta energía dentro de rellenos de influencia fluvial y mareal.

El resto de la sedimentación Cretácica presenta una gradación lateral de los dominios de tamaño de grano. Los tamaños de grano medio y superiores se ubican sobre la zona de influencia del Paleotalto y gradan lateralmente a tamaños de grano menores a medida que se avanza dentro de la Cuenca. En la zona de influencia del Paleotalto de Florencia se desarrolla un pinchamiento policrónico de diferentes niveles de areniscas. En este pinchamiento se desarrollan niveles amalgamados que se comunican verticalmente entre si y lateralmente con rocas coetáneas depositadas en ambientes marino profundo.

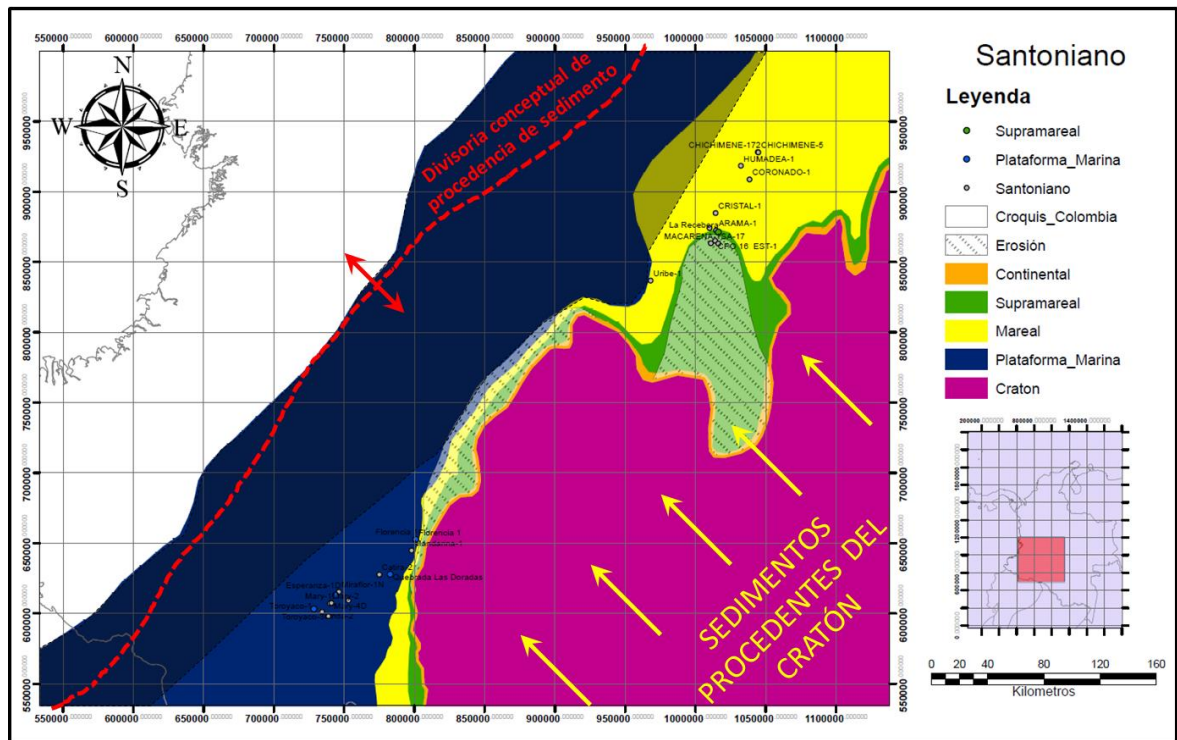
**Figura 45. Cenomaniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



**Figura 46. Turoniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



**Figura 47. Santoniano. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



***Paleoceno.***

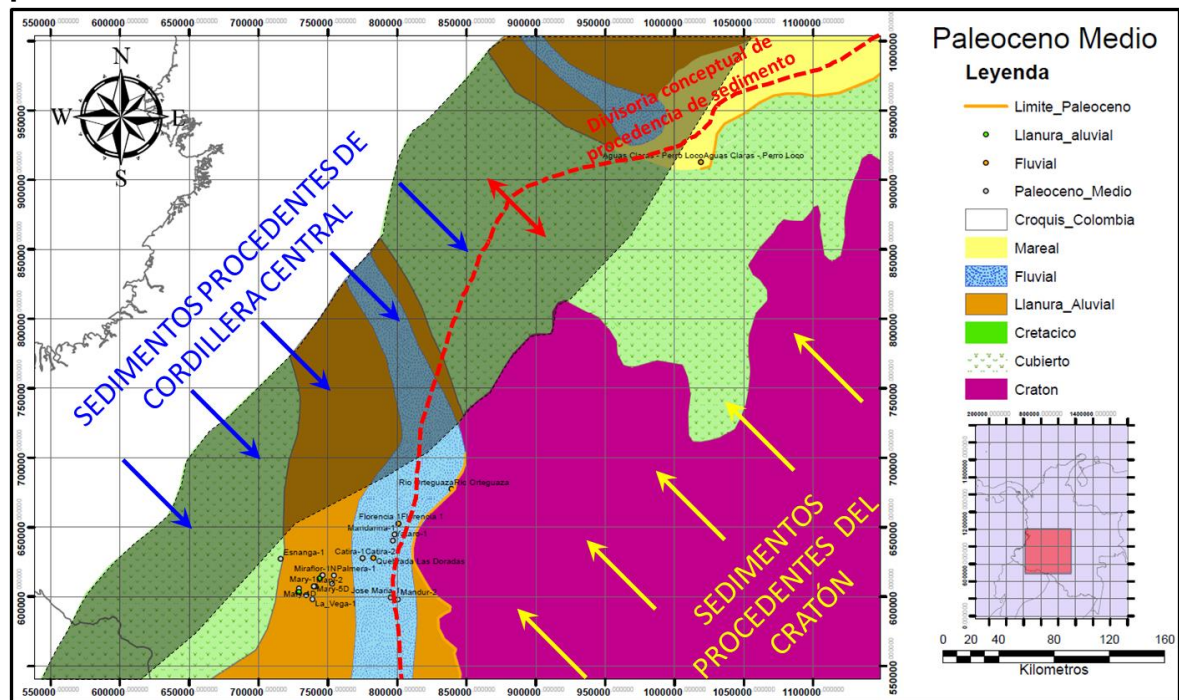
En el Suroccidente de Cuenca Llanos las facies dominantes obedecen a Areniscas y conglomerados fluviales de planicie costera durante el Paleoceno Medio, figura 48, y Cambian a facies de areniscas y lodolitas de llanura aluvial mixta en el Paleoceno Tardío, figura 49.

En el norte de la Cuenca de Putumayo se observa el desarrollo de un valle inciso que corre paralelo al Paleoalto de Florencia. Durante el Paleoceno Medio, figura 48, se desarrolla un nivel de dominio arenoso (Miembro Neme – Formación Rumiyaco) que se evidencia como el relleno basal de este Valle. Lateralmente el Paleoceno Medio cambia a facies de llanura aluvial mixta, las cuales dominan la secuencia durante el Paleoceno Tardío, figura 49.

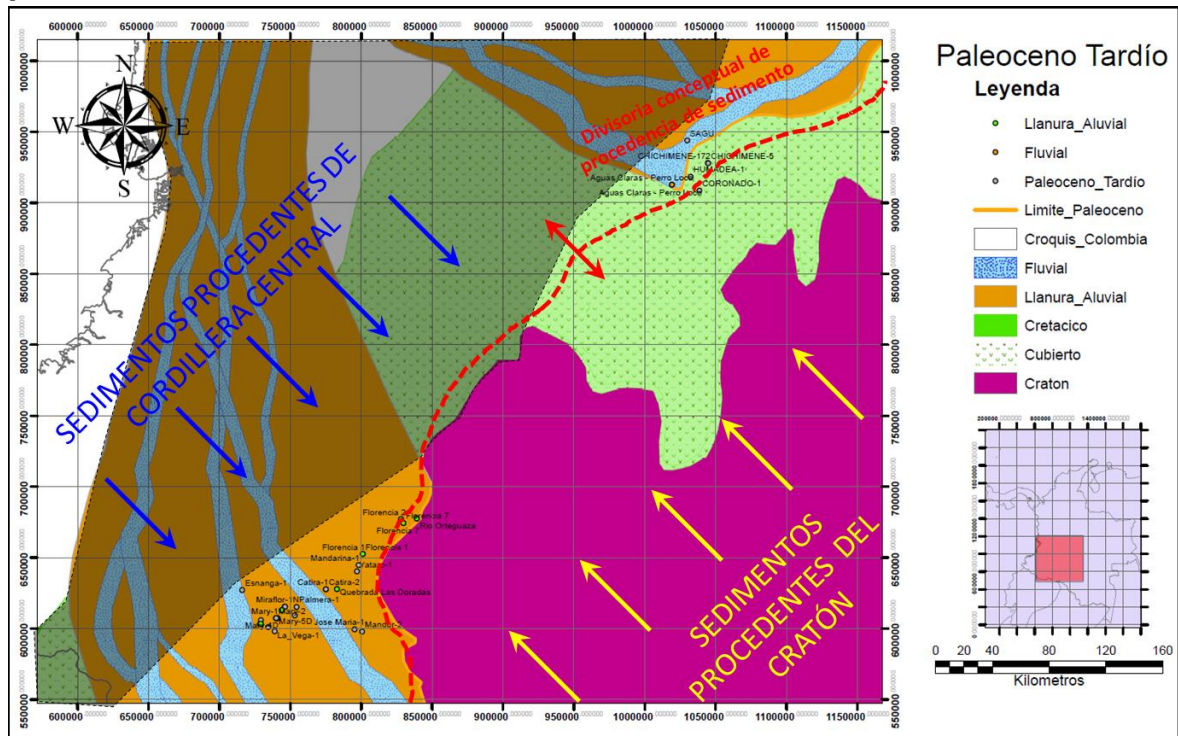
La composición dominante de las rocas cambia hacia una fuerte influencia de líticas. Según las relaciones propuestas por Dickinson y Suckez, 1985, se sugiere como fuente de aporte de sedimento un orogeno reciclado. La principal fuente de aporte es la Cordillera Central la cual inicia su levantamiento en el Paleoceno.

En la zona proximal cercana al Paleoalto de Florencia durante el Paleoceno Medio se desarrolla un cuerpo arenoso de extensión limitada al sur. Este cuerpo se amalgama al dominio arenoso Cretácico Superior formando otro pinchamiento de buena calidad.

**Figura 48. Paleoceno Medio. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



**Figura 49. Paleoceno Tardío. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



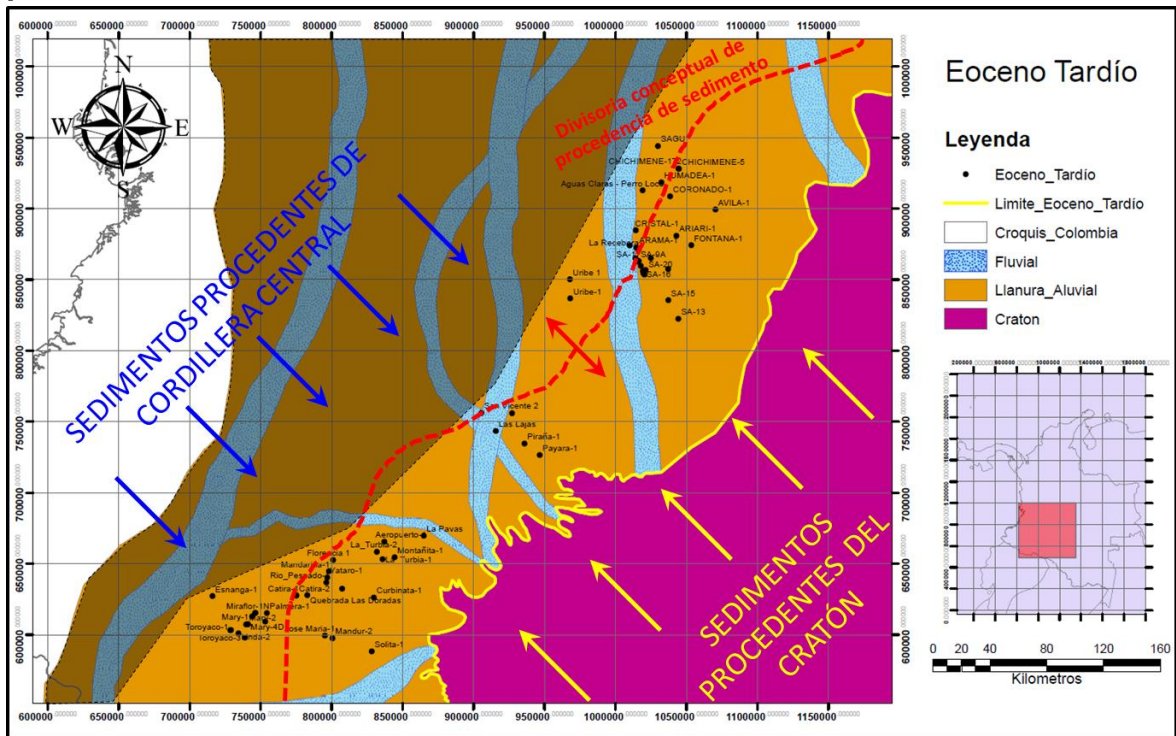
### **Eoceno**

El Eoceno se identifica como el intervalo de tiempo donde se unifica el proceso sedimentario desde Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo. El intervalo Eoceno se deposita bajo la influencia de un evento transgresivo que se desarrolla desde el Eoceno Medio hasta el Oligoceno Temprano.

Durante el Eoceno Medio, figura 50, se desarrolla un evento basal de cubrimiento regional en el cual se depositan una franja de conglomerados fluviales de planicie costera. Lateralmente se observa un cambio hacia facies de llanura aluvial en posiciones más distales al interior de la Cuenca de Antepaís. Este evento se puede asociar al desarrollo de un Valle inciso que corre en dirección preferencial norte – sur, el cual es rellenado por facies que van a la base desde dominios



**Figura 51. Eoceno Tardío. Mapa Paleogeográfico y tendencias de la procedencia de Sedimentos.**



#### 4. CONCLUSIONES

Durante el Cretácico superior la Sub Cuenca Yarí-Caguán fue una extensión de la Cuenca Llanos. La “Serranía de la Macarena” fue un alto estructural de expresión menor el cual para las áreas, Suroccidente de la Cuenca Llanos, Serranía de la Macarena y Norte de Sub Cuenca Yarí-Caguán, controló los ambientes de depósito desde el Cenomaniano hasta el Campaniano, pero no limitó la acumulación de sedimentos, la cual se dio de manera continua desde la Cuenca Llanos hasta el sector Centro-Norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán. Coetáneamente el Paleotallo de Florencia ejerció como barrera, limitando la conexión entre la Sub Cuenca Yarí-Caguán y la Cuenca de Putumayo. La sección Cretácico Superior desde el sur de Cuenca Llanos hasta la Cuenca de Putumayo es dominada por cuarzo areniscas y areniscas cuarzosas. Esto sugiere que la proveniencia de los sedimentos es del Cratón Guayanés.

En el Paleoceno Temprano se identifica un levantamiento menor de la Serranía de la Macarena el cual es posible asociar a los inicios del levantamiento de la Cordillera Central. En este periodo de tiempo se genera un evento erosivo regional, que en primera medida impide la depositación de sedimentos en la zona de influencia de la Serranía de la Macarena en el Suroccidente de la Cuenca Llanos, sobre la Serranía de la Macarena y en la Sub Cuenca Yarí-Caguán. Sumado a la no depositación de sedimentos durante este periodo de tiempo se identifica la erosión de todo Maastrichtiano y gran parte del Campaniano. Este evento erosivo se extiende hasta el Eoceno Medio en la Serranía de la Macarena y la Sub Cuenca Yarí-Caguán. En el sector norte de la Cuenca Putumayo durante el Paleoceno Temprano se identifica la depositación de facies finas y paleosuelos, asociadas a depósitos de llanuras aluviales con influencia transicional resultados de la regresión marina regional que se da en este tiempo.

Durante el Paleoceno Medio y Tardío no hay depositación de sedimentos tanto en la Serranía de la Macarena como en la Sub Cuenca Yarí-Caguán. La secuencia Paleoceno se extiende en el Suroccidente de la Cuenca Llanos hasta el sector sur de la región de Río Ariari, formando una cuña erosiva compuesta por las Formaciones Barco (Paleoceno Medio) y Cuervos (Paleoceno Tardío). En el norte de la Cuenca de Putumayo la sección Paleoceno está limitada hacia el norte por el Paleoalto de Florencia. El intervalo Paleoceno presenta una composición mixta. Lateralmente se observa un cambio en los dominios composicionales de las rocas. En el área Sur Occidente de Cuenca Llanos las proporciones (sublitoarensicas y litorensicas) / (cuarzo areniscas y areniscas cuarzosas) son mayores hacia los dominios de cuarzo y se relacionan con procedencia de sedimentos desde la Cordillera Central y el Cratón Guayanés, lo cual sugiere que el eje de procedencia se extiende en el medio de las áreas cubiertas por estos sedimentos. Contrario a lo anterior en el norte de la Cuenca de Putumayo se observa un dominio mayor de sublitoarensicas y litorensicas. De lo anterior se sugiere que las relaciones composicionales encontradas son correlativas con la distancia que existe en cada área con respecto a la Cordillera Central.

En el intervalo Eoceno Temprano se reconoce un segundo evento erosivo regional y otro evento menor de levantamiento de la Serranía de la Macarena. Durante este periodo de tiempo se formó el paleorelieve que controla la depositación del Eoceno Medio. Durante el Eoceno Temprano el paleoalto de Florencia continúa como una barrera que separa la Sub Cuenca Yarí-Caguán y el norte de la Cuenca de Putumayo.

La sección Eoceno Medio es el primer registro de roca que se extiende de manera continua desde la Cuenca Llanos Hasta la Cuenca de Putumayo. Durante el Eoceno Medio la influencia ejercida por la Serranía de la Macarena y el Paleoalto de Florencia es barrada y solo afecta en menor medida el espesor de este intervalo conglomerático.

Como resultado de las ventanas de erosión identificadas durante el Paleoceno Temprano y Eoceno temprano la sección Eoceno Medio Suprayace rocas de diferentes edades. En el Suroccidente de la Cuenca Llanos el intervalo Eoceno Medio se establece sobre la Formación Cuervos (Paleoceno Tardío) hasta el sector sur de la región del Rio Ariari. Desde el norte del área de influencia de la Serranía de la Macarena hasta el sector centro norte de la Sub Cuenca Yarí-Caguán la sección Eoceno Medio suprayace rocas de la Formación Guadalupe (Santoniano – Campaniano). Como resultado de una mayor ventana de erosión sobre la Serranía de la Macarena gran parte de la sección suprayace los niveles arenosos coetáneos a la Formación Chipaque (Turoniano – Santoniano). Desde el área Central de la la Sub Cuenca Yarí-Caguán hasta el Paleoalto de Florencia el intervalo estratigráfico Eoceno Medio suprayace rocas de basamento del Macizo de Garzon. Al norte de la Cuenca de Putumayo la sección Eoceno Medio se dispone sobre rocas de la Formación Rumiayaco (Paleoceno Medio) en las áreas más distales y sobre las rocas de basamento que conforman el Paleoalto de Florencia en posiciones más proximales.

Según los conteos granos realizados en el Eoceno Medio es posible concluir que la influencia de la Cordillera Central como fuente de aporte es mayor en la Cuenca de Putumayo que en la Cuenca Llanos, donde solo se observan algunos paquetes de sublitoareniscas y litoreniscas interestratificados en un dominio de cuarzo areniscas y areniscas cuarzosas. La distancia de las áreas con la Cordillera Central es el factor que controla el dominio composicional en cada una de las Cuencas durante este periodo de tiempo.

Desde el Eoceno tardío hasta el Mioceno se identifica una sedimentación continua desde la Cuenca Llanos hasta la Cuenca Putumayo. Basado en la identificación de las relaciones de corte y los datos de AFT, durante el Mioceno se identifica un pico de levantamiento registrado en la Serranía de la Macarena, este evento

separa el sur de Cuenca Llanos de la Sub Cuenca Yarí-Caguán, generando un mayor relieve.

A partir del entendimiento de las relaciones de conexión y desconexión de la Sub Cuenca Yarí-Caguán con las Cuencas Llanos y Putumayo y las relaciones de los crudos con estas Cuencas adyacentes, se sugiere que dentro las alternativas de origen de los hidrocarburos solo es posible que esta se haya dado por migración radial desde la Cordillera Oriental ayudada por la paleotopografía ascendiente hacia el sur ó re-migración lateral desde Cuenca Llanos.

La migración de los crudos desde Cuenca Llanos y/o Cordillera Orienta hacia la Sub Cuenca Yarí-Caguán se da entre el Eoceno Tardío y el Mioceno Temprano. Este es el único intervalo de tiempo donde la sedimentación es mayormente continua y no está limitada por ventanas regionales de erosión (Paleoceno Temprano y Eoceno Temprano). Sumado a lo anterior solo hasta el Mioceno Medio (8-12 ma) se identifica un evento de levantamiento de la Serranía de la Macarena con la suficiente generación de relieve para separar la Cuenca llanos de la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

Las rutas de migración de los crudos desde Cuenca Llanos y/o Cordillera Orienta hacia la Sub Cuenca Yarí-Caguán se da lateralmente desde la región del Rio Ariari (último reporte del Chipaque al sur de Llanos) por las intervalos Cretácico Superior, Paleoceno y Eoceno Medio en Cuenca Llanos, pasando a Cretácico Superior y Eoceno en la Sub Cuenca Yarí-Caguán.

La Serranía de la Macarena y el Paleoalto de Florencia hacen parte de un paleorelieve asociado al Craton Guayanes, el cual limita la extensión de las Cuencas en un estadio pre-depósito de las series Mesozoico y Cenozoico. En la Serranía de la Macarena se identifican tres eventos de levantamiento. Dos eventos menores en el Paleoceno Temprano y Eoceno Temprano y un evento

mayor en el Mioceno Medio. El Paleotallo de Florencia permanece emergido hasta el Eoceno Medio y no se reconocen eventos de levantamiento desde el Cretácico Superior al Oligoceno.

## BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS., UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Cartografía geológica de 51267,45 km<sup>2</sup> en la Cuenca Caguán-Putumayo a partir de sensores remotos a escala 1:100000 y 739 km<sup>2</sup> con control de campo a escala 1:50000 en las planchas IGAC 413 y 414 departamentos del Meta, Caquetá, Putumayo. Santafé de Bogotá. 2009.

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. Mapa de Rezumaderos de petróleo, Asfalto y gas en Colombia. Santafé de Bogotá. 2010.

BAYONA, G., CORTES, M., JARAMILLO, C., OJEDA, G., ARISTIZABAL, J.J., REYES-HARKER, A. An integrated analysis of an orogen-sedimentary basin pair: Latest Cretaceous-Cenozoic evolution of the linked Eastern Cordillera orogen and the Llanos foreland basin of Colombia. Geological Society of America Bulletin 120, 1171-1197. 2008.

BEICIPFRANLAB.. Evaluación regional geológica y geofísica de la Cuenca del Putumayo, ECOPETROL Informe Geológico 1584, 151 p. Santafé de Bogotá. 1988

BRIDGER, C., El Paleozoico inferior de Colombia: una reevaluación en base en nuevos datos de campo. Trabajo Final de Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 280 P. 1982.

CARSON AEROGRAVITY DIGITAL., AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS., FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE

DESARROLLO. Programa Aerogravimétrico y Aeromagnético De la Cuenca del Yarí-Caguán, Colombia, contrato No. 2052332. Santafé de Bogotá. 2006.

CATUNEANU, O.. Principles of Sequence Stratigraphy. Elsevier, Amsterdam, 375 pp. 2006

CATUNEANU, O., ABREU, V., BHATTACHARYA, J.P., BLUM, M. D., DALRYMPLE, R.W., ERIKSSON, P. G., FIELDING, C. ., FISHER, W. L., GALLOWAY, W. E., GIBLING, M. R., GILES, K. A., HOLBROOK, J. M., JORDAN, R., KENDALL, C. G. T. C., MACURDA, B., MARTINSEN, O. J., MIALL, A. D., NEAL, J. E., NUMMEDAL, D., POMAR, L., POSAMENTIER, .W., PRATT, B. R., SARG, J.F., SHANLEY, K.W., STEEL, R. J., STRASSER, A., TUCKER, M. E., WINKER, C. Towards the standardization of sequence stratigraphy. Earth-Science Reviews, vol. 92, 1–33. 2009.

CATUNEANU, O., BHATTACHARYA, J. P., BLUM, M. D., DALRYMPLE, R.W., ERIKSSON, P. G., FIELDING, C. R., FISHER, W. L., GALLOWAY, W. E., GIANOLLA, P., GIBLING, M. R., GILES, K. A., HOLBROOK, J. M., JORDAN, R., KENDALL, C. G. ST. C., MACURDA, B., MARTINSEN, O. J., MIALL, A. D., NUMMEDAL, D., POSAMENTIER, H.W., PRATT, B. R., SHANLEY, K.W., STEEL, R. J., STRASSER, A., TUCKER, M. E. Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development. First Break 28, 21–34. 2010.

CATUNEANU, O., GALLOWAY, W., CHRISTOPHER G. ST., KENDALL, C., MIALL, A., POSAMENTIER, H., STRASSER, A., TUCKER, T. Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature. Newsletters on Stratigraphy, Stuttgart, Vol. 44/3, 173–245. 2011.

COOPER, M. A., ADDISON, F. T., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R. H., HAYWARD, A. B., HOWE, S., MARTINEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A. J., TABORDA, A. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin,

Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia. A.A.P.G. Bull. v. 79, No. 10, p. 1421-1443. 1995.

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

ECOPETROL-ICP. Evaluación Regional Cuenca Yarí-Caguán. ICP, Piedecuesta. 1997.

ECOPETROL-ICP. Proyecto evaluación regional Cuenca del Putumayo. Definición de los Sistemas Petrolíferos. ICP, Piedecuesta. 1997.

ECOPETROL-ICP. Evaluación Geoquímica Preliminar de Crudos Pesados en las Cuencas Llanos, Yarí-Caguán, Putumayo y Vmm. ICP, Piedecuesta. 2001.

ECOPETROL-ICP. Caracterización de Hidrocarburos y Ocurrencia de Crudos Pesados en el Sur de la Cuenca Llanos Orientales y YaríCaguán. ICP, Piedecuesta. 2003.

ECOPETROL-ICP. Cálculo preliminar de recursos potenciales de arenas bituminosas en las áreas de Florencia, San Vicente, Caño Sur y Sogamoso y Manifestaciones de arenas bituminosas en las áreas de Rio Güejar, Florencia, san Vicente, caño sur y Sogamoso. ICP, Piedecuesta. 2011.

ECOPETROL-ICP. Cinemática de las Cuencas Subandinas: Guia Exploratoria de Hidrocarburos en Piedemontes Andinos y Cuencas Intramontanas. ICP, Piedecuesta. 2012.

ECOPETROL-ICP. Evaluación del potencial e Arenas Bituminosas en la Cuenca Caguán-Putumayo. ICP, Piedecuesta. 2013.

ECOPETROL-ICP. Evaluación del potencial de Arenas Bituminosas en la Cuenca Caguán-Putumayo. ICP, Piedecuesta. 2014.

ECOPETROL-ICP. Informe de análisis de datos termocronológicos de la Cuenca Caguán-Putumayo, incluye reflectancia de vitrinita, trazas de fisión y U-Pb en apatito, Piedecuesta. 2015.

FOLK, R. Petrology of Sedimentary Rocks, Vol 1, 182 p, Austin, Hemphill Publishing Company, Texas. 1974.

GALVIS, J., PINTO, H. Algunas Observaciones Acerca de la Geología del Sudoeste del Caquetá. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias 23, 12. 1999.

GARCIA, D. F. Estudo dos sistemas petrolíferos no setor central da bacia dos “Llanos Orientales”, Colômbia. Um modelo para explicar as mudanças na qualidade do petróleo.: Ph.Dthesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 229 p. 2008.

GONÇALVES, F., MORA, C., CÓRDOBA, F., KAIRUZ, E., GIRALDO, B. Petroleum generation and migration in the Putumayo Basin, Colombia: insights from an organic geochemistry and basin modeling study in the foothills. Marine and Petroleum Geology 19, 15. 2002.

HARRINGTON, H.L. & M. KAY. Cambrian and Ordovician faunas of eastern Colombia. Journal. Paleont., V. 25, No.5, pp. 655-668, 2 Lam. Kansas. 1951.

HIGLEY. The Putumayo-Oriente-Maranon Province of Colombia, Ecuador, and Peru-Mesozoic-Cenozoic and Paleozoic Petroleum Systems. USGS Digital Data Series 63. 2001.

JORDAN, T.E., ISACKS, B.L., ALLMENDINGER, R.W., BREWER, J.A., RAMOS, V.A., ANDO, C.J. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. Geological Society of America Bulletin 94, 341-361. 1983.

MORA, A., MANTILLA, M., DE FREITAS, M. Cretaceous Paleogeography and Sedimentation in the Upper Magdalena and Putumayo Basins, Southwestern Colombia. AAPG International Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, Brazil. 2010.

MATHALONE, J., MONTOYA, M. Petroleum Geology of the Sub-Andean Basins of Peru. AAPG Memoir 62, 22. 1995.

RANGEL, A., PASSOS, S. Caracterización de hidrocarburos y ocurrencia de crudos pesados en el sur de la cuenca llanos orientales y Yarí-Caguán. Informe interno ECOPETROL. ICP, Piedecuesta. 2003.

SARMIENTO, L.F., RANGEL, A. Petroleum systems of the Upper Magdalena Valley, Colombia. Marine and Petroleum Geology 21, 373-391. 2004.

TRUMPY, D. Pre-cretaceous of Colombia. Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 54, No. 9. 1943.