

# Determinación del límite estratigráfico entre las formaciones Cerrejón y Tabaco en la pared alta del tajo Annex de la mina Cerrejón, Colombia

## Determination of the stratigraphic boundaries between Cerrejón and Tabaco formations in the highwall of Annex pit in Cerrejón mine, Colombia

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.16.2.2020.01>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 27/12/2019. Fecha de Aceptación: 19/02/2020.

**Paola Andrea Cortés-Moreno** 

Fundación universitaria del Área Andina. Valledupar (Colombia)  
paolacortes9508@gmail.com

**Elías Ernesto Rojas-Martínez** 

Fundación universitaria del Área Andina. Valledupar (Colombia)  
eliaser@hotmail.com

**Frank David Lascarro-Navarro** 

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima (Perú)  
frank.lascarro@unmsm.edu.pe

**Jarilin Paola Ospino-Fragozo** 

Universitaria del Área Andina. Valledupar (Colombia)  
jarilynof@gmail.com

**Dino Carmelo Manco-Jaraba** 

Universidad de La Guajira. Guajira (Colombia)  
dinomancojaraba@gmail.com

Para citar este artículo:

P. Cortés-Moreno, E. Rojas-Martínez, F. Lascarro-Navarro, J. Ospino-Fragozo & D. Manco-Jaraba, “Determinación del límite estratigráfico entre las Formaciones Cerrejón y Tabaco en la Pared Alta del tajo Annex de la mina Cerrejón, Colombia”, *INGE CUC*, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, 2020. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.16.2.2020.01>

### Resumen

**Introducción**— En la mina del Cerrejón, localizada en el departamento de La Guajira al nororiente de Colombia, se encuentra una secuencia sedimentaria que hace parte de las Formaciones Cerrejón y Tabaco, específicamente en el tajo Annex.

**Objetivo**— Determinar el límite estratigráfico entre las formaciones Cerrejón y Tabaco.

**Metodología**— Se procedió en la recopilación histórica y documental de la zona del tajo Annex. Posteriormente se realizó una etapa observacional en campo complementada con levantamientos estratigráficos con base a los núcleos de cuatro (4) pozos y sus respectivas descripciones, teniendo en cuenta elementos texturales, composición mineralógica, alteraciones, facies, estructuras. Además, se realizaron registros geofísicos de cada uno de los pozos, apreciándose el comportamiento de cada tipo de material.

**Resultados**— La formación Cerrejón está constituida de base a techo por paquetes de areniscas masivas de granos finos, intercaladas con lodolitas negras, hacia el límite superior suprayacen niveles de areniscas de gran espesor, deleznales, con abundantes fragmentos líticos y areniscas conglomeráticas, correspondientes a la formación Tabaco, marcando de manera factible el límite estratigráfico entre las formaciones Cerrejón y Tabaco.

**Conclusiones**— El contacto estratigráfico observado es de tipo erosivo discordante, deducidos de las descripciones del pozo corazonado XH26 a una profundidad de 140 metros, donde se encontró el límite estratigráfico de las formaciones Cerrejón y Tabaco.

**Palabras clave**— Estratigrafía; formación Cerrejón; límite estratigráfico; mina Cerrejón; pared alta

### Abstract

**Introduction**— In the Cerrejón mine, located in the department of La Guajira in northeastern Colombia, there is a sedimentary sequence belonging to the Cerrejón and Tobacco Formations specifically in the Annex pit.

**Objective**— To determine the stratigraphic limit between the Cerrejón and Tobacco formations.

**Methodology**— Realization the historical and documentary compilation of the Annex pit area. Subsequently an observational stage was carried out in the field complemented with stratigraphic uplift based on the cores of four (4) wells and their respective descriptions, taking into account textural elements, mineralogical composition, alterations, facies, structures. In addition, geophysical logs of each of the wells were made, where the behavior of each type of material could be appreciated.

**Results**— The Cerrejón formation is constituted from base to top by packages of massive sandstones of fine grains, interspersed with black mudstones, towards the upper limit they underline levels of sandstones of great thickness, delectable, with abundant lithic fragments and conglomeric sandstones, corresponding to Tobacco formation, marking in a feasible way the stratigraphic boundary between the Cerrejón and Tobacco formations.

**Conclusions**— The stratigraphic contact is of the discordant erosive type, deduced from the descriptions of the XH26 coring well at a depth of 140 meters, where the stratigraphic limit of the Cerrejón and Tobacco formations was found.

**Keywords**— Cerrejon formation; Cerrejon mine; highwall; stratigraphy; stratigraphic boundary



## I. INTRODUCCIÓN

La mina del Cerrejón es el complejo minero a cielo abierto más grande de Colombia, y ha extraído carbón por más de 30 años. Sin embargo, la relación estructural y estratigráfica entre la formación Cerrejón y formación Tabaco no ha sido establecida, no obstante, algunas investigaciones efectuadas han dado indicios de la evolución geotectónica de la secuencia sedimentaria y de los ambientes de depositación [1]-[4].

Existe carencia de estudios interdisciplinarios que muestren evidencia del tipo de contacto estratigráfico entre las formaciones Cerrejón y Tabaco dentro de la mina Cerrejón, en el sector del tajo Annex; de la génesis del depósito en términos tectónicos, complejidad estructural en el subsuelo y facies.

El objetivo de esta investigación es contribuir al área de geotecnia y planeación minera, estableciendo con base en descripciones de perforaciones de desarrollo, las características geológicas presentes en la pared alta del tajo Annex, de tal forma que a partir de la definición del límite estratigráfico entre la formación Cerrejón (constituida por material competente) y la formación Tabaco (constituida por material deleznable e incompetente), el equipo de planeación y ejecución de las actividades mineras futuras, puedan prever alternativas de estabilidad de taludes, debido a que en ese sector se tiene planificado el avance de la mina a largo plazo, y de no tomarse los controles necesarios podría existir riesgo de fatalidades o accidentes dentro de la operación.

## II. LOCALIZACIÓN

El área de estudio dentro de la mina Carbones del Cerrejón se encuentra localizada en la Cuenca del Cesar-Ranchería (Colombia), geográficamente limitada hacia el noroeste por la Sierra Nevada de Santa Marta y al noroeste por la Serranía de Perijá, en el departamento de La Guajira (Fig. 1).

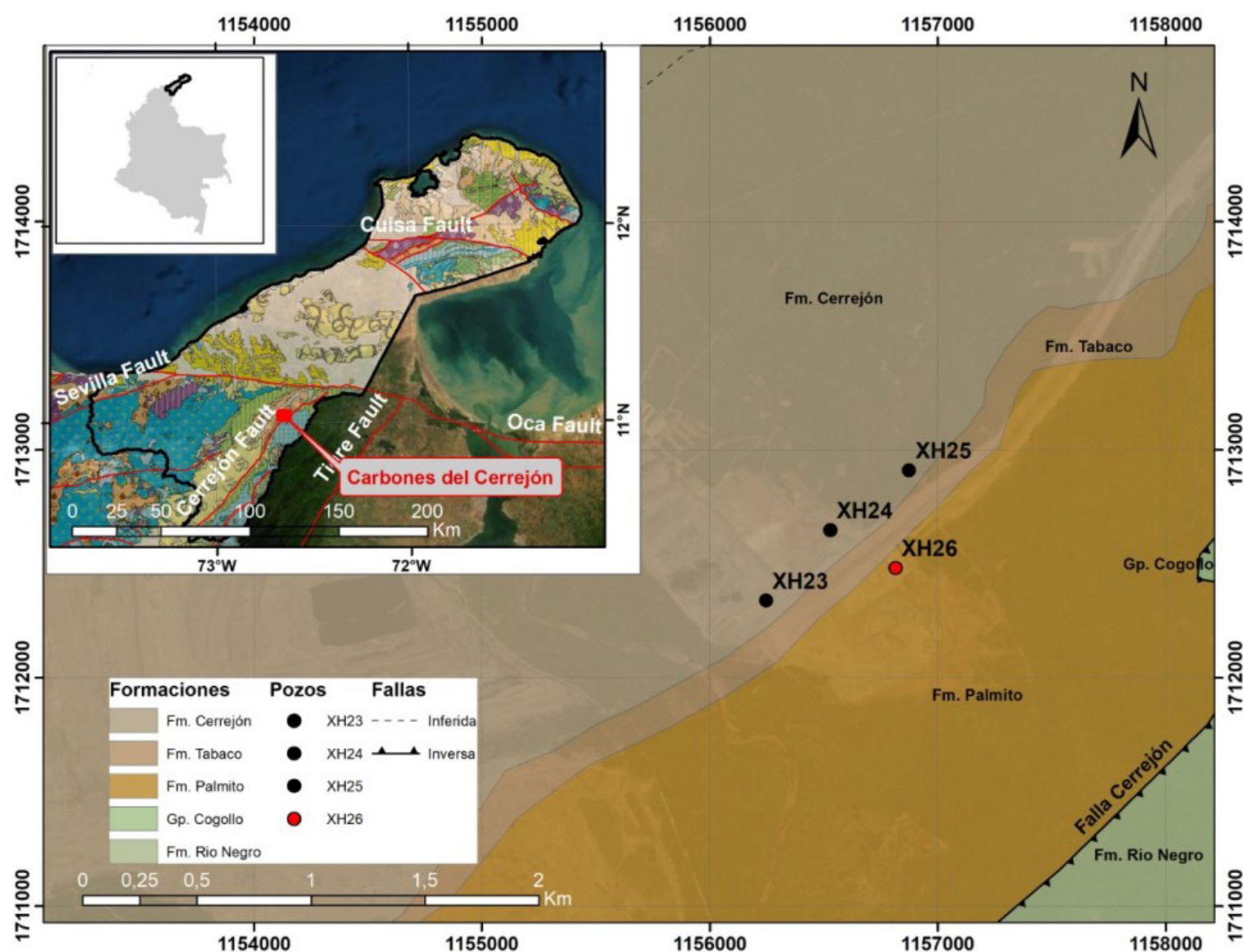


Fig. 1. Localización del área de estudio y pozos.

Los puntos en negro representan los pozos históricos y en rojo el realizado en septiembre del 2017.

Fuente: Autores.

### III. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de esta investigación se recolectó información geológica y geotécnica de la mina Cerrejón, específicamente en el tajo Annex.

Tomando como base cartografías realizadas [3], se escogió la pared alta del tajo Annex, como la zona de mayor probabilidad para determinar el límite estratigráfico entre la formación Tabaco y Cerrejón. Se efectuaron levantamiento estratigráfico con datos obtenidos en campo y con base a núcleos de pozos, teniendo en cuenta elementos texturales, composición mineralógica, alteraciones, facies, estructuras sedimentarias y registros geofísicos de cada uno de los pozos, donde se pudo apreciar el comportamiento de cada tipo de material.

Finalmente, la información obtenida en campo, fue cotejada con las descripciones de núcleos de los pozos realizados en el área de influencia del estudio, permitiendo el levantamiento de columnas estratigráficas, correlacionada con las levantadas directamente en campo, lográndose generar una columna estratigráfica generalizada del miembro superior de la formación Cerrejón y el contacto definido a una profundidad aparente con la formación Tabaco, con ayuda del software minero geológico Minex.

### IV. GEOLOGÍA

El tajo Annex se encuentra constituido por las unidades de la formación Cerrejón, formación Tabaco y depósitos recientes.

#### A. Formación Cerrejón (E1c)

Se describe como una secuencia de areniscas feldespáticas y líticas, interestratificadas con lutitas carbonosas y mantos de carbón de gran espesor, las cuales indican ciclos de sedimentación más o menos homogéneos dentro de una cuenca trasarco de alta subsidencia y que gradan hacia la base a cuarzoarenitas y subarcosas [1]. Los diferentes ambientes de sedimentación propuestos para la formación Cerrejón en el Paleoceno superior son: un delta progradante con sus facies subacuosas y subareales gradando a ambientes continentales, un ambiente de llanuras de marea cronológica y geográficamente afectados por variaciones en el nivel del mar, y un ambiente submareales por la acumulación en el frente de una plataforma continental con aporte de sedimentos finos, cruzados por canales submareales en la parte superior [1], [5], [6].

#### B. Formación Tabaco (E2t)

Corresponde a una secuencia clástica continental compuesta de cuarzoarenitas líticas, areniscas conglomeráticas y conglomerados claros con abundantes fragmentos de chert y cuarzo lechoso que se disponen en paquetes de gran espesor [7], [8]. Hacia la base el cemento y la matriz de las areniscas y los conglomerados es más calcáreo que hacia la parte superior.

#### C. Depósitos recientes (Qal)

Corresponden a sedimentos recientes acumulados por las corrientes en la zona plana y semi-plana. Su expresión morfológica es una superficie horizontal (plana) donde sus componentes son observables en los cortes de ríos y quebradas [9].

### V. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las características estructurales regionales más importantes que limitan la cuenca Cesar-Ranchería son: La falla de Oca, la cual marca el límite de la cuenca al norte cortando abruptamente trenes estructurales (fallas de cabalgamiento con dirección N-E) de la cuenca y Serranía de Perijá; la falla Cerrejón con movimiento de fallamiento inverso hacia el noroeste, resultado del levantamiento andino del norte de la Serranía de Perijá; y la falla Santa Marta-Bucaramanga, que limita la cuenca al Suroeste, falla de rumbo tipo siniestro-lateral [10], [11].



### A. Falla Cerrejón

Caracterizada por ser una falla de comportamiento inverso de bajo ángulo, cuyos buzamientos varían de  $5^\circ$  a  $25^\circ$  hacia el SE, con un desplazamiento mínimo de  $1.7 \pm 0.6$  km en la vertical y  $7.8 \pm 2$  km en la horizontal, extendiéndose desde la falla Oca al norte por hasta el departamento del Cesar, colocando en contacto rocas del Mesozoico cabalgando a rocas del Cenozoico [12]. También se postula que durante la Orogenia Andina en el Plioceno (3 Ma) la parte norte de la Serranía de Perijá fue levantada 4.5 km y cabalgada más de 16 km hacia el NW sobre la Falla Cerrejón [12]-[16].

### B. Falla Ranchería

Tiene una extensión aproximadamente de 22 km, entre el arroyo Conejo y un poco al sur de Roche. Se encuentra parcialmente cubierta, tiene dirección NE y constituye el límite sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta [11].

Las líneas sísmicas realizadas en la zona muestran la falla Ranchería en sección transversal como un pliegue sinclinal cuyo flanco sur buza fuertemente al norte ( $45^\circ$ - $50^\circ$ ) en comparación con el flanco norte que tiene un buzamiento suave al Sur ( $10^\circ$ - $20^\circ$ ), con un desplazamiento horizontal aproximado de 6.3 km.

### C. Plegamientos

El sector del tajo Annex se encuentra altamente plegado producto de los diversos esfuerzos tectónicos bajo los cuales está condicionado, producto de las fallas locales y regionales presentes y/o acciones de las placas Caribe, Coco, Nazca, Sudamericana.

## VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### A. Levantamiento estratigráfico

Las columnas levantadas para la determinación del límite estratigráfico entre las formaciones Cerrejón y Tabaco, fueron efectuadas con base a cuatro pozos tipo corazonado realizado en el tajo Annex y áreas circundantes, descritas e interpretadas facialmente [2] (Tabla 1) (Fig. 2).

TABLA 1. CLASIFICACIÓN, CÓDIGO DE FACIES E INTERPRETACIÓN.

Código de Facies	Facies	Estructura Sedimentarias	Interpretación
Fr	Fango, limo.	Masiva, raíces, bioturbación.	Capas con raíces, suelo incipiente.
Sr	Arena, fina a muy gruesa.	Estratificación cruzada con ondulitas.	Ondulitas (régimen de flujo bajo).
Fl	Arena, limo, fango.	Laminación fina, ondulitas muy pequeñas.	Llanura de inundación, canales abandonados o depósitos de inundación en su etapa final.
Sm	Arena, fina a muy gruesa.	Laminación masiva o poco clara.	Depósito de flujo de sedimentos gravitacionales.
Sh	Arena, fina a muy gruesa. Puede ser guijarrosa.	Laminación horizontal, particionada o de corriente.	Flujo de estratificación planar (flujo crítico).
Sp	Arena, fina a muy gruesa. Puede ser guijarrosa.	Estratificación cruzada planar, solitarias o agrupadas.	Estructura sedimentarias transversales.

Fuente: [2].

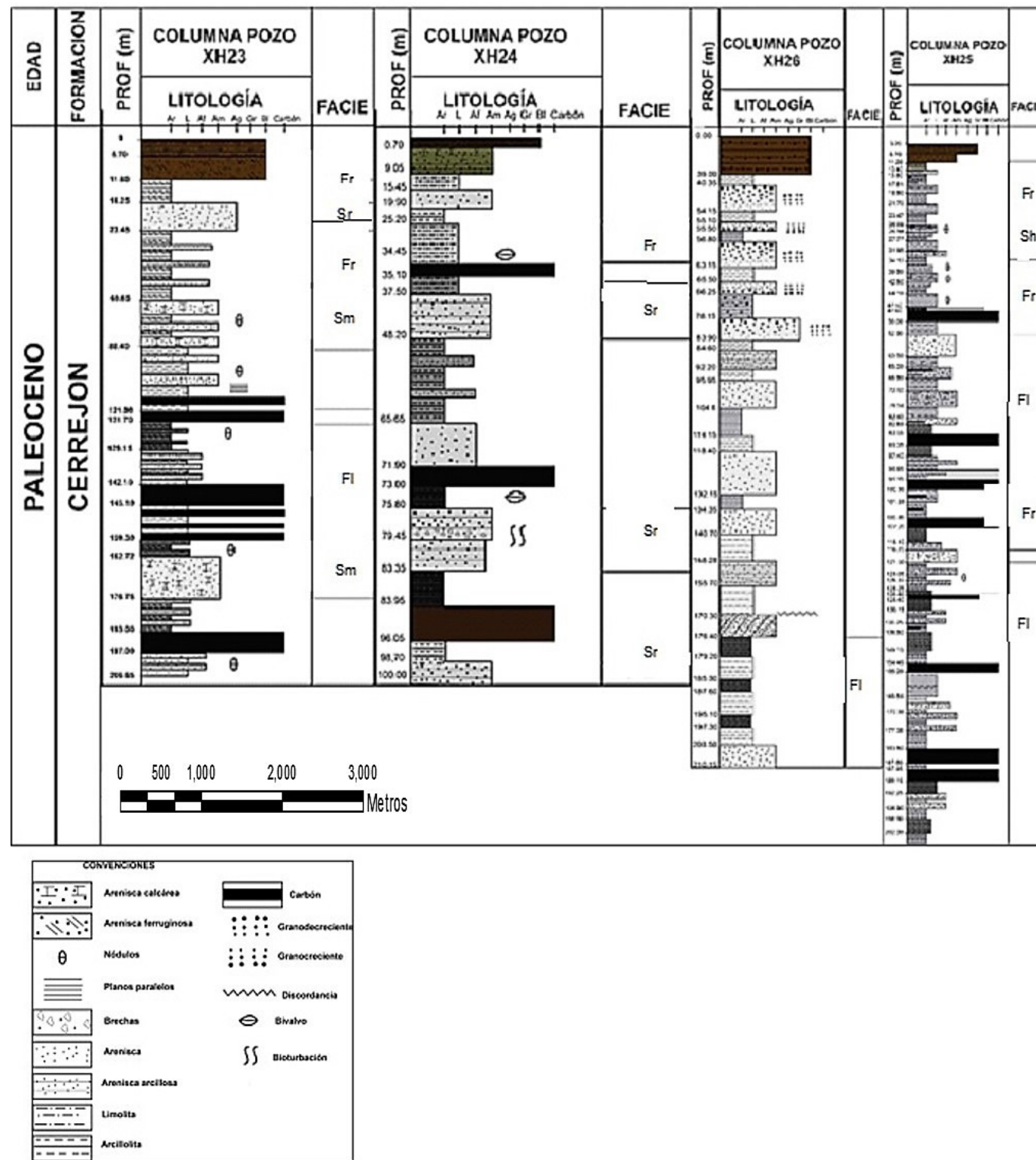


Fig. 2. Columnas estratigráficas de los pozos realizados, históricos (XH23, XH24 y XH25) y reciente (XH26).  
 Fuente: Autores.

### 1) Columna Estratigráfica Pozo XH23

Secuencia descrita de base a techo constituida por areniscas granocrecientes intercaladas con limolitas grises, carbones con inyecciones de lodos calcáreos seguidos por lodolitas grises a negras con abundantes nódulos sideríticos que gradan hacia el techo a litarenitas feldespáticas de grano arena medio a grueso. Se menciona que las estructuras sedimentarias más comunes son laminaciones plano paralela, en artesa y bioturbación en areniscas [16], lo que permite asociarlo a ambiente de sedimentación de llanuras supramareales.

De este modo, las lodolitas fisiles negras a grises oscuras con alto contenido de materia orgánica, raíces, masivas, perteneciente a las litofacies tipo Fr [2], correlacionada con el tipo A de la Formación Cerrejón descrita [1], la cual presenta las mismas características, es decir, lodolitas grises a negras con laminación horizontal a maciza, con restos carbonosos y/o nódulos sideríticos. Por otra parte, las areniscas grises claras de grano arena fino a medio, de estructura maciza, ocasionalmente con estratificación horizontal o inclinada, se denomina esta secuencia como facies Sr [2], correlacionable con la facie tipo E [1], correspondiente a areniscas de grano arena medio a grueso, maciza y/o estratificación inclinada, plana paralela o artesa.

Hacia la parte media de la secuencia presenta limolitas grises oscuras con poco o ningún contenido de restos vegetales fragmentados, con laminación lenticular de arena gris clara de tamaño fino, en ocasiones laminación ondulosa y horizontal, bioturbadas, con una facies Fl [2], correlacionada con la facies tipo C [1]; es decir pertenecen a este tipo de litofacies, lodolitas a lodolitas arenosas grises con laminación lenticular y/o horizontal o maciza, y en ocasiones puede estar bioturbada, ocasionalmente con nódulos sideríticos. A su vez, se observan areniscas, con intercalaciones de biomicritas o wackestones fosilíferos de color gris medio con restos de moluscos en distribución caótica, se trata de la litofacies Sm [2], correlacionada con la facies tipo P [1].

### 2) *Columna Estratigráfica Pozo XH25*

Secuencia descrita de base a techo, compuesta por litoarenitas feldespáticas con estratificación plano paralela a cruzada y en artesa, presentando gravas hacia las bases de la secuencia, interpretadas como fragmentos postsedimentarios retrabajados y depositadas dentro de la misma cuenca con bastante influencia fluvial. Hacia el tope de la secuencia se encuentran limolitas y arcillolitas de colores crema, gris y negro con presencia local de gasterópodos y bivalvos en niveles delgados [17].

Hacia el techo se presenta la litofacies Fr [2], constituida por limolitas físis negras a lodolitas gris oscuras con alto contenido de materia orgánica (fragmentos aislados de restos vegetales), compactas, asociada a la litofacies tipo A [1], correspondiente a lodolitas grises a negras con laminación horizontal a maciza, en ocasiones restos carbonosos y/o nódulos sideríticos. Seguidas por areniscas grises a claras de granulometría fina a media generalmente macizas con laminaciones plana paralelas o en artesa, presencia de intraclastos lodosos, comúnmente erosional, de origen de relleno de canal, de litofacies tipo Sh [2], correlacionadas con la litofacies tipo E [1], y para este tipo de secuencia se establece que son areniscas de grano arena medio a grueso, de color gris claro, maciza o con estratificación inclinada, plana o en artesa, presentando intraclastos lodosos a la base, con contacto inferior erosivo [1].

Más hacia la base de la secuencia se evidencia arcillolitas y limolitas negras y grises de llanura de inundación, con nódulos sideríticos comúnmente interestratificados, con lodolitas arenosas ocasionalmente interlaminados, pertenecientes a la misma facie Fr [2], descrita anteriormente. Además, una secuencia tipo Fl [2], correspondiente a una arenisca lodosa con laminación en artesa, lenticular y plana, de origen llanura supramareal, correlacionada con la facies tipo C mencionadas [1], litofacies constituida por lodolitas a lodolitas arenosas grises con laminación lenticular y/o horizontal o maciza en ocasiones.

Finalmente la secuencia estratigráfica hacia el techo exhibe una litofacies tipo Sp (areniscas ligeramente glauconíticas) [2], compuesta por areniscas grises de grano arena fina, ocasionalmente glauconítica, de origen planicie intermareal, con laminación tipo fláser, rizaduras asimétricas y laminación ondulosa paralelas; caracterizada por poseer bajo contenido de materia orgánica, de ahí la presencia de glauconita, correlacionada con la facies tipo G [1], para la formación Cerrejón (Fig. 2).

### 3) *Columna Estratigráfica Pozo XH24*

El registro sedimentario en el pozo XH24 se presenta un comportamiento granocreciente constituido de base a techo por areniscas intercaladas con lodolitas, estratos de carbón y shales. Entre las estructuras sedimentarias más comunes está la laminación plano paralela, además de bioturbación visible en las areniscas, lo que permite asociarlo a ambiente de sedimentación de llanuras supramareales [18].

Hacia la base se encuentran limolitas y arcillolitas con algunos bivalvos, evidenciándose en este sector un ambiente de depositación fluvial, con presencia de clinker, indicando que en dado momento geológico quedó expuesto a oxígeno, el cual hizo autocombustión y posterior a ese proceso se dio un nuevo ciclo de sedimentación. En el área minera es conocido como “carbón quemado” o “falso carbón”.



Hacia el techo de la secuencia las lodolitas físisles negras a grises oscuras son de estructura masiva, ocasionalmente interlaminadas perteneciente a las litofacies tipo Fr [2]; por otra parte, existen areniscas grises claras de grano arena fino a medio, maciza, ocasionalmente con tenue laminación horizontal. Se denomina a estas facies como una litofacies tipo Sr [2], correspondiente a areniscas con laminaciones horizontales (Fig. 2).

#### 4) *Columna Estratigráfica Pozo XH26*

Pozo corazonado realizado en la pared alta, a 200 metros de distancia del tajo Annex. Los primeros 40 m de la secuencia, corresponden de techo a base a material aluvial; luego una secuencia de limolita de tonalidad gris oscuro con ciertos granos arenosos de poco espesor, con presencia de fósil vegetal (Fig. 3) favoreciendo la teoría de que la formación Tabaco es de origen fluvial o de canal.



Fig. 3. Fósil de resto vegetal observándose las nervaduras de la hoja.  
Fuente: Tomada en campo durante la descripción de núcleos por los autores.

Posteriormente, un paquete de areniscas de coloración grisácea con algunos fragmentos de chert y limolitas alternadas con areniscas granodecreciente, evidenciándose un ambiente de depositación alterado por las fluctuaciones en el flujo de depositación, a mayor profundidad del pozo se encuentra una litología de arcillolitas de coloración verdosa, de estructura masiva, alternando con litarenitas feldespáticas de grano arena medio con laminación planar horizontal, intercaladas con litarenitas de grano arena fino con laminación inclinada plana a macizas que gradan a lodolitas con laminación ondulada, correlacionándose con la formación Cerrejón, definiéndose el contacto litológico de tipo discordante a una profundidad aparente de 140 metros en la vertical.

Una vez definido el contacto y con base a la literatura se tiene para la formación Tabaco una secuencia compuesta por areniscas y areniscas conglomeráticas grises a amarillentas de ambiente de canales fluviales, reflejado en los diferentes tipos de litologías y características composicionales presentes en los núcleos.

Según el modelo geodinámico conceptual [1], la rotación de una placa continental rígida a lo largo de un eje horizontal, genera espacio de acomodación al levantar. La formación Tabaco es una secuencia granodecreciente de conglomerados *matriz*, soportados de color gris claro con clastos tamaño grava de composición cuarzo lechoso y chert. La matriz es una litarenita cuarzosa de grano arena medio a grueso con lentes y láminas conglomeráticas, con clastos de cuarzo lechoso. Una particularidad de la formación Tabaco es el alto contenido de óxidos de hierro en la superficie de las rocas en forma de costras ferrosas bandeadas y concreciones de hematita. Con clastos cuarzo lechoso angulares tamaño arena media [3].

Hacia el techo de la secuencia se evidencia una transición de areniscas cuarzosa a litarenitas feldespáticas de grano tamaño arena media a fina.

Finalmente, hacia la base de la secuencia se encuentra el contacto litológico de tipo discordante, que separa la formación Tabaco de la formación Cerrejón. En la formación Cerrejón se observa la litofacies tipo F1 [2], correspondiente a arenisca lodosa con laminación en artesa, lenticular y plana, de origen de llanura supramareal, correlacionada con la facies tipo C mencionadas [1], litofacies de lodolitas a lodolitas arenosas grises con laminación lenticular y/o horizontal o maciza en ocasiones, intercalada con shales carbonosos.

### B. Correlación litológica

La correlación litológica se realizó con el software Minex a través de las secciones estratigráficas (Fig. 4), teniendo en cuenta los tres (3) pozos históricos y un nuevo pozo corazonado realizado en el tajo Annex. Los parámetros usados fueron: litología, análisis de facies, geología estructural del sector y el datum, el cual fue una litarenita feldespática de grano arena medio, con un espesor de 3 m, incluida en la facie Sr [2], con estratificación cruzada y ripples mark propias de su ambiente de depositación de régimen de flujo bajo; cuya base es una limolita con laminación fina, ripples pequeños, asociado a la formación Cerrejón.

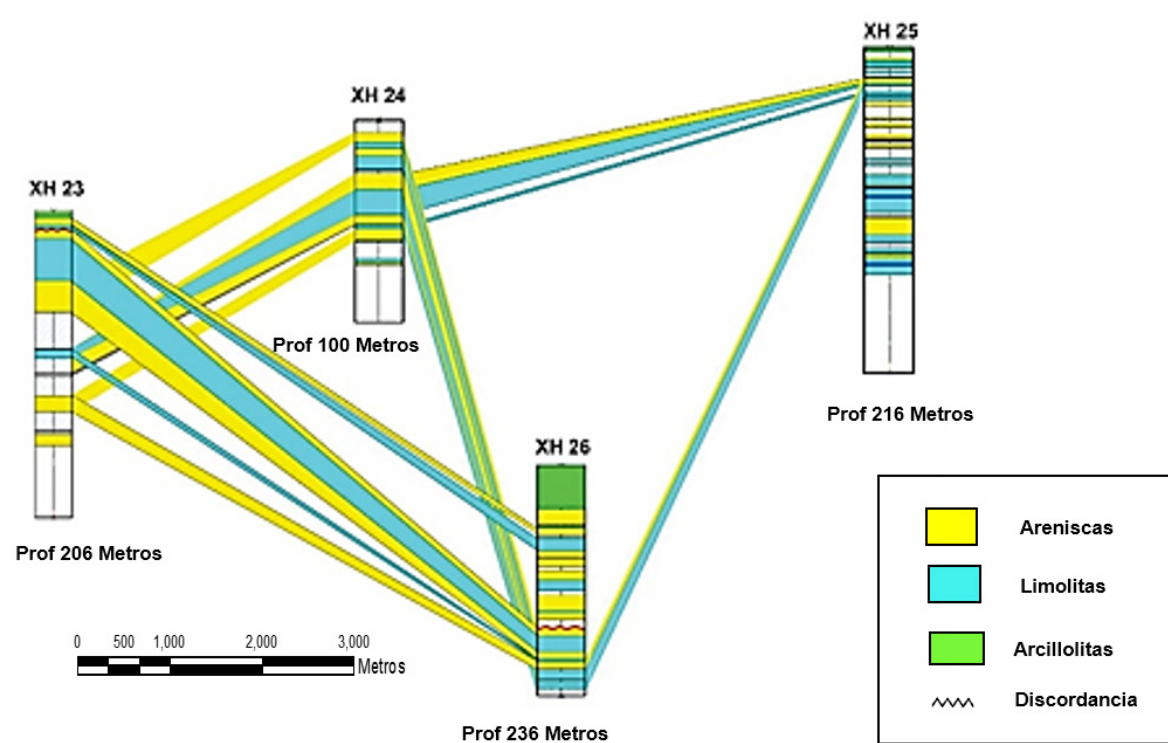


Fig. 4. Correlación de pozos.  
Fuente: Autores.

Cabe destacar que la correlación fue realizada teniendo en cuenta cuatro perforaciones situadas en la pared alta del tajo Annex. Así mismo, dentro de la base de datos de la empresa existen muchos pozos más cercanos, pero de tipo open (triconados) donde se extrajo información de la posición de los mantos de carbón a través de registros geofísicos y no presentan información litológica, por lo tanto, no fueron empleados en la correlación.

En el modelamiento se aprecian espacios en blanco, asociados a que el sector está altamente afectado estructuralmente por fallas y plegamientos, que ocasionan pinchamiento de estratos. Los pozos a excepción del XH26 no presentaron mantos de carbón, por consiguiente, son asociados a los espacios en blanco no mostrados, ya que la correlación netamente fue realizada con base a las litologías.

La formación Cerrejón de acuerdo a las descripciones litológicas en el registro sedimentario, corresponde a una serie de areniscas de grano arena medio a fino interestratificadas con lodolitas grises a negras y mantos de carbón de hasta 4 m de espesor. De base a techo se tiene una secuencia de litarenitas feldespáticas de grano arena medio con laminación planar horizontal, intercaladas con litarenitas de grano arena fino con laminación inclinada plana, macizas, gradando a lodolitas con laminación ondulada. Suprayacido por un paquete de litarenitas feldespáticas y wackas líticas que contienen intraclastos de color claro en la base de los estratos (Fig. 5).



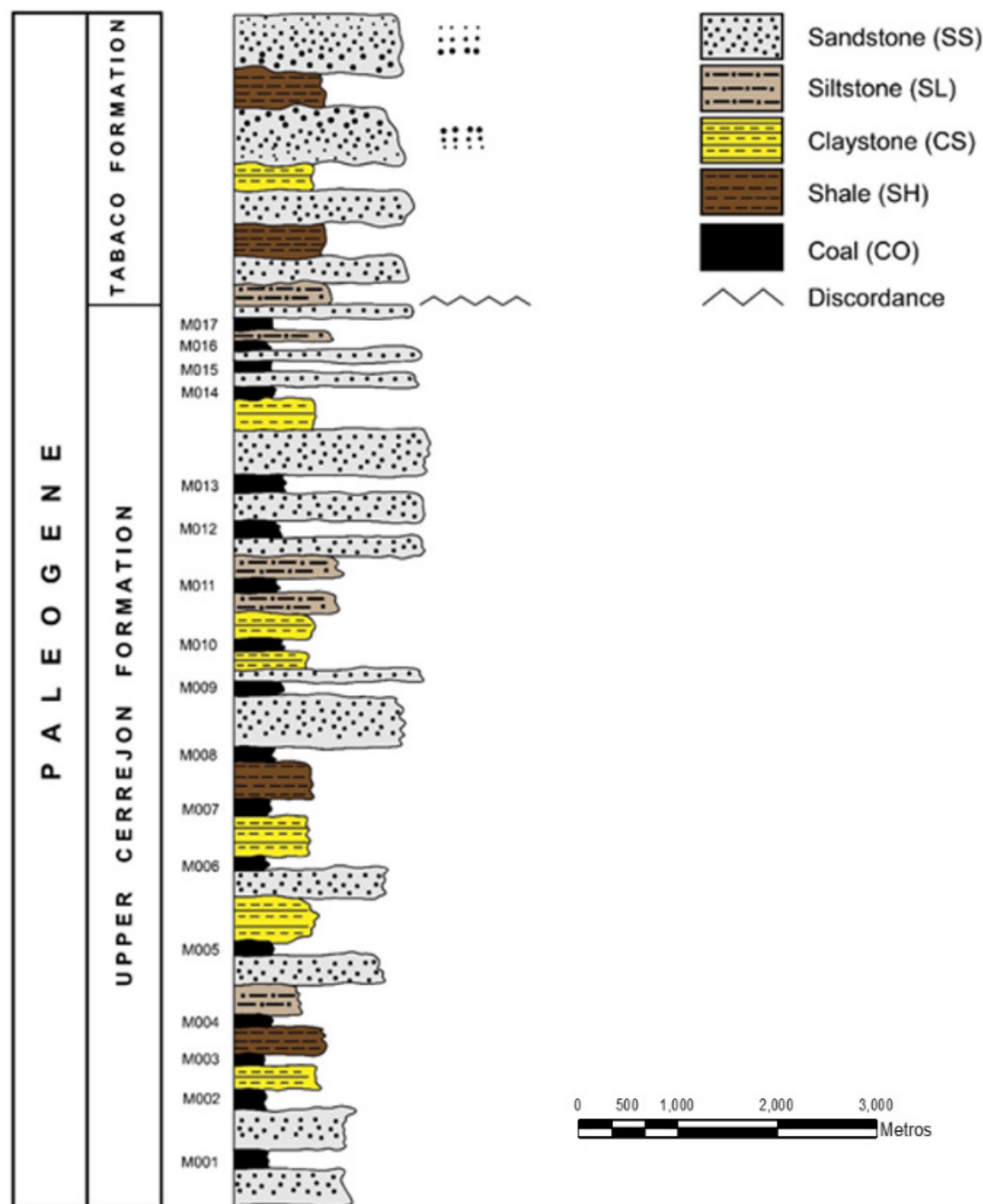


Fig. 5. Columna estratigráfica generalizada del tajo Annex.  
 Fuente: Autores.

Posteriormente se encuentra una sección granodecreciente completa de 20 m de espesor infrayacida por el tope de una secuencia igualmente granodecreciente que culmina con presencia de un carbón en forma de clinker gradando hacia el techo a lutitas negras que se intercalan con areniscas feldespáticas de grano arena medio a fino, macizas, de color amarillo, con láminas sideríticas y algunos nódulos calcáreos.

Suprayaciendo se encuentra un paquete de litarenitas feldespáticas a líticas con laminación plano paralela, ondulosa y cruzada plana pertenecientes a una secuencia granodecreciente, correlacionable con la secuencia tipo F1 [2], correspondiente a una arenisca lodosa con laminación inclinada en artesa, lenticular y plana, de origen llanura supramareal del pozo XH25, a su vez correlacionada con la facies tipo C mencionada por [1], intercalada con shales. Cabe aclarar que hacia la base de la secuencia en el pozo XH26 no se evidencia estratos de carbón, por lo que se correlaciona con base a las características litológicas y se deduce que es debido a la afectación generada por la Falla Cerrejón que se encuentra en la zona.

Hacia lo más profundo se encuentran estratos de areniscas feldespáticas y líticas de grano arena medio a fino con laminación cruzada en artesa que muestran la variabilidad en los ambientes de sedimentación e indican la presencia de algunas estructuras geológicas importantes enmascaradas por la cobertura aluvial de la zona (Fig. 5).

La formación Tabaco dentro de esta correlación, es observada hacia el techo, como una secuencia granodecreciente de conglomerados matriz-soportados de color gris claro con clastos tamaño grava de cuarzo lechoso y chert, litarenita cuarzosa de grano medio con lentes y láminas conglomeráticas, con clastos de cuarzo lechoso, presenta alto contenido de óxidos de hierro a manera de costras y concreciones de hematita con clastos cuarzo lechoso, angulares, tamaño arena media. Con paquetes arenosos deleznable y friables, además se evidencia una transición de cuarzoarenita de grano arena media a litarenitas feldespáticas de grano arena medio a fino (Fig. 5).

Determinando que el contacto estratigráfico observado es de tipo erosivo discordante, se evidencia en las descripciones de los núcleos del pozo corazonado XH26 a una profundidad de 140 m, donde se encuentran paquetes de areniscas masivas, de grano arena fino, con nódulos sideríticos, intercaladas con lodolitas negras, con algunos fragmentos líticos, piritita y lentes cuarzosos, pertenecientes a la formación Cerrejón, mientras más hacia el techo de la secuencia se observan unos paquetes de areniscas de gran espesor, completamente deleznable, con abundancia de fragmentos líticos, y consecuentemente paquetes conglomeráticos, correspondientes a formación Tabaco, lo cual marcó de manera factible la diferencia entre ambas formaciones (Fig. 5).

## VII. CONCLUSIONES

El límite estratigráfico determinado, es de tipo erosivo discordante, evidenciado en las descripciones de los núcleos del pozo corazonado XH26 a una profundidad de 140 m, donde se presenta un paquete de areniscas masivas, de grano fino, con sideritas, intercaladas con lodolitas negras con algunos fragmentos líticos, piritita y algunos lentes cuarzosos, pertenecientes a la formación Cerrejón, mientras que hacia el techo de la secuencia se observan unos paquetes de areniscas de gran espesor, completamente deleznable, con abundancia de fragmentos líticos, y consecuentemente paquetes conglomeráticos, correspondientes a la formación Tabaco, lo cual marca de manera factible la diferencia entre ambas Formaciones, a aproximadamente 140 m de profundidad desde la cota 0 (techo del tajo Annex, pared alta). La formación Tabaco por sus características representa un material inestable debido a su friabilidad, por consiguiente, la empresa requerirá realizar trabajo geotécnico de refuerzo al realizar intervenciones ingenieriles en su litología.

La formación Cerrejón se depositó en un ambiente variable, desde marino de plataforma carbonatada, hasta supramareal, reflejado en la presencia de bivalvos y bioturbaciones, a su vez lacustre, alternado con cambios de energía, evidenciando que, durante la sedimentación, el medio sedimentario fluctuaba de planicie costera influenciada por estuarios a un ambiente bioturbado supramareal, mientras que la formación Tabaco evidencia un ambiente de depositación fluvial de canales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Carbones del Cerrejón, por el acceso a información y al acompañamiento logístico en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS

- [1] C. Montes, G. Bayona, C. Jaramillo, C. Ojeda, M. Molina, and I. Herrera, "Uplift of the Sierra Nevada de Santa Marta and subsidence in the Cesar-Ranchería valley: Rigid-beam pivot model", presented 6<sup>th</sup> International Symposium of Andean geodynamics, ISAG 2005, BCN, Esp, 2005. pp 520–523. Available: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers09-03/010040292.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010040292.pdf)
- [2] A. Miall, *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. SXF: Springer-Verlag, 1996. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03237-4>
- [3] C. Suárez, "Exploración Geológica del Pit Annex y las zonas circundantes en la Serranía del Perijá", *Tesis Pregrado*, dpto. ing. geol., UNAL, MDE, CO., 2008.
- [4] J. Sierra, "Revisión de la interpretación geológica estructural de las áreas Annex y Bruno en el depósito carbonífero del Cerrejón en el departamento de La Guajira", *Tesis Pregrado*, dpto. ing. geol., UPTC, Sogamoso, CO, 2010.
- [5] A. Arias & C. Morales, *Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar. Memoria explicativa*. Btá, CO, Ingeominas, 1999.

- [6] C. Jaramillo, G. Bayona, A. Pardo-Trujillo, M. Rueda, V. Torres, G. Harrington & G. Mora, “The Palynology of the Cerrejón Formation (Upper Paleocene) Northern Colombia”. *Palynology*, v. 131, no. 1, pp. 153–189, 2007. <https://doi.org/10.1080/01916122.2007.9989641>
- [7] G. Bayona, C. Jaramillo, M. Rueda, A. Pardo, A. Christie & G. Hernández, “Important paleotectonic and chronostratigraphic considerations of the late Paleocene in the northernmost and constrained by Paleocene rocks in the Cerrejón coal mine, Guajira, Colombia”, *memorias de la 3ra Convención Técnica de la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo*, ACGGP, Btá, CO, 2004. Disponible en <https://acggp.org/tercera-convencion-tecnica/>
- [8] INGETEC, “Cartografía geológica del área del piedemonte en zona de Campoalegre”, Carbones del Cerrejón LLC, La Mina, CO, *informe interno*, 2007.
- [9] D. C. Manco, E. E. Rojas & B. A. Gomez, “Petrographic study of the limestone deposit in the municipality of la paz, department of Cesar”, *Prospect*, vol. 12, no. 2, pp. 82–89, 2014. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i2.292>
- [10] C. M. Tschanz, A. Jimeno & C. Vesga, “Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta área (Colombia)”, Btá, CO: Ingeominas, *I-1829*, 1969.
- [11] G. Rodríguez & A. C. Londoño, *Mapa geológico del departamento de La Guajira*. MDE, CO: Ingeominas, 2002.
- [12] J. Kellogg & W. Bonini, “Subduction of the Caribbean plate and basement uplifts in overriding South American plate”, *Tectonics*, vol. 1, no. 3, pp. 251–276, 1982. <https://doi.org/10.1029/TC001i003p00251>
- [13] J. Kellogg, “Cenozoic tectonic history of the Sierra de Perijá, Venezuela-Colombia, and adjacent basins”, *Geological Society of America Memoir*, vol. 162, pp. 239–261, 1984. <https://doi.org/10.1130/MEM162-p239>
- [14] M. Garcia, R. Mier, A. Arias, Y. Cortes, M. Moreno, O. Salazar & M. Jimenez, “Prospectividad de la cuenca Cesar-Ranchería”, Btá, CO: ANH, *Informe Agencia Nacional de Hidrocarburos*, 2007. Recuperado de [https://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Estudios-Integrados-y-Modelamientos/Presentaciones%20y%20Poster%20Tcnicos/Cesar\\_Rancheria.pdf](https://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Estudios-Integrados-y-Modelamientos/Presentaciones%20y%20Poster%20Tcnicos/Cesar_Rancheria.pdf)
- [15] C. Montes & R. D. Hatcher, “Tectonic reconstruction of the northern Andean blocks: Oblique convergence and rotations derived from the kinematics of the Piedras-Girardot area, Colombia”. *Tectonophysics*, vol. 399, no. 1–4, pp. 221–250, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.024>
- [16] G. Bayona, F. Lamus-Ochoa, A. Cardona, C. Jaramillo, C. Montes & N. Tchegliakova, “Procesos orogénicos del Paleoceno para la cuenca de Ranchería (Guajira, Colombia) y áreas adyacentes definidos por análisis de procedencia”, *Geología Colombiana*, vol. 32, pp. 21–46, 2007. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/42396>
- [17] C. Martínez, “Descripción de núcleos usando asociaciones litofaciales”, La Mina, CO: Carbones de Cerrejón LLC, *informe interno*, 2006.
- [18] C. Montes, G. Bayona, L. A. Mesa & C. Martínez, “Estudios Estratigráficos en la Formación Cerrejón: Aplicabilidad de Herramientas Estratigráficas Predictivas en una Cuña Sedimentaria Paleocena”, *memorias del IX Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas*, ACGGP, Btá, CO, 2006. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.111.116>