

IMPLICACIONES DE LA DEFORMACIÓN TECTÓNICA DE LOS MANTOS DE CARBÓN EN LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

Tectonic deformation troubles in coal seams during geological exploration

Ítalo Reyes Chittaro

Geólogo – Investigador independiente

Email: italo.reyes@yahoo.com

(Recibido febrero 13 de 2022 y aceptado 14 de marzo de 2022)

Resumen

En sectores carboníferos que presentan continuidad estratigráfica regional, los mantos de carbón deformados, por efecto de los esfuerzos tectónicos presentan características estructurales locales, que deben ser consideradas dentro de la correlación estratigráfica de los sondeos de exploración. Los ejemplos dados en este artículo explican cómo las dificultades de correlación estratigráfica en un yacimiento están relacionadas con el grado de deformación local del carbón.

Palabras clave: correlación estratigráfica, deformación del carbón, sondeos, tectónica.

Abstract

In coal fields with regional stratigraphic continuity, deformed coal seams by tectonic stress, that show local structural characteristics that may be considered in the stratigraphic correlation of exploratory wells. The examples given in this paper explains if that correlation of troubles is closely related to coal average of local deformation.

Key words: stratigraphic correlation, coal deformation, exploratory wells, tectonics.

1. INTRODUCCIÓN

La Formación Guaduas contiene los mantos de carbón utilizados en la industria, esta aflora en la Cordillera Oriental de Colombia y se desarrolla, principalmente, en dos importantes sectores carboníferos, a saber: el de Bogotá-Samacá y el de Sogamoso-Jericó.

Se ha observado que en la cuenca carbonífera Sogamoso-Jericó, la Formación Guaduas, junto con las formaciones ubicadas directamente encima y debajo de esta, presenta una gran regularidad estratigráfica por más de 100 km de distancia, lo cual indica una sedimentación sumamente uniforme.

En esta distancia, los mantos de carbón ocupan siempre la parte superior de la Formación Guaduas, cubriendo una columna estratigráfica casi constante de 220 m. La variabilidad lateral del carbón, difícil de captar a simple vista, debe ir afectando a lo largo de los afloramientos uno u otro manto, pero la distancia estratigráfica entre el manto superior explotable y el manto inferior es prácticamente la misma.

El origen del carbón por el tipo de sedimentación en ambientes parálicos puede implicar la existencia de depósitos sumamente irregulares, lo cual depende exclusivamente de las características paleo-ambientales de una cuenca. Sin embargo, por la experiencia vivida

en más de 40 años de operación de la mina La Chapa, en la región de Paz de Río, Boyacá, puede afirmarse que existe una buena continuidad de los mantos de carbón principales sobre grandes extensiones, como es el caso del yacimiento de La Chapa-Los Mortiños que alcanza los 50 km².

Regionalmente, desde el sector de Sogamoso puede seguirse hacia el noreste el manto inferior grueso; es decir, aquel que corresponde al Manto 1B de la Mina La Chapa, en una distancia de 40 km. Por otra parte, en la Mina de Matayeguas, localizada a 3 km de la Planta de Belencito y que fue de propiedad de Acerías Paz del Río, el Manto A₁, el Manto B y el Manto E se correlacionan bien con Los Mantos 7, 4 y 1B de La Chapa, e incluso ocupan la misma posición dentro de la Formación Guaduas y, sus distancias recíprocas son similares a las que se tienen en el sector de Socotá, al norte de Paz de Río.

En concordancia con lo detallado anteriormente, los levantamientos geológicos sustentan la interpretación de que, si no todos los mantos principales, el Manto 1B, sí tiene la continuidad en los distintos yacimientos, al exhibir un espesor real alrededor de los 3 m y conservar su posición en la columna estratigráfica.

2. LA DEFORMACIÓN DE LOS MANTOS DE CARBÓN

La litología predominantemente arcillosa, con constantes intercalaciones de areniscas delgadas, limolitas y mantos de carbón, ha contribuido a que la Formación Guaduas haya sufrido marcadas deformaciones en las zonas donde la tectónica ha sido más intensa.

El carbón, por su característica textura vidriosa, es naturalmente la roca más frágil en este proceso de deformación, por lo cual, los mantos deben acomodarse dentro de las rocas encajantes obedeciendo a una nueva situación estructural [1].

Desde los primeros estudios geológicos, basados sobre el resultado de sondeos exploratorios de diamante, se llegó a la conclusión de que, en los yacimientos, especialmente,

los de la región al norte de Paz de Río, las anomalías estratigráficas existentes, como la discontinuidad de los mantos de carbón o la variabilidad de los intervalos entre estos, se debían, esencialmente, a la acción de la tectónica.

En los últimos años, a raíz del desarrollo de la minería y de la exploración con taladro en esa región, se confirmó la presencia de aparentes anomalías estratigráficas, tan frecuentes, a tal punto que, prácticamente, cada sondeo presentaba una columna estratigráfica diferente. Este hecho contribuía a crear dificultades en la correlación de los mantos y en la identificación del carbón dentro de la sucesión estratigráfica.

La larga experiencia minera de Acerías Paz del Río en sus dos minas de carbón, Mina La Chapa (Tasco) y Mina Samacá, ambas localizadas en el departamento de Boyacá, ha dejado un profundo conocimiento del comportamiento de los mantos de carbón frente a los esfuerzos locales derivados de la tectónica.

Igualmente, la gran actividad minera de la industria del carbón en la Cordillera Oriental permite la observación directa de los mantos en los cortes de los taludes de las vías de acceso a las minas, situación que, es tal vez, la más favorable para el análisis de los mínimos detalles de una estructura geológica local.

Las fotografías, que a continuación se exponen, ilustran varios aspectos de mantos de carbón afectados por fallas locales y sus respectivas estructuras derivadas de los corrimientos. Así que, se trata de fallas con pequeños desplazamientos pero que presentan las mismas características de dislocaciones de cualquier magnitud (Ver Figura 1).

Las tomas fotográficas se efectuaron en el yacimiento de Samacá, correspondiente al sector carbonífero Checua-Lenguazaque, y al oriente de Sativanorte, en la cuenca Sogamoso-Jericó.



Figura 1. Manto de carbón dislocado por dos fallas de cabalgamiento (*thrusts*).

La Figura 1 permite identificar dos fallas subparalelas a la estratificación con leve aumento de inclinación en los sitios de cabalgamiento del carbón. En el bloque central, a mitad de la distancia entre dichas fallas, el manto está también desplazado por una falla normal de inclinación fuerte respecto al buzamiento del carbón. Sin embargo, el banco de arenisca existente en la base no sufre desplazamientos apreciables sino un suave doblamiento y fracturación. Por otro lado, las capas del respaldo superior muestran los mismos cabalgamientos hasta donde las fallas se pierden en la estratificación. Este es un ejemplo de una situación estructural frecuente en todos los yacimientos de carbón de la Formación Guaduas.

Además, es importante notar que el espesor local del manto de carbón lejos de los sitios de dislocación se mantiene constante, mientras que en proximidad de los labios de falla ocurren naturalmente estrechamientos, pliegues de arrastre e irregularidades en el carbón.

Por otro lado, la Figura 2, muestra dos mantos de carbón en un anticlinal asimétrico, cuyo flanco inclinado está afectado por una falla inversa compleja, localizada en el sitio de flexura. En donde se observa que, en proximidad de la charnela presenta una falla inversa que disloca los mantos, dando la impresión de la existencia de

estrangulamientos en el carbón. Por consiguiente, la capa de arenisca presente entre los dos mantos de carbón se halla muy disturbada, con superficies de fricción y varios sistemas de diaclasas. Además, la figura también permite observar el espesor real del carbón en los sitios donde no se manifiesta la influencia de las dislocaciones.



Figura 2. Manto de carbón asociado a otro manto pequeño acompañante, en un doblamiento anticlinal parcialmente expuesto.

Dadas sus características como roca, es decir, la textura, la dureza y la compactibilidad, el comportamiento del carbón con relación a los esfuerzos de compresión y de tensión es sumamente variable e impredecible.

En este sentido, el acomodamiento del carbón dentro de una sucesión de estratos alternados obedece, en parte, al grado de fracturación del manto en los sitios de dislocación. No obstante, esto también, es consecuencia del comportamiento estructural de los respaldos e intercalaciones de roca y a las características litológicas de esta; la Figura 3 da una visión clara de este aspecto.



Figura 3. Vista de los mantos de carbón de la Figura 2, localizados en el flanco opuesto del anticlinal.

De otro lado, la Figura 3, exhibe una pequeña flexura en el manto principal que pasa a falla inversa en el respaldo superior. Nótese la tendencia de la arenisca en formar la flexura, no obstante, el esfuerzo es resuelto; finalmente, en ruptura y desplazamiento inverso de la capa en un perfecto mecanismo de cizalla. Como consecuencia, la falla afecta también el pequeño manto de carbón superior.

Las exposiciones en afloramiento de los mantos de carbón, ilustradas en las figuras anteriores, permiten reconocer con precisión la situación estructural de los mantos en las zonas deformadas por esfuerzos tectónicos. Esto no se logra por medio de sondeos puntuales, dado el diámetro limitado de las perforaciones; igualmente, un registro geofísico de rayos gamma o de densidad, suministra una información puntual sin relación directa con los alrededores del pozo.

Por lo tanto, en áreas afectadas por la tectónica, la correlación de los mantos de carbón a través de sondeos exploratorios y sus respectivos registros de litología y geofísica, son bastante aleatorios con relación a la definición de la situación real estratigráfica de un carbón,

aún más, si se considera que los sondeos distan en general más de 100 m entre sí.

3. IMPLICACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LAS CAPAS EN LA INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA

Para explicar este aspecto, se muestran en la Figura 4 algunos detalles de las vistas de la Figura 1, en las cuales se introdujeron esquemáticamente sondeos imaginarios, representados con dos líneas paralelas contiguas, de manera que, pueda definirse la sucesión litológica, tal como resulta en los núcleos de perforación.

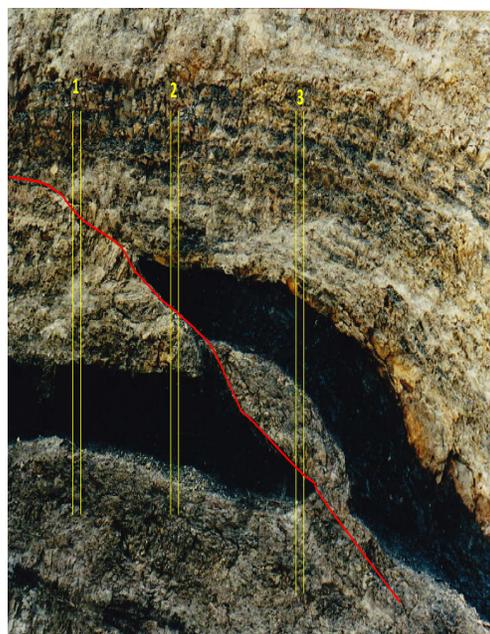


Figura 4. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte izquierda de la fotografía expuesta en la Figura 1.

El sondeo 1 (ver Figura 4) halla el carbón en el bloque yacente, indicando el espesor real del manto. Ahora bien, el sondeo 2, encuentra el manto de carbón en el bloque colgante en lugar del bloque yacente; lo que significa que, la repetición del manto muestra espesores anormales distintos. En efecto, el sondeo 3, cruza el carbón dentro de una estratigrafía normal hasta la falla, en donde vuelve a repetirse una parte del manto.

Es relevante mencionar que, la Figura 4, se convierte en un referente para la interpretación de la *situación estratigráfica* de un manto de carbón, por correlación de la información obtenida con los núcleos y con los registros de densidad del sondeo. De manera que, la correlación indica aparentemente, de izquierda a derecha, la existencia de un manto; en seguida, por encima de este, la aparición de un pequeño manto acompañante, y luego la desaparición de este otro y la presencia de una nueva cinta por debajo del manto principal.

Desde otra mirada, la Figura 5 muestra aspectos relacionados con la sucesión estratigráfica y los espesores de las capas, distribuidas de la siguiente manera: En primer lugar, el sondeo A indica la presencia de un manto de carbón. En segundo lugar, el sondeo B muestra un pequeño manto superior adicional. En tercer lugar, el sondeo C indica dos mantos. En cuarto lugar, el sondeo D halla un manto de carbón de gran espesor. Con lo anterior, se puede observar cómo el doble nivelito de arcillolita negra, indicado por la flecha, está presente al inicio de todos los sondeos; la estratigrafía es normal hasta el techo del manto en los sondeos B, C y D, mientras que la distancia entre esa capita y el manto de carbón en el sondeo A es el doble, es decir, anormal.

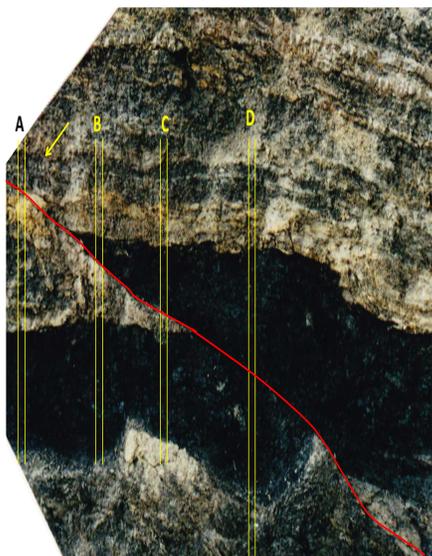


Figura 5. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte derecha de la fotografía expuesta en la Figura 1.

De otro lado, la Figura 5, es un claro ejemplo de irregularidad aparente del espesor de un manto de carbón, lo cual explica, claramente, el por qué pueden presentarse diferencias marcadas en las columnas estratigráficas de distintos sondeos dentro de un contexto de regularidad estratigráfica local.

Enseguida, la Figura 6 trata del efecto de las pequeñas fallas normales en los mantos de carbón y su manifestación en los registros geofísicos de los pozos.



Figura 6. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte derecha de la fotografía expuesta en la Figura 1.

Cabe resaltar que, si la perforación penetra en el carbón por el bloque colgante de la falla y sale por el bloque yacente, es decir, atraviesa la falla dentro del manto, se obtendrá en los núcleos un menor recorrido en carbón. En el caso de la fotografía, se tiene una reducción en un 30% del espesor real del manto en el sondeo.

Uno de los casos más frecuentes en los yacimientos de carbón donde las pequeñas fallas normales dislocan los mantos, es el ilustrado en la Figura 6, la cual expone cómo se crean las aparentes reducciones imprevistas

de espesor o incluso la desaparición del carbón en los sondeos. En donde, es suficiente una falla de 4 a 5 m de desplazamiento para la eliminación de un manto de potencia de 3 a 4 m en una perforación vertical de diámetro HQ (63.5 mm).

El caso más espectacular en el yacimiento de Socotá, al norte de Paz de Río, es una falla presente entre dos sondeos exploratorios, localizados a una distancia de apenas 41 m entre sí. En el primero, se halló el Manto 1B con un espesor de 4 m, mientras que, en el segundo, el manto no apareció, como lo muestra la Figura 7.

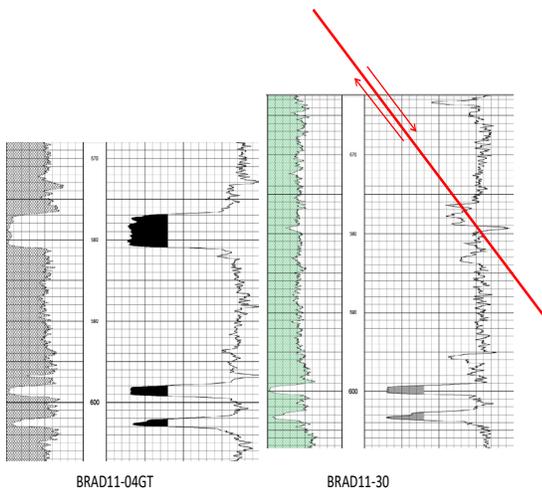


Figura 7. Montaje de los registros de densidad en dos pozos exploratorios.

En la Figura 7 se nota la perfecta correlación de las pequeñas capas de carbón presentes por debajo del manto principal. El manto de carbón presente en el sondeo de la izquierda no aparece en el log de la derecha. En este lugar, no se observa una capa de arenisca que pueda reemplazar el carbón, sino un material algo menos denso de las arcillolitas, lo que indica, que puede tratarse de una brecha de fricción carbonosa.

Es preciso mencionar que, es posible que muchos de los casos de reducción imprevista del espesor de los mantos principales se deban a la acción de las pequeñas fallas normales, como se observa en el ejemplo de la Figura 6.

En lo referente a fallas normales con desplazamientos de más de 40 m, estas sí pueden detectarse en los registros geofísicos dado que quedan involucrados varios mantos de carbón o formaciones conocidas, por lo cual, se puede reconocer claramente la posición de los estratos derivada del movimiento de los bloques.

Otra de las características estructurales de los mantos de carbón, evidenciada en las fotografías locales, y anotada anteriormente, es el hecho de que lejos de las dislocaciones por falla, los mantos de carbón conservan, generalmente, un cierto rango de espesor, esto garantiza un cierto sentido la continuidad del carbón en un bloque minero.

En conclusión, los pocos ejemplos aquí expuestos son suficientes para explicar explícitamente la aparente variabilidad estratigráfica de los mantos de carbón indicada por los sondeos puntuales en yacimientos afectados por la tectónica.

4. CONCLUSIONES

Los cortes naturales del terreno o artificiales en los taludes de las carreteras, son excelentes sitios de observación de los detalles de estructuras geológicas locales que afectan los estratos sedimentarios. Los ejemplos expuestos en este manuscrito, aplicados al carbón, brindan una notoria idea de las características estructurales finales de los mantos, adquiridas durante la deformación tectónica de la formación que los contiene.

La gran continuidad lateral de la Formación Guaduas en la cuenca carbonífera Sogamoso-Jericó, garantiza que, con toda probabilidad, los mantos de carbón principales conserven su posición estratigráfica original dentro de un yacimiento, como lo demostró la operación de la Mina La Chapa, donde varios kilómetros de túneles y centenares de perforaciones, junto con la misma explotación, comprobaron la continuidad del carbón.

Es por esta razón que, en regiones cuyas características estructurales derivadas del plegamiento andino son muy

complejas, se debe tener en cuenta la tectónica de los bloques carboníferos para comprobar la existencia de las anomalías observables en los registros litológicos y geofísicos de cada perforación.

Por consiguiente, para la concepción de un modelo geológico de un depósito de carbón, la simple correlación estratigráfica de sondeos puntuales resulta muy casual y puede conducir a errores de interpretación que, finalmente, crean tropiezos en la correcta evaluación del yacimiento.

Así también, se conocen casos de columnas estratigráficas levantadas sobre registros de pozos o de las cajas de testigos, sin la definición de ningún elemento estructural, como fallas, fracturas y replegamientos, e incluso, correlaciones efectuadas simplemente utilizando softwares, con el resultado final de una falsa estratigrafía y un variado número de mantos de carbón que no corresponde a la realidad. Lo anterior, conduce a la interpretación de modelos geológicos equivocados de los yacimientos, causando serios problemas de planeamiento en los proyectos mineros.

En ese sentido, es necesario conocer las características reales de sedimentación de los mantos de carbón, para levantar sobre el terreno innumerables secciones estratigráficas de la formación que los contiene, tanto a lo largo de los afloramientos de carbón como en los cortes libres de deformaciones locales. Solamente, de esta forma, se podrá definir la continuidad regional de los mantos de carbón y comprobar la existencia de anomalías estratigráficas de origen sedimentario.

REFERENCIAS

- [1] I., Reyes Chittaro, Evaluación Geológica del yacimiento de carbón de Matayeguas, Acerías Paz de Río, S.A., Belencito, 1993, pp. 7-8.