

Análisis de rípios de perforación para la caracterización litológica del Reservorio Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal del Cretácico Temprano al Norte de la Cuenca Oriente

Analysis of well cuttings for lithological characterization of 'T'
Sandstone Reservoir from Napo Basal Formation of Early Cretaceous to
north of the Oriente Basin

Julio Zambrano-Dolvera*

*Ingeniero Geólogo, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl
Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.
Telf.: 0982813288.*

Recibido 5 de mayo 2018; recibido en forma revisada 26 de mayo 2018, aceptado 3 de junio 2018
Disponible en línea 26 de junio 2018

Resumen

La Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal del Cretácico Temprano perteneciente al Grupo Napo, ha sido considerada como objetivo de segundo orden en la perforación de pozos petroleros. La Arenisca 'T' ha sido dividida en dos partes: Arenisca 'T' Principal y Arenisca 'T' Glauconítica. El presente trabajo de titulación se desarrolló para conocer las características litológicas de la Arenisca 'T', así como sus propiedades petrofísicas y estructurales en un área al norte de la Cuenca Oriente, para esto se utilizó rípios de perforación, registros eléctricos y registros litológicos de 8 pozos. La Arenisca 'T' Superior se caracteriza por ser glauconítica y presentar electrofacies de tipo intercalaciones de arenisca y lutita con valores altos de Gamma Ray (GR), baja Resistividad y pobre Porosidad. La Arenisca 'T' Inferior presenta minerales accesorios de caolín con electrofacies de tipo arenisca con valores bajos de GR, Resistividad media-alta y buena Porosidad, además la Arenisca 'T' Inferior presenta mejores indicios hidrocarburíferos que la Arenisca 'T' Superior. La Unidad Litológica Arenisca 'T' presenta el flanco izquierdo de un pliegue anticlinal con rumbo norte-sur y buzamiento hacia el oeste, los espesores aumentan hacia el este, los espesores netos de arena aumentan hacia el oeste.

Palabras clave: electrofacies, glauconítica, registros litológicos.

Abstract

The Lithological Unit 'T' Sandstone of Napo Basal Formation from Early Cretaceous of Napo Group has been considered as a second objective on wells drilling. The 'T' Sandstone has been divided in two parts for specific purposes: Main 'T' Sandstone and Glauconitic 'T' Sandstone. This current work degree was developed to know the lithological characteristics of 'T' Sandstone, as well as its structural and petrophysical properties in a north area of the Oriente Basin. Well cuttings, electrical logs and lithological logs from eight wells were used for it. The Upper 'T' Sandstone presents interbedded sandstone and shale electrofacies type with high values of Gamma Ray (GR), low Resistivity and poor Porosity; besides, it is characterized to be glauconitic. The Lower 'T' Sandstone presents Kaolin minerals accessories and sandstone electrofacies type with low values of GR, medium-high Resistivity and good Porosity; besides, the lower 'T' Sandstone has better evidence of hydrocarbons than upper 'T' Sandstone. The Lithological Unit 'T' Sandstone has a left flank of an anticlinal fold (?) with north-south direction and dip west, the thickness increase to east and net sand thickness increase to west.

Keywords: electrofacies, glauconitic, lithological logs.

* Correspondencia del autor:
E-mail: jotazambrano91@hotmail.com



Introducción

La Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal en la Cuenca Oriente Ecuatoriana ha sido considerada como objetivo secundario en los programas de perforación de pozos petroleros debido a su poca producción, para conocer el porqué de este problema y así poder considerarla como un objetivo más importante es necesario conocer a detalle las características litológicas, petrofísicas y estructurales del reservorio. El presente estudio tiene como objetivo analizar rípos de perforación para conocer las propiedades litológicas de la Arenisca 'T', así como el empleo de registros eléctricos y mapas del subsuelo para definir sus características estructurales y petrofísicas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio de la Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal se encuentra ubicada al norte de la Cuenca Oriente, en el extremo sur del campo Shushufindi, limitado al norte con el campo Libertador, al sur por el campo Auca y al oeste por el campo Sacha.

Los pozos se encuentran ubicados en las coordenadas indicadas en la tabla 1.

Los pozos A1 y A2 al este y el pozo A3 al sureste del área de estudio se encuentran ubicados en la parte más alta de la estructura, hacia el noroeste

y hacia el sur donde la estructura se profundiza se encuentran los pozos B1, B2, C1, C2 y B3 respectivamente.

Metodología de estudio

El método empleado en este estudio consta de tres partes:

1. Trabajo de campo y recopilación de información.
 - Recolección de rípos de perforación de la Arenisca T.
 - Recopilación de información de pozos.
 - Registros Eléctricos.
 - Registros Litológicos.
2. Análisis en laboratorio.
 - Identificación de las propiedades litológicas de la Arenisca T.
 - Identificación de indicios hidrocarburíferos.
 - Oil shows.
3. Trabajo de oficina.
 - Elaboración de mapas del subsuelo.
 - Elaboración de secciones estructurales.
 - Elaboración de secciones estratigráficas.

La primera etapa de trabajo se realizó en campo en taladros de perforación, donde se procedió a la recolección de rípos de perforación de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio, además se recopiló información de registros eléctricos y registros litológicos.

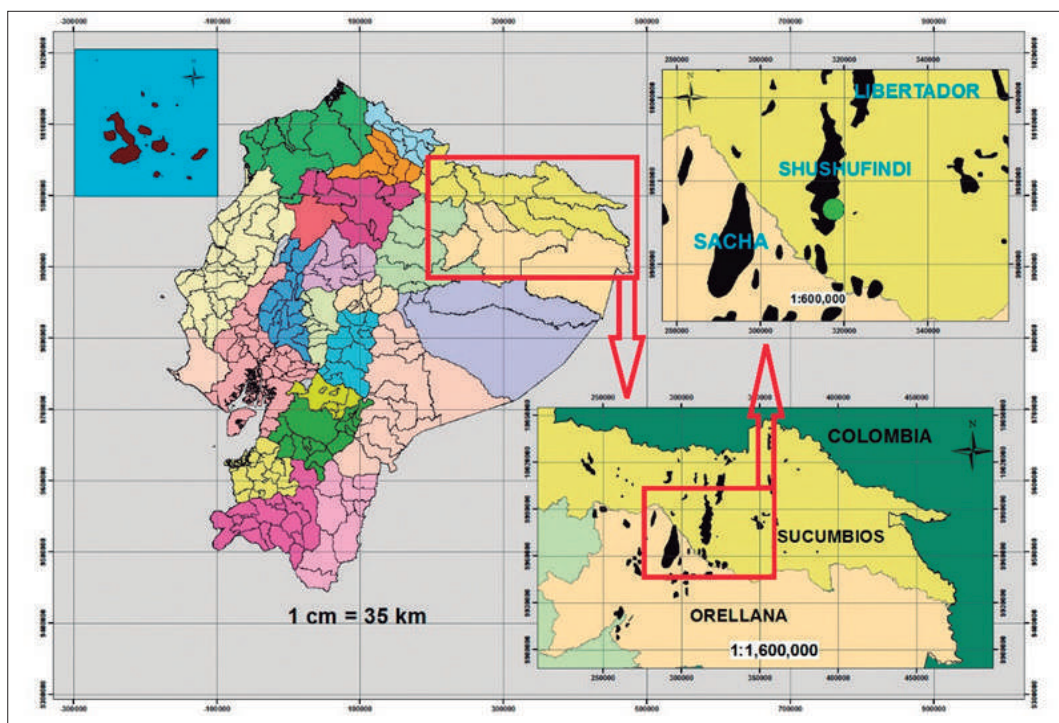


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Tabla 1. Ubicación de los pozos en el área de estudio.

POZOS	COORDENADAS (UTM) DATUM PSAD 56		(WELL KB) ELEVACIÓN SOBRE EL NIVEL DEL MAR (FT)	DISTANCIA ENTRE POZOS
	Norte	Este		
A1	9973143,57	317455,59	862,63	A1 ↔ A2 = 856 m
A2	9973137,64	317450,22	862,63	A2 ↔ A3 = 1130 m
A3	9972103,10	316459,10	865,00	A3 ↔ B3 = 1860 m
B3	9972470,34	314667,53	874,37	B3 ↔ B2 = 1320 m
B2	9972470,76	314674,53	874,32	B2 ↔ B1 = 640 m
B1	9974214,48	314482,91	832,66	B1 ↔ C2 = 580 m
C1	9974226,00	314461,85	863,86	C1 ↔ B1 = 770 m
C2	9973731,53	315224,74	855,00	C2 ↔ A1 = 2470 m

Nota. Fuente: Informes finales de pozos. Petrokem L. S (2014).

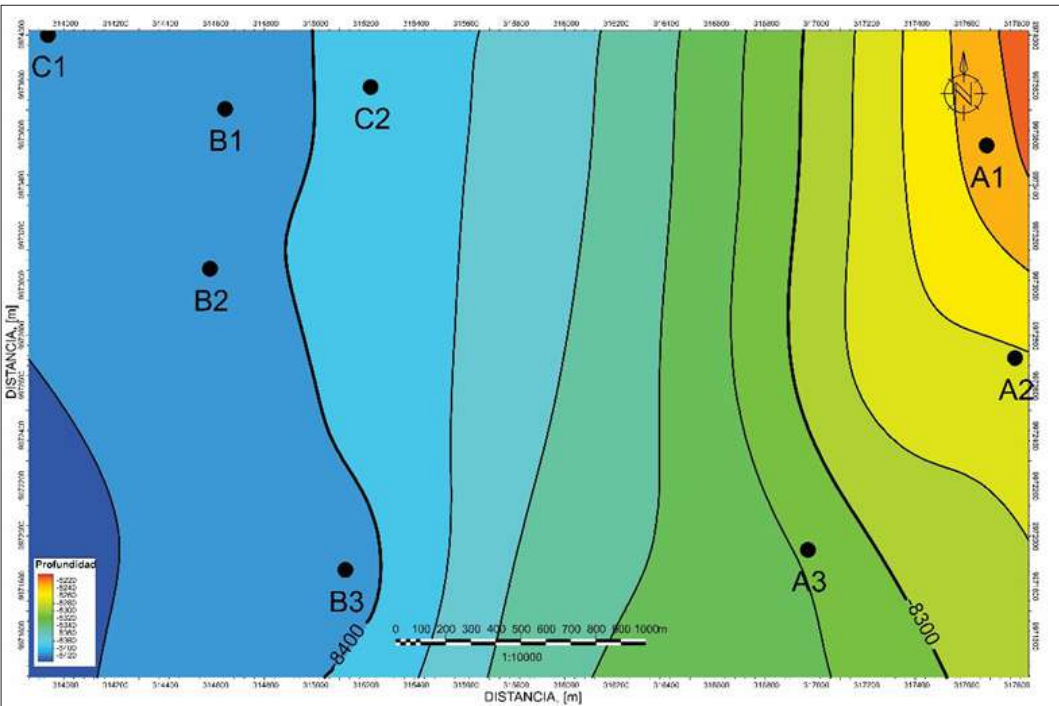


Figura 2. Mapa estructural al tope de la Arenisca ‘T’ mostrando la ubicación de los pozos.

En el laboratorio se identificaron las propiedades litológicas de la Arenisca ‘T’ empleando la descripción de muestras de pozo de Swanson (1981). Esta descripción presenta el siguiente orden de escritura:

- Tipo de roca.
- Color.
- Textura (tamaño de grano, forma y clasificación).

- Cemento y/o matriz.
- Fósiles y accesorios.
- Estructura sedimentarias.
- Porosidad y nuestras de petróleo.

El análisis de los indicios hidrocarbúricos (Oil shows) de la Arenisca ‘T’ se realizó mediante pruebas químicas y observaciones, para esto se emplearon equipos tales

como fluoroscopio, microscopio, pinzas, punzones, porcelanas y reactivos químicos como acetona y ácido clorhídrico. En primera instancia los rípios de perforación son recolectados y lavados en bandejas de aluminio, posteriormente los rípios que muestran manchas de hidrocarburos son separados y colocados en una porcelana. Una vez en la porcelana se procede a observar bajo el microscopio y con luz natural el color (NEGRO, CAFÉ OSCURO, CAFÉ, CAFÉ CLARO, CAFÉ AMARILLENTO, DORADO) y la forma (RESIDUAL, PUNTOS, PARCHES, UNIFORME) de la mancha de los hidrocarburos, luego se estima el porcentaje de la muestra manchada.

En el siguiente paso introducimos la porcelana en el fluoroscopio y observamos la fluorescencia natural de los rípios manchados con hidrocarburos, para esto se observa la intensidad (PALIDA, MODERADA, BRILLANTE) y el color (CAFÉ, CAFÉ NARANJA, NARANJA, CAFÉ DORADO, AMARILLO NARANJA, AMARILLO, AMARILLO VERDOSO, BLANCO AMARILLENTO, BLANCO AZULADO).

La fluorescencia al corte es el siguiente paso, una vez que la porcelana está dentro del fluoroscopio se agregan unas gotas de acetona y se observa la reacción que produce (VELOCIDAD: lenta-rápida-instantánea; FORMA: correntosa-nubosa; INTENSIDAD: débil-fuerte; COLOR: café, café naranja, naranja, café dorado, amarillo naranja, amarillo, amarillo verdoso, blanco amarillento, blanco azulado).

El siguiente paso es observar el residuo cuando la acetona se evapora, se observa el color, el tamaño (FINO, GRUESO), y el tipo (ANILLO) de residuo, esto se hace bajo luz natural y luz ultravioleta.

Por último se otorga una calificación a la manifestación de los hidrocarburos de POBRE-REGULAR-BUENO según los parámetros observados.

En el trabajo de oficina se elaboraron mapas estructurales, mapas isopacos, secciones estructurales, secciones estratigráficas y columnas litológicas, para esto se emplearon programas como Surfer 10 y CorelDraw X6. Para la elaboración de los mapas estructurales se correlacionaron los topes formacionales en las secciones estructurales y los contornos se interpolaron linealmente, para los mapas isopacos se restaron bases de topes de las formaciones en cada pozo y los contornos de espesores se interpolaron linealmente, para los mapas isopacos netos de arena se restaron los espesores de lutita del espesor total de la arenisca y se interpoló linealmente.

Resultados

Características litológicas de la Arenisca 'T'

El análisis de los rípios de perforación de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio facilitó la identificación de dos tipos de litología, que son: arenisca y lutita. Además de las características litológicas se observaron indicios hidrocarburíferos los cuales fueron descritos.

1. En la arenisca se reconocieron dos tipos de minerales accesorios que permiten dividirla en dos partes (Superior e Inferior).

- Arenisca (superior): cuarzosa, gris amarillenta, café oliva claro, café claro, en partes verde azul clara; de grano fino a medio, redondeado en partes subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos. Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas - 10% de la muestra; manchas en forma de puntos color marrón oscuro; fluorescencia natural amarillo pálido; fluorescencia al corte: moderadamente rápido, correntoso, débil, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino amarillo verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo pálido.
- Arenisca (Inferior): cuarzosa, amarilla grisácea, amarilla moderada, gris amarillenta; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos. Regular manifestación de hidrocarburos: 10 - 20% de la muestra; manchas uniformes y puntos de color café moderado; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: rápido, correntoso y nuboso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino blanco verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino blanco amarillento.

2. La lutita es negra grisácea, gris muy claro, gris oscuro, fisil, planar, dura, en forma de bloque, alargada e irregular, no calcárea.

Interpretación de electrofacies de la Arenisca 'T'

Una vez conocidas las características litológicas de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio, se analizó cuál es la respuesta de los registros geofísicos con las diferentes litologías definidas en una sección estratigráfica tipo.

En la parte norte del área de estudio se correlacionaron las unidades litológicas en la sección estratigráfica C - C' con los pozos C1, B1, C2, A1, con dirección O - E (Figura 4). La Arenisca 'T' Superior se caracteriza por una litología compuesta por granos de cuarzo con variaciones de tamaño y forma y con tonos de colores diferentes, presenta abundante glauconita, los registros geofísicos se caracterizan por electrofacies de intercalaciones de arenisca y lutita con forma de curva (GR) tipo múltiples, con contactos que van de abruptos a gradacionales, los valores promedios de las electrofacies para la Arenisca 'T' Superior son (GR: 55 °API; Resistividad 8 - 12 ohm.m; Porosidad Neutrón: 0.18 ft³/ft³; Densidad: 2.55 g/c m³; Factor fotoeléctrico: 3.5). En el pozo C1 se puede observar como la curva del GR presenta valores más bajos al tener menores intercalaciones de lutita y presenta mayor tamaño de grano, lo contrario sucede en el

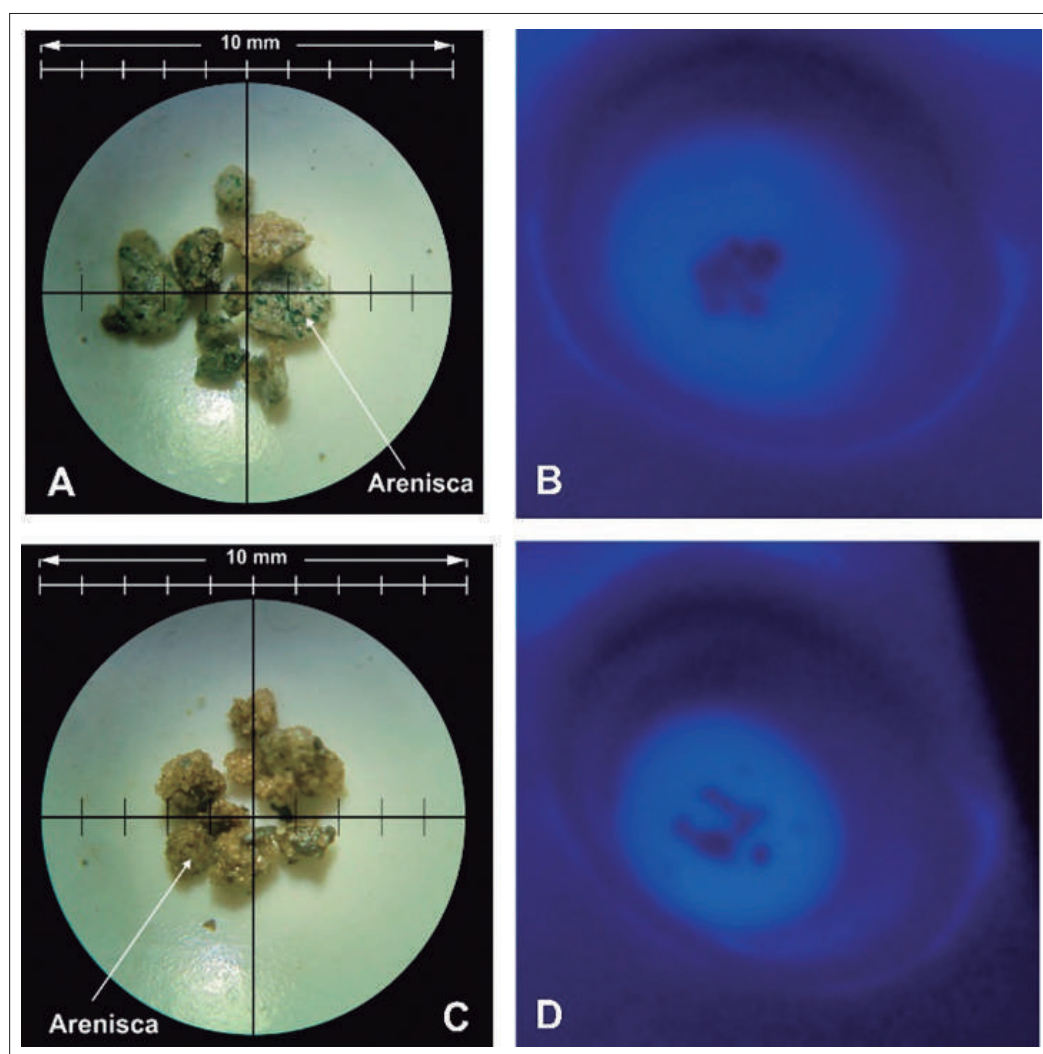


Figura 3. Rípios de perforación arenisca 'T' Superior (A-B) Inferior (C-D) vista bajo luz natural (izquierda) y bajo luz ultravioleta (derecha).

pozo A1 que presenta mayores intercalaciones de lutita con valores de GR más altos y menor tamaño de grano.

La Arenisca 'T' inferior se caracteriza por una litología compuesta por granos de cuarzo con variaciones de tamaño y forma y de colores diferentes, los registros geofísicos se caracterizan por electrofacies de areniscas y alternancia de arenisca y lutita, con tipos de curvas (GR) cilíndricas lisas y aserradas con contactos que van de gradacionales a abruptos, valores promedios de (GR: 25 °API; Resistividad: 25 - 60 ohm.m; Porosidad Neutrón: 0.15 ft3/ft3; Densidad: 2.3 g/m3; Factor fotoeléctrico: 2).

Al igual que en la parte superior, la Arenisca 'T' Inferior presenta una tendencia de disminución de tamaño de grano de la arenisca hacia donde existe mayor intercalación de lutita.

Características estructurales de la Arenisca 'T'.

El análisis de las electrofacies y posterior comparación con las propiedades litológicas permitió correlacionar topes y bases de la Arenisca 'T' (Superior e Inferior), de tal manera que se pudo elaborar mapas y secciones del subsuelo para conocer sus características estructurales. En la sección estructural tipo C - C' (Figura 5) podemos observar que la Arenisca 'T' (Superior e Inferior) se encuentra ubicada en el flanco izquierdo de un pliegue (anticlinal ¿?) con rumbo norte-sur y buzamiento hacia el oeste. La Arenisca 'T' sobreyace concordantemente con la Lutita Napo Basal y subyace a la Caliza B. El pozo A1 se encuentra ubicado en la parte más alta de la estructura (este) en donde la Arenisca 'T' superior y la Arenisca 'T' Inferior mantienen una concordancia entre los espesores mientras que los pozos C1, B1, C2 se encuentran ubicados hacia donde profundiza la estructura (oeste) en donde observamos que la

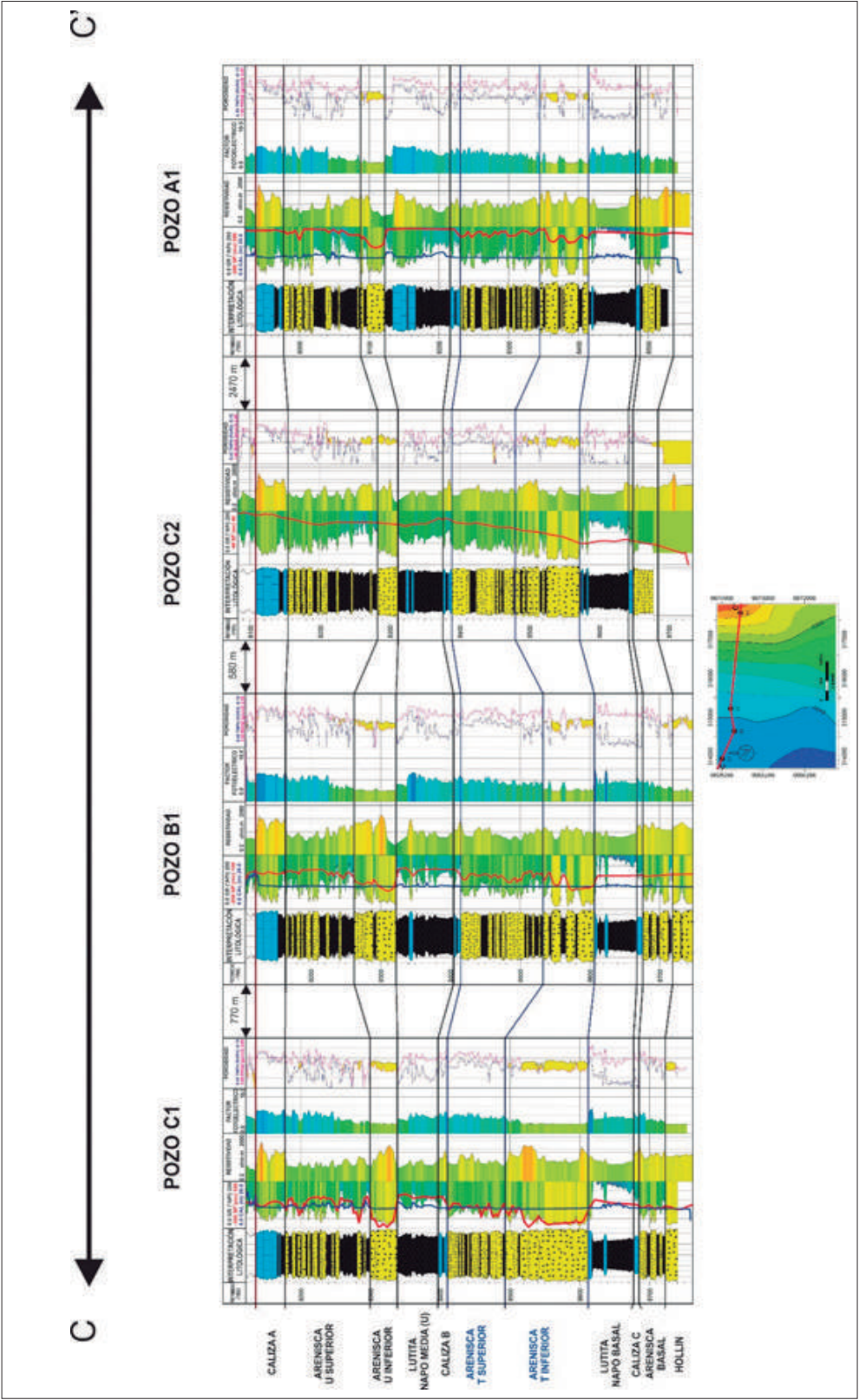


Figura 4. Sección Estratigráfica C-C' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo.

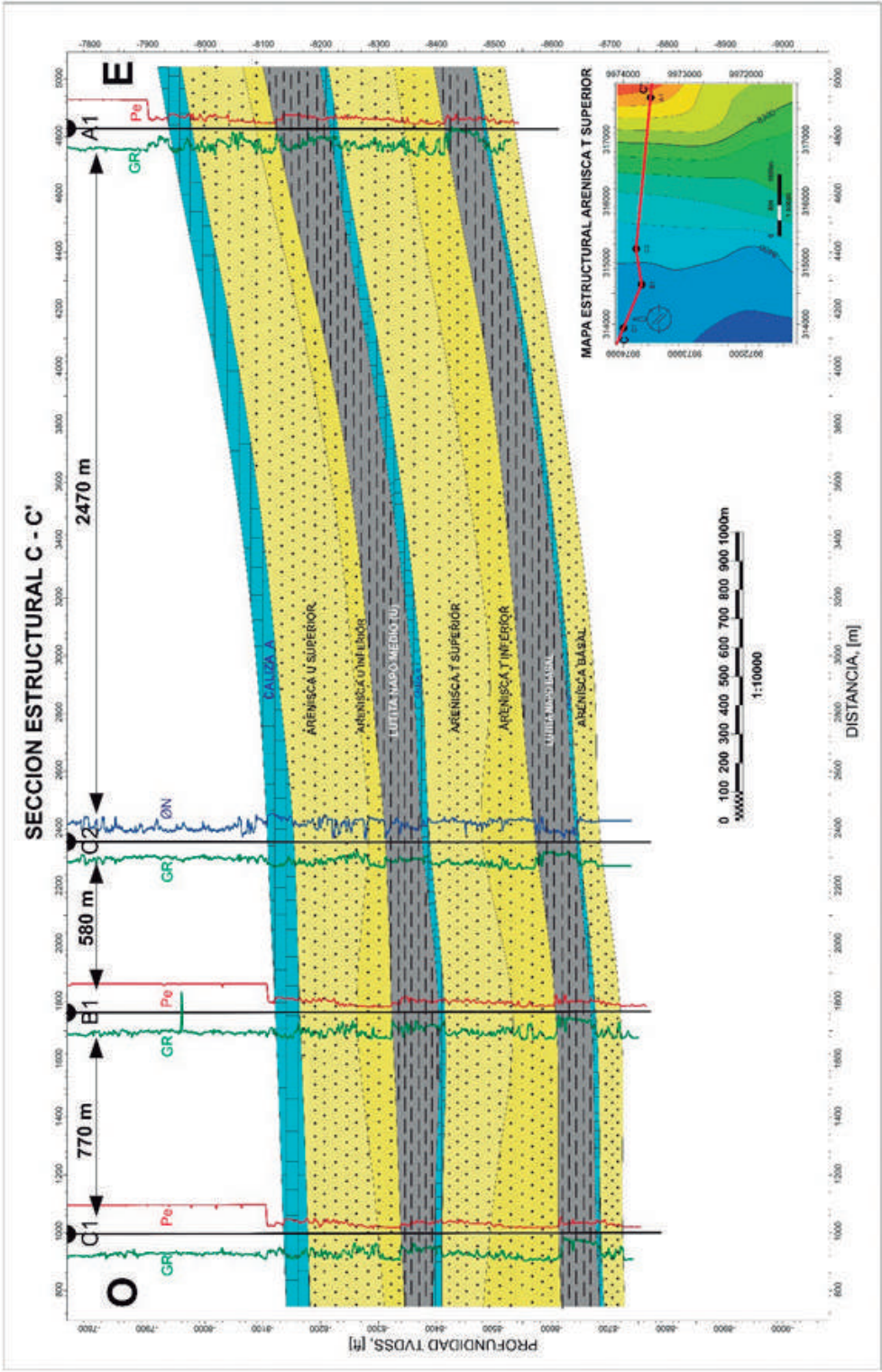


Figura 5. Sección estructural C-C' mostrando las Unidades Litológicas del área de estudio.

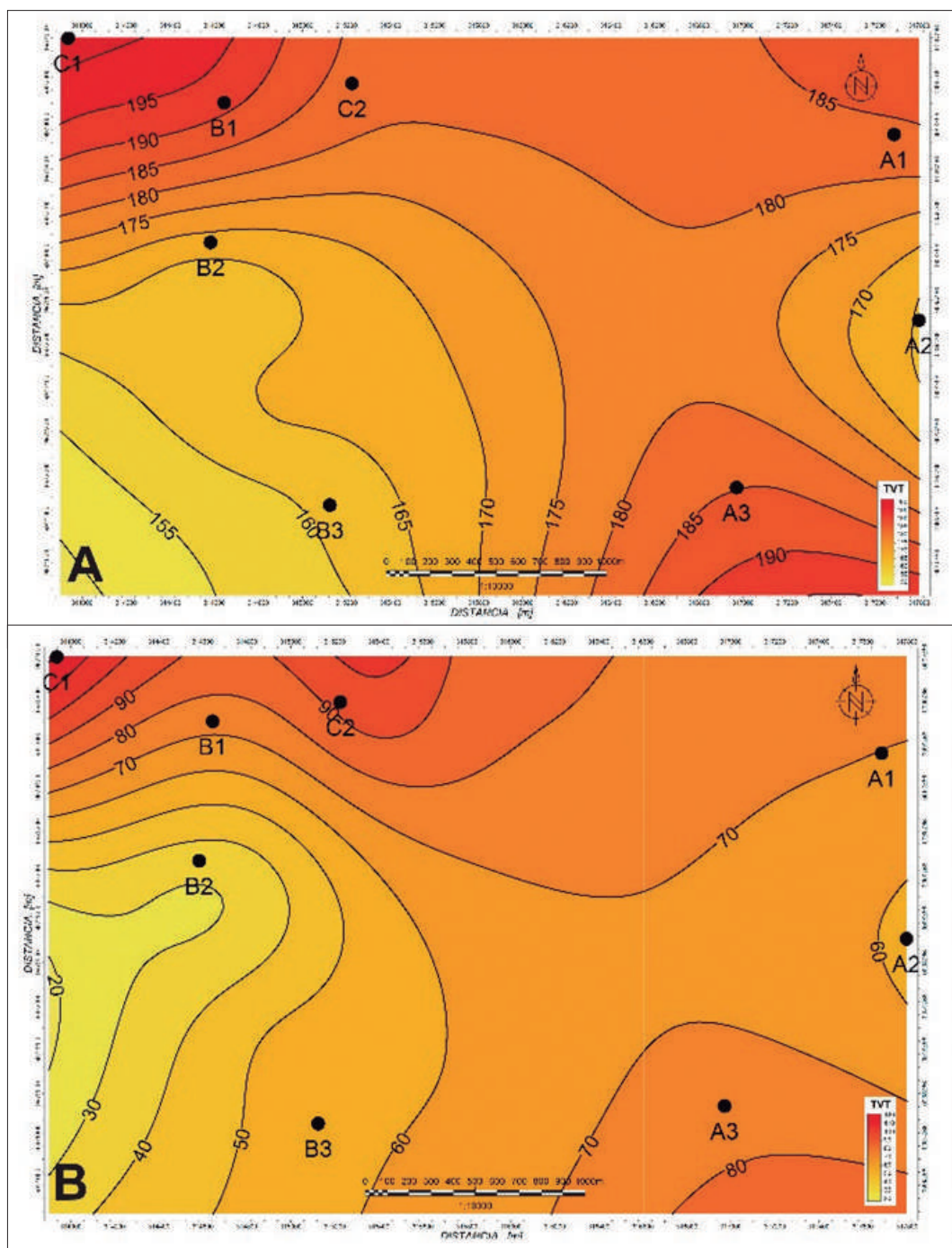


Figura 6. Mapas Isopacos de la Unidad Litológica Arenisca 'T' (A), parte inferior (B).

arenisca 'T' inferior presenta variaciones en las cuales aumenta de espesor y la arenisca T superior disminuye de espesor.

De las secciones estructurales se obtuvieron los espesores de la Arenisca 'T' Superior e Inferior, para esto se restaron bases de topos y se elaboraron mapas

isopacos, los mapas de espesores netos de arena se obtuvieron restando los espesores de los cuerpos de lutita intercalados dentro de la Arenisca 'T'.

En el mapa Isopaco de la unidad litológica Arenisca 'T' (Figura 6A) se puede observar como el espesor disminuye hacia el suroeste, aumenta hacia el

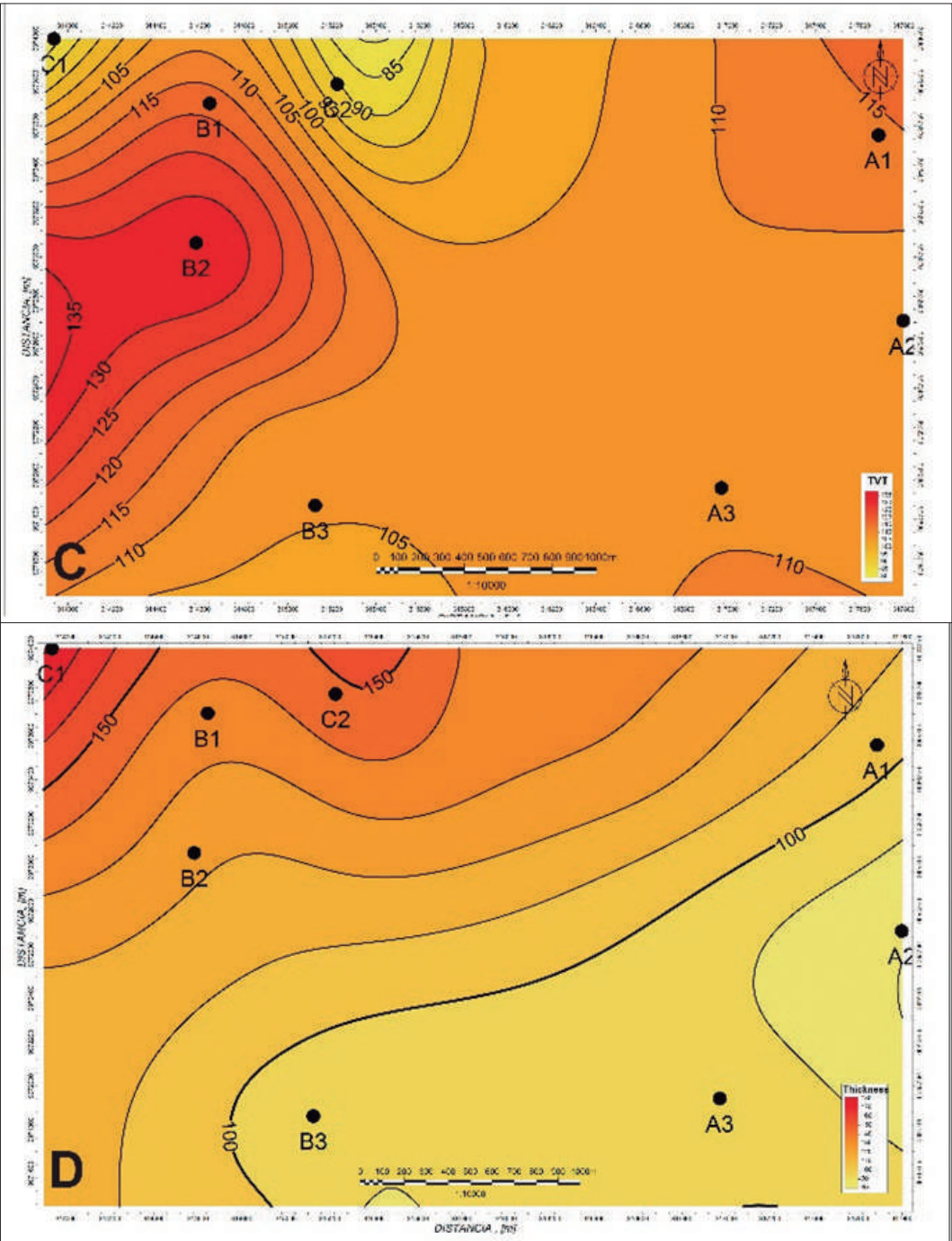


Figura 6. parte superior (C) y Mapas Isopacos de Arena Neta para la Unidad Litológica Arenisca 'T' (D).

noroeste y sureste y se mantiene constante hacia la parte norte, con valores que van desde 150 hasta 200 pies de espesor. La Arenisca 'T' Inferior (Figura 6B) se caracteriza por tener espesores del orden de los 70 a 80 pies en la parte este del área de estudio, mientras que hacia el oeste disminuye llegando hasta los 20 pies de

espesor, hacia el norte y noroeste tiende a aumentar hasta 100 pies de espesor. La Arenisca 'T' Superior (Figura 6C) en la parte este y sur del área de estudio presenta un espesor constante de 110 pies que va aumentando hacia el oeste llegando a 135 pies, hacia el norte presenta una tendencia a disminuir el espesor

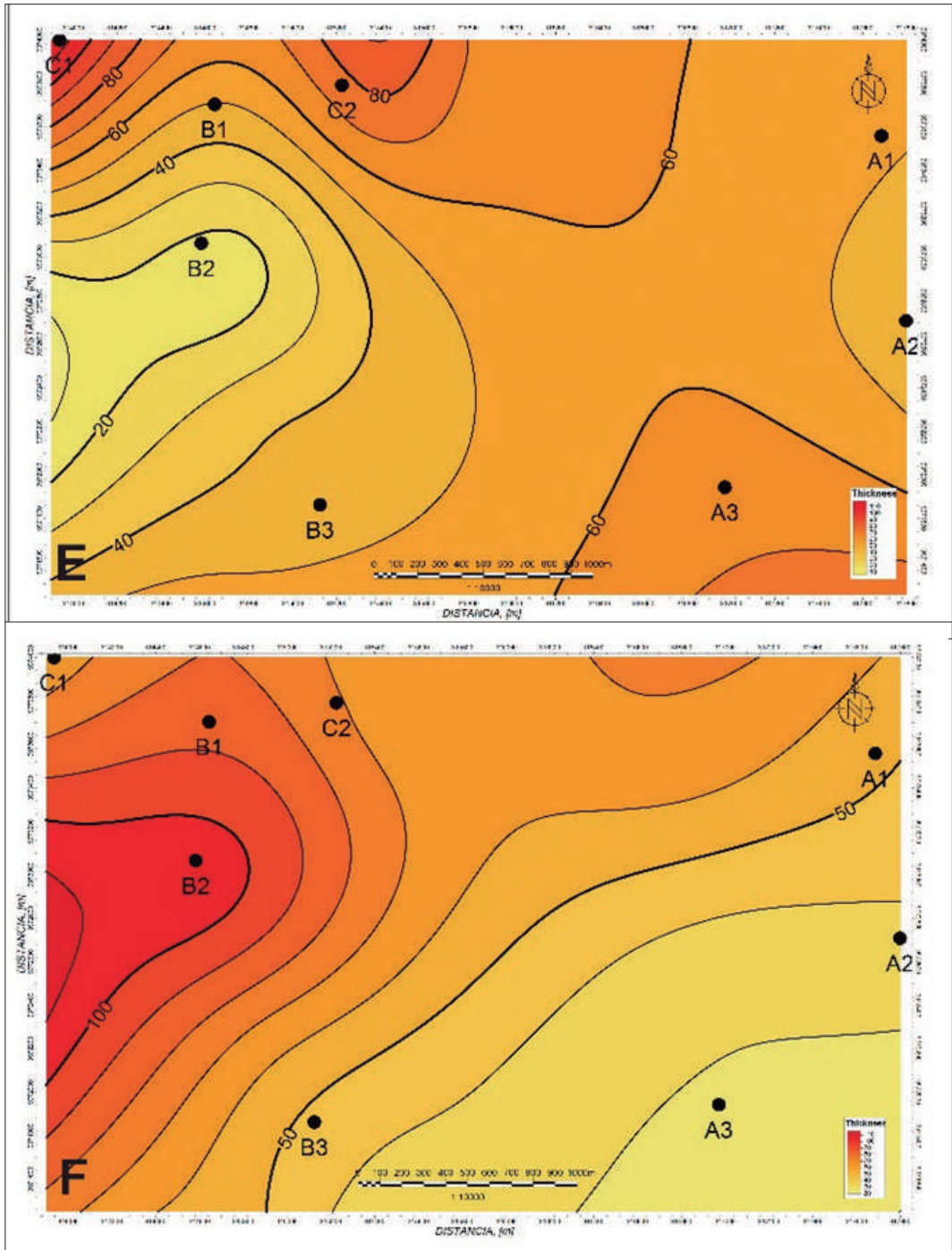


Figura 6. parte inferior (E), parte superior (F).

llegando a los 85 pies. Para la elaboración de los mapas isopacos de arena neta se restaron los espesores netos de lutita de los espesores totales de las areniscas, el mapa isopaco de arena neta para la Unidad litológica Arenisca 'T' (Figura 6D) dio como resultado que hacia el sureste del área de estudio existe menor cantidad

de arenisca con un espesor que va de 90 a 100 pies, mientras que hacia el noroeste aumenta la cantidad llegando a los 170 pies de espesor. El mapa isopaco de arena neta para la Arenisca 'T' Inferior (Figura 6E) presenta características similares al mapa isopaco de la Arenisca 'T' Inferior, esto indica que la Arenisca 'T'

Inferior casi en su totalidad es arenisca con escasas intercalaciones de lutita, aproximadamente se reduce 25 % del espesor (60 - 20 pies). El mapa isopaco de arena neta para la Arenisca 'T' Superior (Figura 6F) muestra una diferencia con el mapa isopaco de la Arenisca 'T' Superior, hacia el oeste observamos que el espesor se reduce aproximadamente un 30% (100 pies) y hacia el sureste disminuye considerablemente 75% (30 - 50 pies) esta indica que en la Arenisca 'T' Superior existen mayor cantidad de intercalaciones de lutita.

Conclusiones

La unidad litológica Arenisca 'T' se caracteriza por ser cuarzosa, de colores claros, de tamaño de grano fino a medio y de forma redondeado y en partes subredondeado. Presenta dos tipos de minerales accesorios por los cuales se la divide en dos partes: Arenisca 'T' Superior y Arenisca 'T' Inferior.

La parte superior se caracteriza principalmente por la presencia de glauconita mientras que la parte inferior presenta minerales accesorios de caolín.

- El análisis de los ripios con manchas de hidrocarburos mostro que la arenisca T inferior presenta mejores indicios hidrocarburíferos.
- Se identificaron 4 tipos de electrofacies: 1) Intercalaciones de arenisca y lutita; 2) Alternancia de arenisca y lutita; 3) Arenisca; 4) Lutita. La arenisca T superior se caracteriza por tener electrofacies tipo intercalación de arenisca y lutita con formas de curvas múltiples con altos valores de GR, baja resistividad y poca porosidad. La arenisca T inferior presenta electrofacies tipo arenisca y alternancia de arenisca y lutita con curvas de formas cilíndricas lisas y aserradas con bajos valores de GR, resistividad media alta y buena porosidad.

Estructuralmente se caracteriza por estar ubicada en el flanco izquierdo de un pliegue anticlinal (?) con rumbo norte - sur y buzamiento hacia el oeste, además la Unidad Litológica Areniscas 'T' presenta una disminución de espesor hacia el suroeste (180 - 150 pies), la parte superior mantiene un espesor constante hacia el este (110 pies) con un ligero aumento hacia el oeste (130 pies), lo contrario sucede con la parte inferior que se mantiene constante hacia el este (70 pies) y disminuye hacia el oeste (20 pies). Los espesores netos de arena para la Unidad litológica disminuyen hacia el sureste, la parte inferior mantiene espesores netos constantes hacia el este (60 pies) y disminuyen hacia el oeste (20 pies), la parte superior los espesores netos disminuyen hacia el sureste (30 pies) y aumentan hacia el oeste (100 pies).

Recomendaciones

Se recomienda perforar pozos de desarrollo hacia el este por ser esta la parte más alta de la estructura,

teniendo como objetivo primario la arenisca T inferior por presentar mejores indicios hidrocarburíferos, mejores espesores netos de arena y mejor distribución de tamaño de grano.

Referencias

- Atahualpa G, E. (2013). *Efecto de la glauconita en las propiedades petrofísicas del reservorio Arenisca 'T' Superior del bloque Tarapoa*. Tesis de grado en Ingeniería Geológica, Universidad Central de Ecuador, Quito.
- Baby, P., Rivadeneira, M. & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*. Perú: IFEA - Petroecuador - IRD.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador: Boletín de la Explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1'000.000*. Quito D.G.G.M. (p18).
- Bristow, C., y Hoffstetter, R. (1977). *Léxico Estratigráfico Internacional*. (2nd Ed.) Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Chamba D, P. (2015). *Generación de los modelos de litofacies y petrofísicos en las Areniscas U y T de la formación Napo en un campo del sector centro-norte de la cuenca oriente en Ecuador*, Tesis de grado en Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Estupiñán J. (2005). *Control diagenético sobre la calidad de los reservorios de las Areniscas "U" y "T" de la Fm Napo del Cretácico de la Cuenca Oriente, Ecuador. Modelización térmica y su relación con la generación de hidrocarburos*, Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Geological Rock-color Chart* (2009). [en línea]. Grand Rapids: MUNSSELL COLOR. Disponible en: <http://munsellstore.com/files/CIPA00011%5C599.pdf> [2015, 19 de octubre].
- Jaillard, E. (1997). *Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del cretáceo y paleógeno de la cuenca oriental del Ecuador*. Petroproduccion-ORSTOM edición, 163 p.
- Low, J. (1951). *Examinations of well cuttings*. Quart. Colorado Sch. Mines.
- Maher, J. (1959). *The Composite Interpretative Method of Logging Drill Cuttings*. Oklahoma: (2nd. Ed).
- Mousalli, Victoria. (2010). *Interpretación de facies a través de perfiles. [Diapositiva]. 21 diapositivas*. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/mvictoria/materia/PERFILAJEDEPOZOS/TEMA%203.%20INTERPRETACION%20DE%20FACIES%20EN%20PERFILES.pdf>
- Muñoz A. (1993). *Análisis del Pérmico y Triásico en el subsuelo del tercio noroccidental de la Cordillera Ibérica y áreas adyacentes*. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Ordoñez, M., Jiménez, N. & Suarez, J. (2006). *Micropaleontología Ecuatoriana*. Ecuador: Petroproduccion - CIGG.
- Schlumberger (1989). *Principios y Aplicaciones de la interpretación de Registros*. Houston TX, Schlumberger.
- Swanson, R. (1981). *Sample Examination Manual*. Tulsa, Oklahoma: AAPG Publication.