

ESTRATIGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN SPRINGHILL EN SECTOR NW DEL BLOQUE FELL, CUENCA DE MAGALLANES, CHILE

Juan E. Musso¹, Guillermo C. Rossi¹, Mario A. Vila¹

1: GeoPark, jmusso@geo-park.com, grossi@geo-park.com, mvila@geo-park.com

Palabras clave: Formación Springhill, Caracterización de Reservorios, Bloque Fell, Cuenca Austral, Cuenca de Magallanes

ABSTRACT

Stratigraphy and characterization of the Springhill Formation in the NW of Fell Block, Magallanes Basin, Chile.

The Springhill Fm is the main reservoir in the Austral (Magallanes) Basin, located in the southernmost tip of South America. The Springhill Fm. comprises several sedimentary cycles, mainly transgressive, composed of sediments accumulated in continental, littoral and open marine environments.

During the definition of some exploratory prospects in the northern area of Fell Block (Chile), some doubts arose regarding the presence and the characteristics of the main reservoir. In order to reduce the exploratory risk (areal distribution, thickness and facies), GeoPark carried out a thorough interdisciplinary study in which three scales of work were integrated: seismic, well logs and core samples. For this purpose, seismic amplitude and acoustic inversion cubes were used, also E-logs of 16 wells and almost 100 m of core samples.

As a result of the analysis of the core samples, it was possible to recognize 18 sedimentary facies, grouped into 3 facies associations: a) Belts of fluvial channels with tidal influence, b) Inner estuary and c) Shallow platform.

From the petroleum viewpoint, the interpretation was focused on the association of facies A (Fluvial channels with tidal influence), due to its good petrophysics quality, higher thickness and areal development.

Subsequently, the facies and facies associations were tied to the well logs and used to prepare representative stratigraphic cross sections. Five main sequence boundaries (1-5) were distinguished, from which the 2nd, 4th and 5th separate the 3 identified facies associations in the core samples. A transgressive pattern is observed where, depending on the accommodation space available, the facies association A occurs; over this appears the facies association B and ends with the facies association C.

Lastly, these cross sections were linked to the PSTM and the acoustic inversion cubes. The lower sandy layers of facies association A (Fluvial channels with tidal influence) showed an excellent correlation with a low impedance reflector, which allowed a better prediction of the distribution of this reservoir in the whole structure and, in this way, reduce the exploration risk related to the reservoir quality.

INTRODUCCIÓN

El área de trabajo está ubicada en el norte del bloque Fell, en el sector este de la XII Región de Chile, aproximadamente a 200 km al Este de la ciudad de Punta Arenas (Fig 1). En este sector de la

cuenca de Magallanes (o Austral) la explotación y exploración está enfocada tanto en las areniscas de la Formación Springhill como en los reservorios volcánoclasticos de la Serie Tobífera. El bloque cuenta con una extensa información de subsuelo; más de 200 pozos perforados, centenares de metros de coronas y con el 95 % de cobertura con sísmica 3D.

La Formación Springhill constituye la principal unidad productora de la Cuenca Austral, proveyendo la mayor parte de las reservas de hidrocarburos del sur de Chile y Argentina. A pesar de la significativa importancia económica de esta formación, pocos estudios integrados de descripción de facies, interpretación de ambiente de depositación (Limeres et al 2000, Kohler y Pangaro 2011 y Schwarz et al 2011) y caracterización sísmica fueron publicados.

El objetivo principal del presente trabajo es el reconocimiento de facies sedimentarias y asociaciones de facies, así como determinar la distribución areal de la Formación Springhill con la integración de la información sísmica, con el propósito de reducir el riesgo exploratorio en

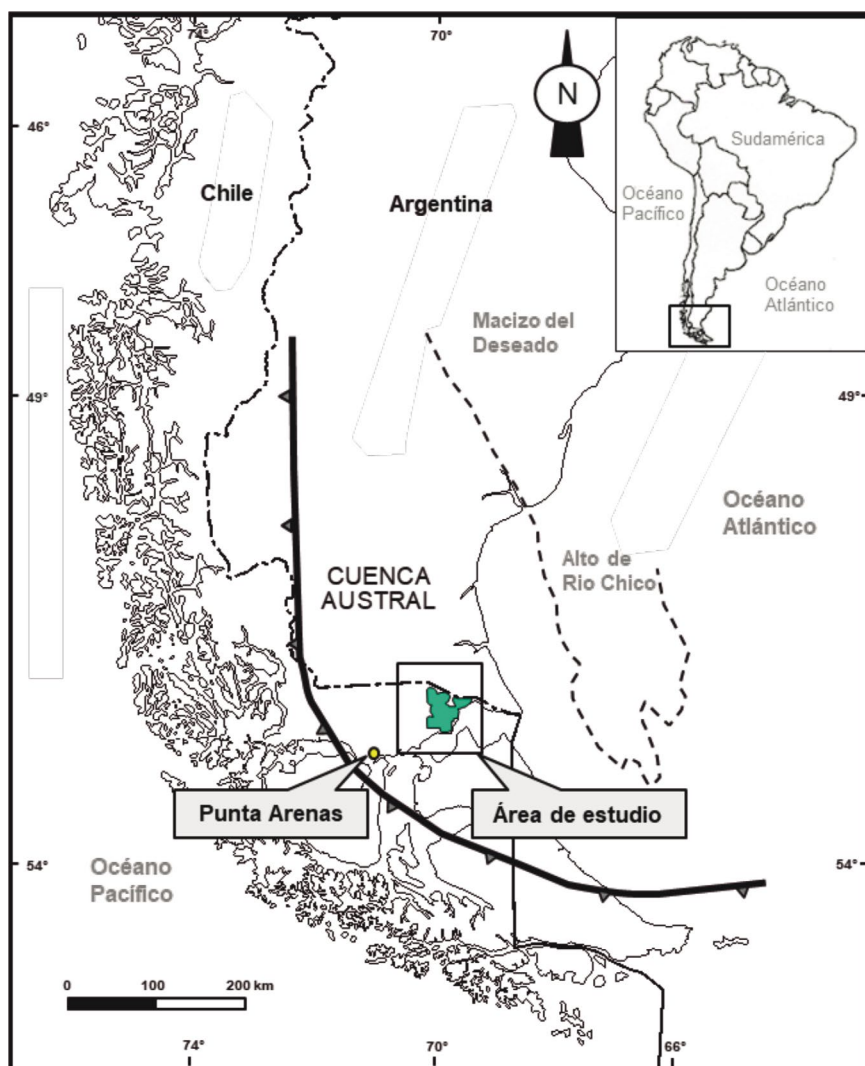


Figura 1. Mapa de ubicación del bloque Fell en la Cuenca de Magallanes, en el extremo sur de Chile.

futuros prospectos. A tal efecto se llevó a cabo una interpretación interdisciplinaria con 3 escalas de trabajo: sísmica, perfiles eléctricos y testigos coronas. Esta contribución permite establecer un modelo sedimentario de transición de un sistema fluvial a un ambiente estuarino dominado por mareas. Las principales facies reservorio se asocian a los depósitos basales vinculados a canales fluviales con fuerte influencia de marea. Se observa una buena correlación con anomalías de baja impedancia acústica permitiendo mapear arealmente la distribución de las facies reservorio.

GEOLOGÍA GENERAL

La Cuenca Austral, también conocida como Cuenca de Magallanes, abarca aproximadamente 230.000 km² del extremo sur del continente americano, en el área continental y costa afuera, de los territorios argentino y chileno. Está limitada al oeste por los Andes Patagónicos y al este por el Alto Rio Chico, el cual representa la continuación sur del Macizo del Deseado. La evolución y desarrollo de la cuenca se subdivide en tres etapas: 1) rift, 2) hundimiento termal (sag phase) y 3) antepaís (Biddle et al., 1986; Robbiano et al., 1996)

La etapa de rift se desarrolla en dos fases principales relacionadas a la ruptura de Gondwana. La primera, representada por el Complejo El Quemado tiene lugar durante el Jurásico medio y afectó principalmente al Macizo del Deseado. La otra fase se relaciona al volcanismo ácido que se desarrolló en el Jurásico tardío y estaría vinculada a la instalación de la cuenca marginal de Rocas verdes, producto de la apertura del mar de Weddell en el sector suroeste de la cuenca. El tectonismo extensional de este periodo generó grabenes y hemigrabenos rellenos por depósitos lacustres, volcánicolacustres, volcánicos y volcaniclásticos interdigitados por sedimentación epiclástica (Rodríguez y Miller, 2005).

La etapa de hundimiento termal se inicial en el Titoniano (?) hasta el Barresiano-Barremiano, con el detenimiento de la actividad tectónica dando comienzo al periodo de “sag”, donde se desarrollan los depósitos transgresivos de la Formación Springhill (Rodríguez y Miller, 2005). Esta unidad conforma una típica arenisca basal transgresiva con un diseño de tipo “backstepping” controlada por fluctuaciones de baja frecuencia del nivel del mar (Biddle et al. 1986).

La etapa de antepaís se compone de varias fases que dan origen a múltiples cuencas de antepaís. La paleogeografía de Sudamérica cambió drásticamente durante el Cretácico, iniciando con el tectonismo y flexura cortical causada por el alzamiento de los Andes Australes y el apilamiento tectónico producto del cierre de la cuenca de Rocas Verdes (Gallardo 2014). Dicha actividad se extiende desde el Cretácico (Aptiano) al Cenozoico, con varios pulsos, donde la deformación y los depocentros migran del suroeste al noreste con el tiempo. Consecuentemente, se desarrollan numerosas megasecuencias transgresivas-regresivas controladas por tectonismo regional o cambios globales del nivel del mar (Arbe y Fernandez Bell Fano, 2002), (Fig. 2).

Desde el punto de vista estructural, el área de estudio se encuentra ubicada en la zona

intermedia de la cuenca, constituye el quiebre hacia la zona profunda y se caracteriza por una mayor estructuración en bloques, que se vincula a la reactivación de las fallas de los grabenes y hemigraben jurásicos (Rodríguez y Miller 2005). En la zona de trabajo se observan claras estructuras por inversiones tectónicas que afectan tanto al basamento como a la cobertura sedimentaria y constituyen las trampas de hidrocarburo más importantes en el área.

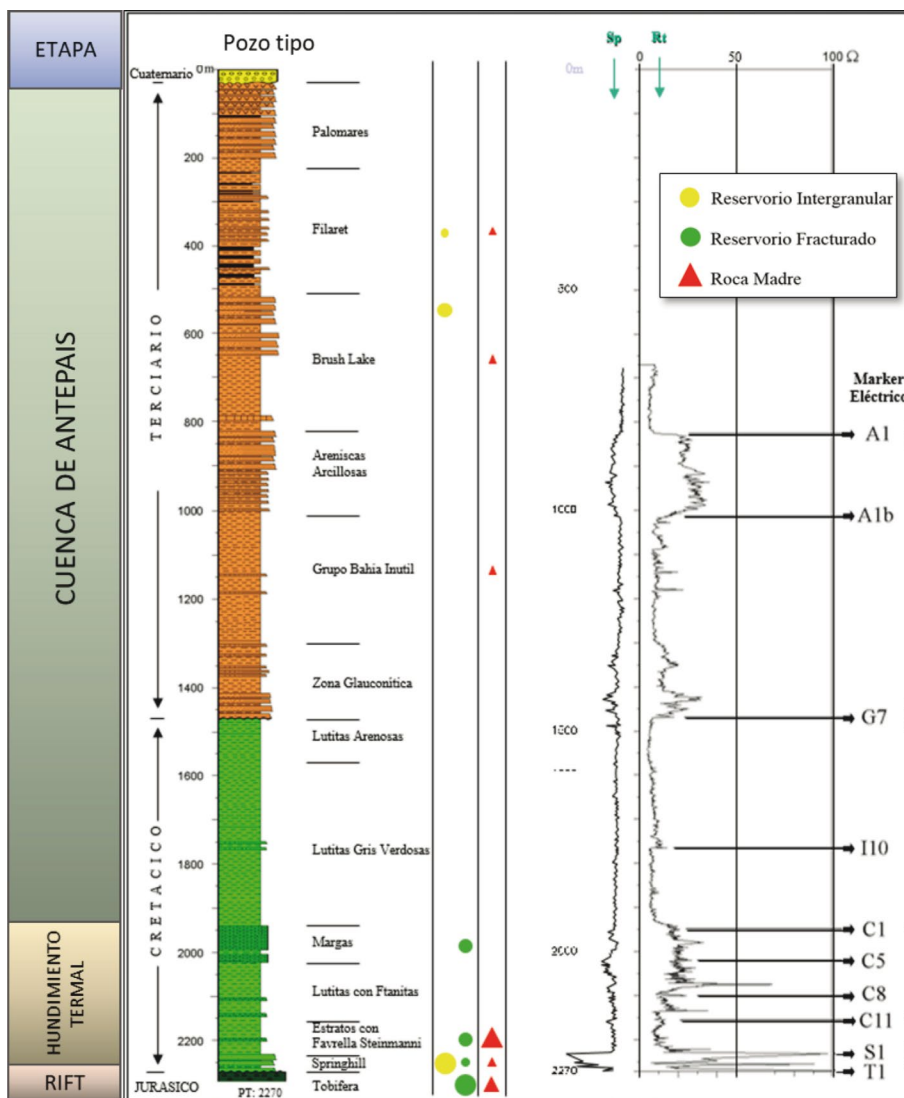


Figura 2. Columna estratigráfica y perfil tipo en la zona del Bloque Fell, Chile.

METODOLOGÍA

Se analizó la información de 16 pozos con perfiles eléctricos, descripciones de cutting y datos de ensayos, y se describieron 95 m de testigos coronas convencionales extraídos de 4 pozos (Fig 3). En las coronas se reconocieron distintos tipos de litologías, rasgos texturales, espesores de

capas, estructuras sedimentarias o biogénicas y tipos de contactos. Se identificaron 18 facies y 3 asociaciones de facies principales. Los testigos fueron calibrados con los correspondientes pozos mediante perfiles eléctricos como Gamma Ray, Potencial Espontáneo, Densidad, Resistividad y otros perfiles interpretados. Los perfiles eléctricos junto con los testigos se utilizaron para correlacionar, delimitar unidades y definir variaciones laterales de facies, las cuales se extrapolaron a los pozos sin datos de coronas, construyendo múltiples secciones estratigráficas. Estas correlaciones se validaron con las descripciones litológicas del control geológico de los pozos sin coronas.

Posteriormente se integró la información de perfiles y coronas con los datos sísmicos. Se utilizó un cubo sísmico PSTM y un cubo de impedancia acústica que cubren el 100 % del área de estudio. Mediante la calibración sísmica se identificaron y mapearon los horizontes correspondientes al tope y a la base de la Formación Springhill. Finalmente, a partir de la correlación hallada entre las características de los pozos (espesores y porosidad) con la impedancia acústica, se generó una distribución areal de los depósitos silicoclásticos basales de la Formación Springhill.

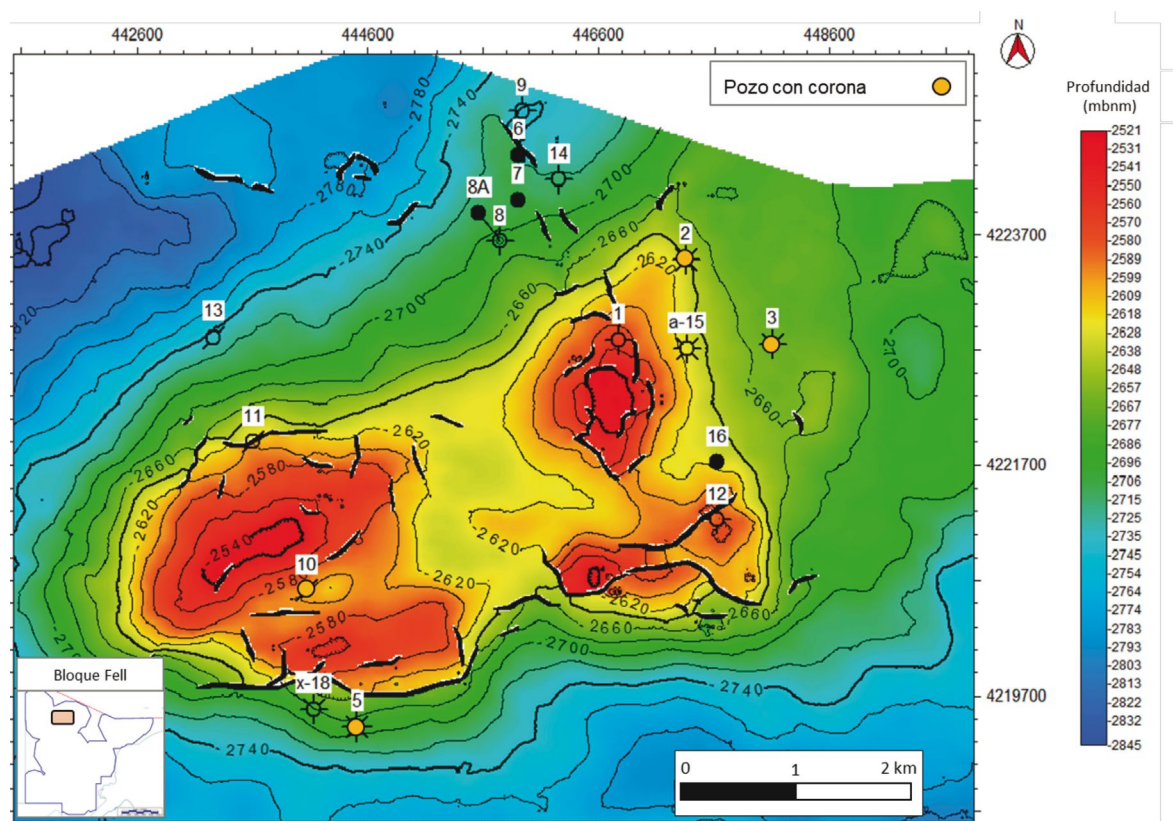


Figura 3. Mapa estructural de Formación Springhill del área de estudio en el bloque Fell, Chile. Identificación de los pozos con testigos coronas y pozos complementarios utilizados para el análisis.

DESCRIPCIÓN DE FACIES Y ASOCIACIONES DE FACIES

En los testigos corona se reconocieron cinco superficies principales (1 a 5), de las cuales tres (2, 4 y 5) separan las tres asociaciones de facies aquí propuestas. En líneas generales, se observa un arreglo transgresivo, dependiendo del espacio de acomodación disponible, se desarrollan las unidades basales identificadas como fajas de canales con influencia de mareas (asociación de facies A). Luego se le sobrepone la asociación de facies de interior de estuario (B) y finaliza con la asociación facies de shoreface a plataforma somera (C).

Asociación de facies de canales fluviales influenciados por marea (A)

Se compone principalmente de las facies de areniscas gruesas entrecruzadas (P6) y areniscas finas ondulíticas (P4) y, en menor proporción, se describen facies de areniscas finas bioturbadas (P3) y fangolitas carbonosas (P2) (Fig 4 y 5). Los cuerpos arenosos de la presente asociación de facies se caracterizan por poseer buenas a excelentes propiedades petrofísicas, con valores de porosidad entre 16 y 21 %, desarrollados en la base de la Formación Springhill.

Facies	Faja de canales influenciados por marea				Interior de Estuario				Plataforma somera			
	Di.-2	Di.-3	Di.-5	Di.-10	Di.-2	Di.-3	Di.-5	Di.-10	Di.-2	Di.-3	Di.-5	Di.-10
M4												
M3												
M2												
P6												
P6(<)												
P6**												
P5												
P4												
P4*												
P3												
P2												
P2*												
P2**												
P1												

Figura 4. Cuadro de registro de facies interpretadas por pozo, junto con la correspondiente asociación de facies.

Facies de areniscas gruesas entrecruzadas (P6)

Descripción: areniscas gruesas entrecruzadas (planar, artesa y cruzada de bajo ángulo). Láminas de materia orgánica. Clastos carbonosos y arcillosos en láminas y bases de sets. Masivas en granulometría muy gruesa. Escasa bioturbación, predominante en los topes de los ciclos. Se observan raíces, Ophiomorpha y Skolithos. Escasos Arenicolites y Diplocraterion.

Se reconoció esta facies en los pozos Di.-2, -3 y -5. Los espesores varían entre 2 y 7 m.

Interpretación: las bases netas y erosivas, y las tendencias granodecrecientes son evidencia de depositación en canales.

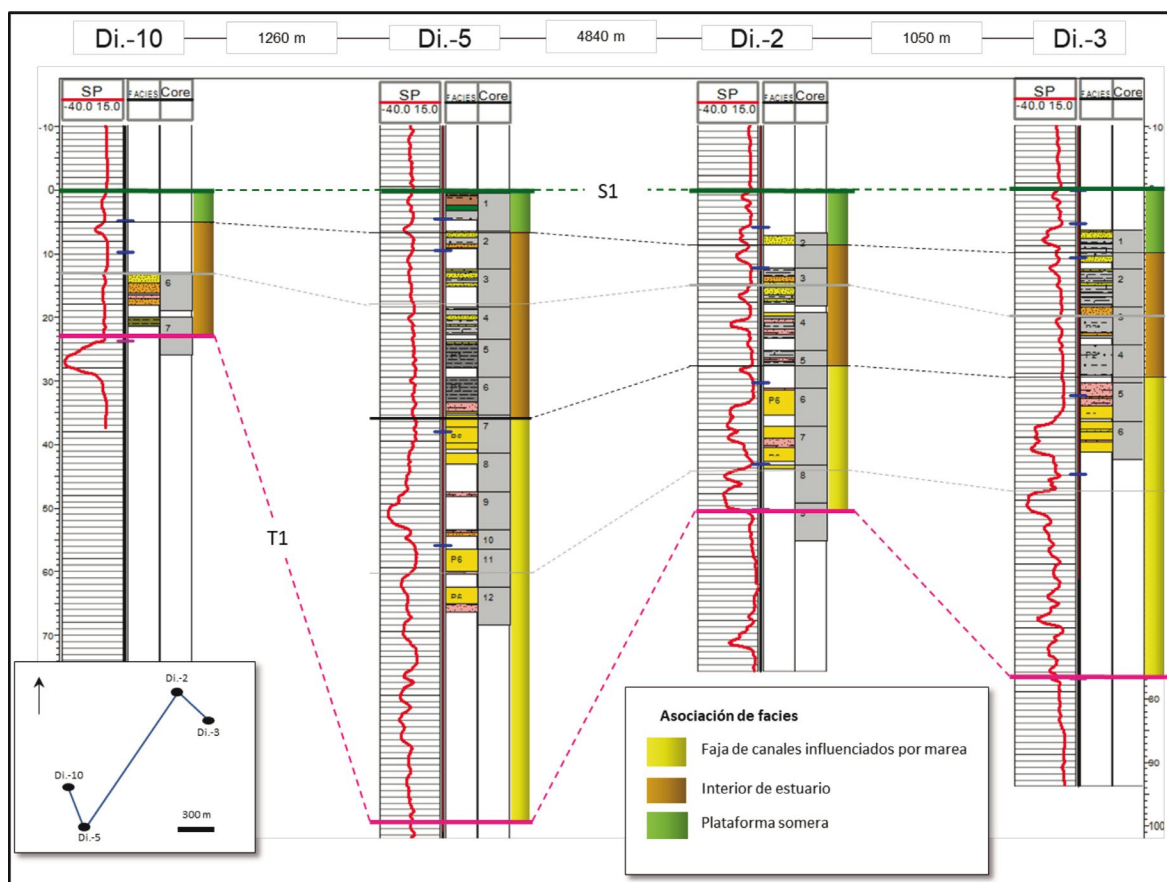


Figura 5. Sección estratigráfica horizontalizada al tope de la Formación Springhill (S1) de los pozos que presentan datos de testigos corona. Esquema de localización conceptual de las facies y asociaciones de facies para cada pozo. Tope de Serie Tobífera (T1).

Facies de areniscas finas ondulíticas (P4)

Descripción: areniscas finas a medias, limosas, bioturbadas. Color gris. Laminación fina (wispy) y fábrica moteada. Relictos de estratificación ondulítica y entrecruzada de escala duna. Marcas de raíces en los topos. Son comunes los Ophiomorpha y Diplocraterion. También se observan Arenicolites, Skolithos y Teichichnus.

Interpretación: crevasses submareales o canales distributarios y crevasse splays proximales. Se interpretan canales de marea menores de diseño meandriforme.

Facies de areniscas finas bioturbadas (P3)

Descripción: areniscas grises muy finas a finas, limosas. Presencia de piritita. Laminación fina y fábrica moteada. Comunes a escasas raíces. Tubos horizontales: Rhizocorallium, Teichichnus, Thalassinoides, Ophiomorpha, Diplocraterion.

Interpretación: se desarrolla en todos los pozos, pero con poco espesor. Marcaría el avance de lóbulos de crevasse de deltas de cabeza de estuario, las barras de mejor preservación se habrían formado en la boca de canales fluviales.

Facies de fangolitas carbonosas (P2)

Descripción: fangolitas carbonosas con abundante materia orgánica. Laminadas milimétricas o bioturbadas (tubos horizontales indeterminados). Capas de milímetros a centímetros.

Interpretación: el proceso dominante fue la decantación. Las marcas de raíces y la presencia de restos carbonosos y de plantas evidencian exposición subaérea en un medio con vegetación. Estos rasgos son típicos de los pantanos (marjal) y bahías interdistributarias en áreas supramareales e intermareales. Los delgados niveles de areniscas representan fenómenos de inundación episódicos. Pantanos y bahías interdistributarias.

Asociación de facies de interior de estuario (B)

Se compone de una gran variedad de facies, pero a fines prácticos y descriptivos se engloban todos dentro de la asociación de Interior de estuario. Las facies que la componen poseen rasgos en común, como estructuras sedimentarias producto de la acción de las mareas, alto porcentaje de cuarzo en su composición y recurrentes pelitas carbonosas. Las facies principales son areniscas finas bioturbadas (P5), areniscas finas ondulíticas (P4), areniscas finas bioturbadas (P3), fangolitas carbonosas (P2) y fangolitas carbonosas con clastos gruesos (P2*). Pueden presentar aisladas facies de areniscas medias entrecruzadas de menor escala (P6<), arcilitas negras (P1) y fangolitas negras bioturbadas (M2) (Fig 4).

Facies de areniscas medias entrecruzadas de menor escala (P6<)

Descripción: areniscas de similares características texturales de la facies P6 pero con entrecruzamiento de menor escala, representada en el pozo Di-3.

Interpretación: la facies P6< reconocida en el pozo Di.-3 marca un mayor desarrollo de dichos canales, pero de forma local. Se vinculan con canales distributarios, crevasse splay y canales de marea menores.

Facies de areniscas medias bioturbadas (P5)

Descripción: areniscas finas a medias, limosas, bioturbadas, de color gris. Laminación fina y fábrica moteada. Relictos de estratificación ondulítica y cruzada de escala duna. Marcas de raíces en los topos. Ophiomorpha y Diplocraterion, comunes. Arenicolites, Skolithos y Teichichnus.

Interpretación: las bases netas y en parte erosivas junto con las tendencias granodecrecientes son evidencia de depositación de corrientes tractivas canalizadas. El reducido espesor de las facies indicaría que se trata de canales pequeños. Los términos más finos con marcas de raíces son el resultado del abandono de los canales y la posterior colonización por plantas.

Facies de areniscas gruesas masivas con glauconita y belemnites (P6)**

Descripción: areniscas gruesas masivas de colores verdosos con glauconita. Pobre selección. Presenta líticos gruesos. En Di-3: sobre Glossifungites.

Interpretación: se la interpreta como una arena basal transgresiva. En el pozo Di.-3 se reconoció una sucesión de facies de P5 a P6**, cuyo contacto está dado por la presencia de la ichnofacies de Glossifungites, característica de discontinuidades erosivas (MacEachern & Pemberton, 1994), ya sea superficies de “ravinement” o límites de secuencias (Limeres et al 2000).

Facies de areniscas finas bioturbadas (M4)

Descripción: areniscas limosas finas y muy finas, comúnmente verdes. Laminación wispy y fábrica moteada. Belemnites, Chondrites, Planolites, Terebellina, Rhizocorallium, Teichichnus, Asterosoma y Rosselia. En el pozo Di.-5, asociada con M3 y M2. Trazas diversas, glauconita.

Interpretación: la litología dominante y la intensa bioturbación sugieren el desarrollo de depósitos arenosos de plataforma somera (shoreface) baja a media.

Facies de areniscas muy finas bioturbadas (M3)

Descripción: areniscas limosas finas y muy finas, comúnmente verdes. Laminación wispy y fábrica moteada. Se observan Belemnites, Chondrites, Planolites, Terebellina, Rhizocorallium, Teichichnus.

Interpretación: la litología dominante y la intensa bioturbación representan el desarrollo de depósitos arenosos de plataforma interna a shoreface bajo.

Facies de fangolitas negras bioturbadas (M2)

Descripción: arcilitas y arcilitas limosas. Masivas y fábrica moteada. Capas de mm a cm. Presenta Belemnites, Chondrites, Planolites, Terebellina.

Interpretación: por su granulometría fina, génesis por decantación y fauna marina (belemnites), pero con ocasionales clastos limosos, se la vincula al área de plataforma interna.

Facies de fangolitas carbonosas con glauconita (P2)**

Descripción: fangolitas carbonosas con glauconita dispersa. Masivas o con laminación irregular. Intercala con areniscas muy finas con lámina paralela.

Interpretación: descriptas en el pozo Di.-5, estas fangolitas carbonosas se interpretan como el sector de transición entre los pantanos y las bahías cercanas al ambiente marino. Dada la presencia de glauconita (Odin 1985) se la asocia al subambiente de plataforma, pero también podría ubicarse en las unidades estuarinas.

MODELO DEPOSITACIONAL

La asociación de facies A se interpreta como relleno de canales fluviales con influencia mareal, cercanos del límite de acción de marea. Cabe destacar que las coronas no alcanzan la base de la Formación Springhill, lo que sugiere la posibilidad que exista un carácter propiamente fluvial en los depósitos inferiores, pasando gradualmente a sub-ambientes con interacción mareal. Al caracterizarse por una génesis fluvial, posee rápidos cambios laterales de espesores (20 a 50 m), pasando de potentes cuerpos arenosos a áreas sin depositación (paleo-altos relativos?). Esta característica les confiere un desarrollo localizado a las áreas de bajos estructurales al momento de la depositación de la formación. La producción de gas y petróleo de los pozos en la zona de estudio se concentra en su totalidad en dicha asociación de facies.

Los cortes estratigráficos interpretados (Figs 7 y 8) muestran la arquitectura de la Formación Springhill como resultado de la integración vertical y lateral de las facies y asociaciones de facies descritas. En el flanco este de la estructura, se observa como el pozo Di.-1 representó un alto topográfico al momento de la depositación de la Formación Springhill. Asimismo, 600 m. al este, el pozo Di.-15 desarrolla potentes bancos arenosos basales (asociación de facies A), seguidos verticalmente por secuencias con mayor participación arcillosa (asociación de facies B). Debido a los rápidos cambios laterales en las facies, esta sección podría orientarse en forma transversal de los cuerpos fluviales en cuestión (Fig 7).

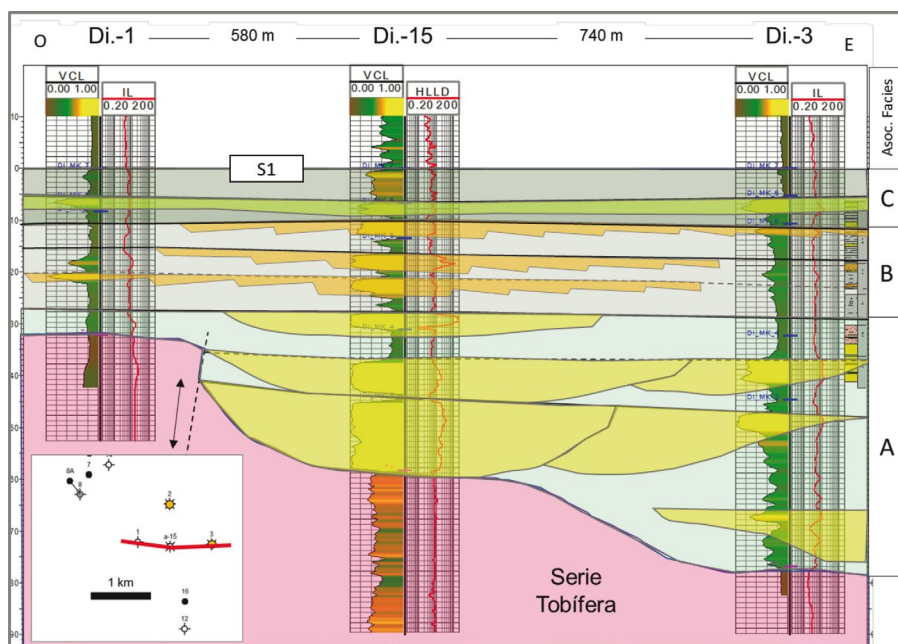


Figura 7. Sección estratigráfica interpretada del flanco este de la estructura que muestra el arreglo sedimentario de la Formación Springhill y extensión vertical de las asociaciones de facies interpretadas.

La asociación de facies B está representada en todos los pozos y posee una distribución continua a lo largo de toda la estructura, con espesores entre 15 a 50 mts, dependiendo de la ubicación. Se caracteriza por una depositación mixta entre flujos de tracción bidireccionales y decantación, típico de ambientes con acción mareal. Dada la amplia variedad de facies que compone a dicha asociación, representa una gran variedad de subambientes. En general las unidades arenosas/limosas son producto de la progradación y agradación de formas de lecho lobulares, como es el caso de los crevasse splay, pero también se reconocieron formas canalizadas de menor jerarquía como en el caso del pozo Di.-2.

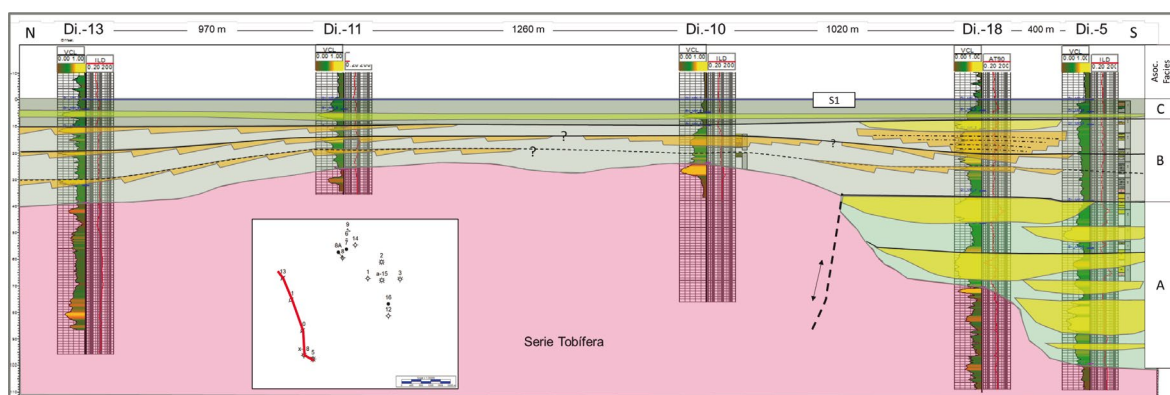


Figura 8. Sección estratigráfica interpretada del flanco oeste de la estructura que muestra el arreglo sedimentario de la Formación Springhill y extensión vertical de las asociaciones de facies interpretadas.

La asociación de facies C, marca una abrupta profundización del ambiente estuarino a marino. Esta transición estaría representada por superficies erosivas y por trazas fósiles de la Ichnofacies Glossifungites (superficie de inundación marina?). Los depósitos cubren toda la paleo-topografía, probablemente en forma diacrónica en función de los distintos relieves al momento de la inundación. Para el área de estudio no se reconocieron unidades arenosas de espesor considerable, pero en otros sectores del bloque se desarrollan facies de importantes bancos arenosos con excepcional calidad de reservorio.

A partir de la información analizada se interpreta, que en el área de Dicky, se habría desarrollado un ambiente de transición del sistema fluvial a estuarino dominado por mareas, con una leve participación de oleaje (Fig 9). Los depósitos basales muestran en parte el desarrollo de canales fluviales-mareales, en los pozos Di.-15, Di.-2 y Di.-18, mientras que los pozos Di.-3 y Di.-5 se posicionan en este mismo subambiente pero alternando con depósitos de llanuras costeras que le reducen la proporción arenosa. En el sector norte del área, los pozos exhiben aislados bancos arenosos, los cuales correspondería a canales de menor jerarquía.

Los depósitos que se le superponen al sistema fluvial, muestran las típicas variaciones de energía en las áreas centrales del estuario, desarrollando alternancia de sedimentos originados por corrientes tractivas y decantación. En este caso, migraciones de barras de marea, lóbulos

de crevasses y canales de marea menores, junto con los bancos de fangolitas carbonosas son los depósitos característicos de dicho subambiente. Los depósitos que sobreyacen al conjunto estuarino, son parte de la transgresión final que inundó este sector de la cuenca. Desarrollando bancos arenosos marginales con la característica presencia de glauconita. En este sector, la acción del oleaje cobra mayor importancia y es el mecanismo que mayor energía aporta al sistema. Finalmente, las fangolitas negras se imponen en el ambiente de plataforma. Los antecedentes en la cuenca describen muchos casos de desarrollo de sistemas estuarinos en valles incisos (Schwarz et al 2011). Sin embargo, a pesar de existir una topografía que posibilite el desarrollo de dicho ambiente, no se reconocen depósitos puramente fluviales con macado carácter erosivo. No obstante, no se descarta dicha hipótesis.

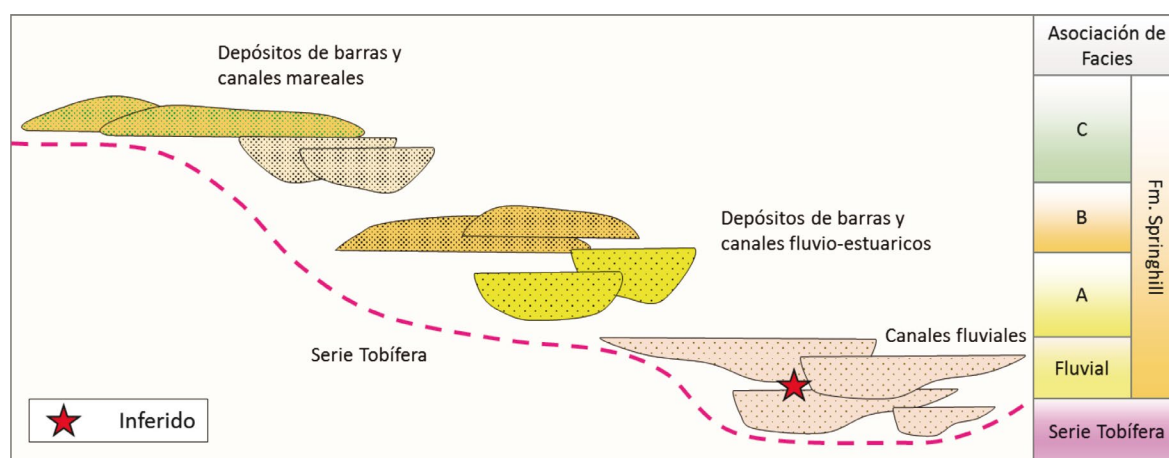


Figura 9. Esquema de distribución vertical de asociaciones de facies de la Formación Springhill (modificado de Sotelo et al 2005). Las facies puramente fluviales no están presentes en esta zona.

INTERPRETACIÓN Y ATRIBUTOS SÍSMICOS

La interpretación y atributos sísmicos representan la tercera rama de trabajo. Se realizó una interpretación sísmica convencional del cubo PSTM y calibrando los pozos con la sísmica se reconocieron los límites formacionales (Serie Tobífera, Springhill y Estratos con Favrella), Fig 10, A. La identificación de altos topográficos al momento de la depositación de la Formación Springhill, es crucial para entender el patrón de apilamiento y distribución de los depósitos. Para lo cual, se generó un mapa isocronopáquico entre el tope de Springhill y la Serie Tobífera, calibrando dicho mapa con los espesores de Springhill obtenidos de los pozos (Fig 11, A y B). Se observó relación lineal y un factor de correlación de $R^2=0.9$ entre el espesor en tiempo y el espesor Springhill calculado por perfiles, validando el mapa isocronopáquico.

Simultáneamente se realizó un cubo de impedancia acústica post-stack, basado en un modelo generado a partir de datos de pozos. Para el modelo se utilizaron pozos con variados espesores

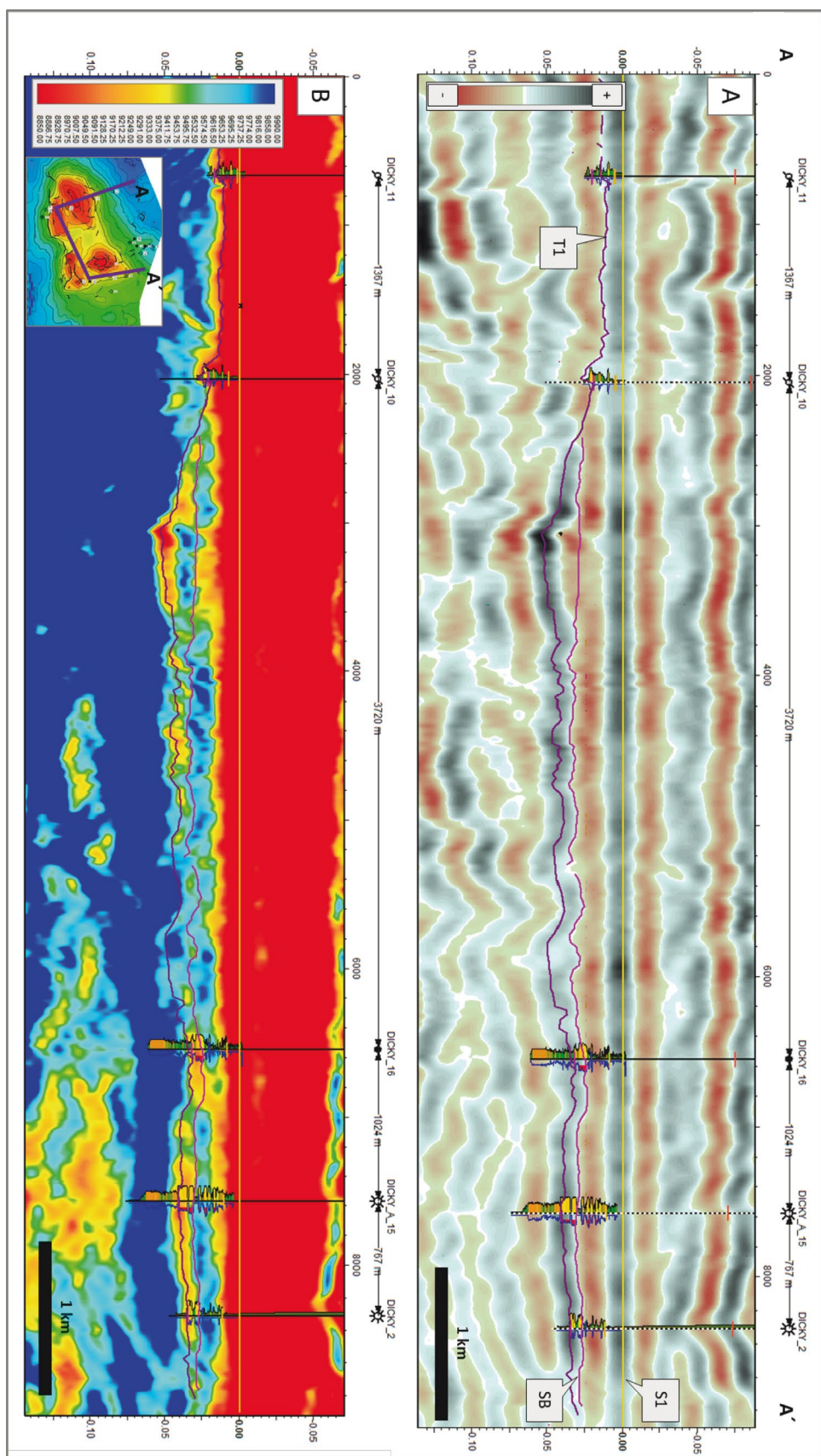


Figura 10. A-Corte regional horizontalizado al tope de la Formación Springhill (S1) en sísmica convencional PSTM. B- Mismo corte regional con el atributo de impedancia acústica. Horizontes interpretados: tope Formación Springhill (S1), tope secuencias Basales de Springhill (SB) y tope Serie Tobífera (T1).

de Fm Springhill, con el propósito de recrear fehacientemente las diferencias laterales de espesor. En primera instancia, al calibrar los registros de pozo y asociaciones de facies, con el cubo de impedancia, se observó una buena correlación visual entre los depósitos de la asociación de facies A y anomalías de bajas impedancia acústica (Figura 10, B). Cuando los pozos presentan desarrollo de la secuencia basal arenosa (asociación facies A) se observan geocuerpos de baja impedancia subaralelos al tope de la Fm Springhill. En cambio, estas anomalías no tienen representación cuando los pozos no desarrollan las facies basales en cuestión.

Para estimar la relación entre los cuerpos arenosos y las anomalías de baja impedancia, inicialmente se verificaron las relaciones cuantitativas entre los datos de perfiles de pozos. El grafico entre la porosidad e impedancia acústica calculados por perfiles muestra una marcada

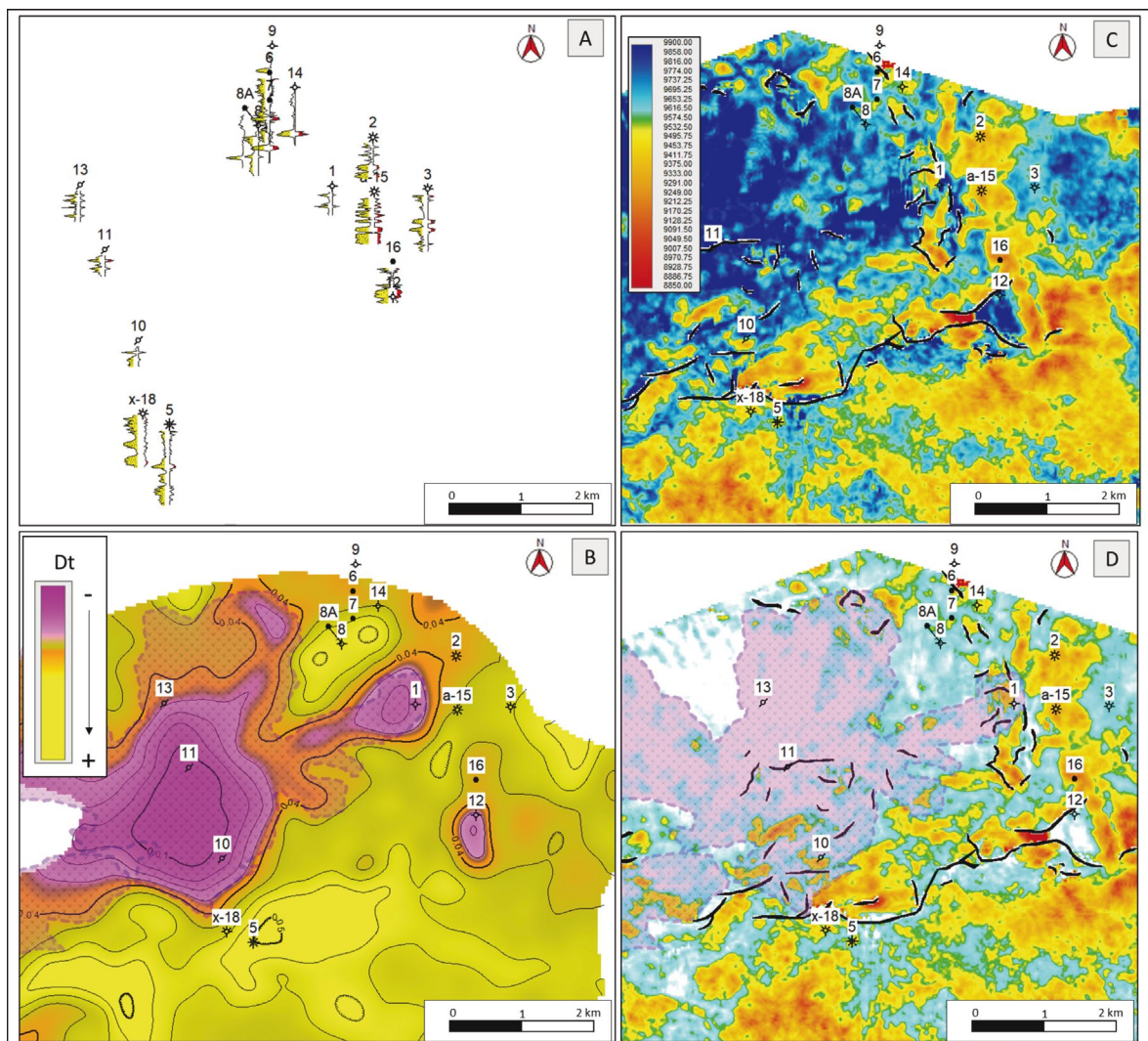


Figura 11. A- Mapa de perfiles mostrando la distribución de espesor de la Formación Springhill en el área de estudio. B- Mapa isocronopáquico entre el tope de Springhill (S1) y el tope de la Serie Tobífera (T1). El polígono violeta muestra las zonas con menor diferencia de tiempo (menor espesor de Springhill). C- Mapa de impedancia acústica extraída en una ventana de 20 milisegundos por debajo del tope de la Secuencia Basal de Springhill (SB). D- Mapa combinado entre la impedancia acústica del mapa C y el polígono que caracteriza la zona con menor desarrollo de la Fm Springhill del mapa B.

relación lineal (Fig 12, A), donde un incremento en la porosidad produce una reducción de la densidad y, por consiguiente, una reducción de la impedancia acústica.

Por otro lado, se generaron gráficos de interrelación entre porosidad y espesor neto de reservorio basal (NetRes) extraídos de la interpretación de perfiles frente a valores de impedancia acústica extraídos del cubo sísmico, correspondiente en una ventana de 20 milisegundos desde el tope de la Secuencia Basal de Springhill (SB) (Fig 12, B). En los gráficos se destacan la relación entre el NetRes multiplicado por la porosidad y los valores de impedancia extraídos para cada pozo. Estas correlaciones, por un lado, ratifican las observaciones obtenidas de los perfiles y, por otro lado, consolidan la relación entre las arenas de la Secuencia Basal de Springhill y las anomalías de baja impedancia acústica (Figura 10, B).

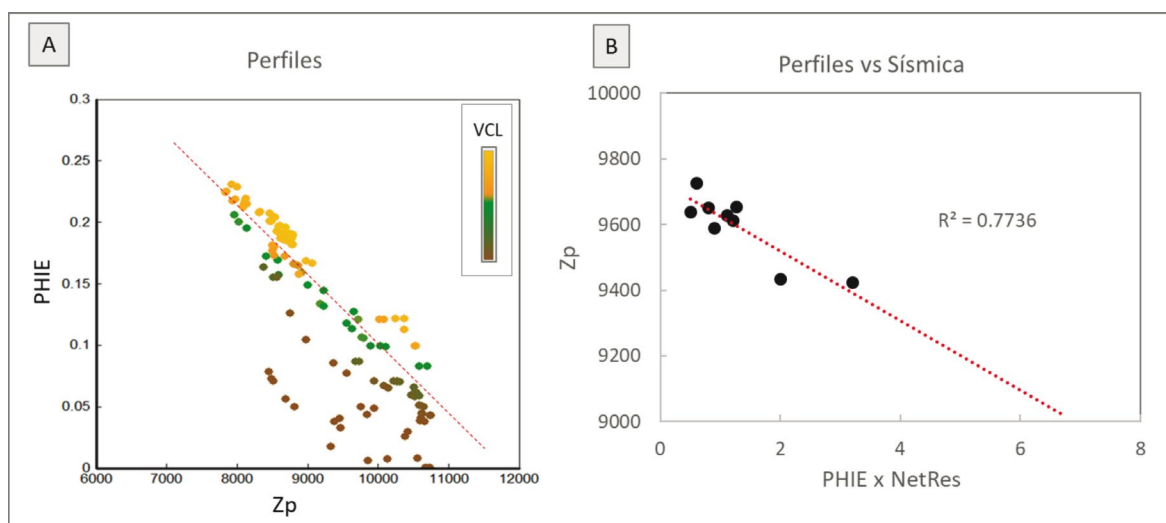


Figura 12. A-Crossplot entre porosidad efectiva (PHIE) e impedancia acústica (Zp) extraída de perfiles de la secuencia basal de Springhill del pozo Di.-16. B- Crossplot entre impedancia acústica (Zp) extraída de una ventana de 20 milisegundos por debajo del tope de la Secuencia Basal de Springhill (SB) y el cociente entre la porosidad efectiva (PHIE) y el espesor neto de reservorio (NetRes) de la secuencia basal para cada pozo de la estructura de Dicky.

MODELO EXPLORATORIO

El análisis e integración de la información desarrollada en este trabajo aporta elementos críticos para la definición del modelo exploratorio. Previo a este trabajo, a partir de robustos datos de pozos, se demuestra que a medida que se asciende en la estructura (actual) de Dicky el espesor de la Formación Springhill disminuye drásticamente hasta alcanzar valor cero de espesor de reservorio. Sin embargo, el presente estudio muestra que existen regiones, que al momento del desarrollo de la formación Springhill correspondían a bajos relativos, donde se logró desarrollar la Secuencia Basal Arenosa. Y posteriormente, la deformación la llevó a posiciones estructurales más altas (Fig 13).

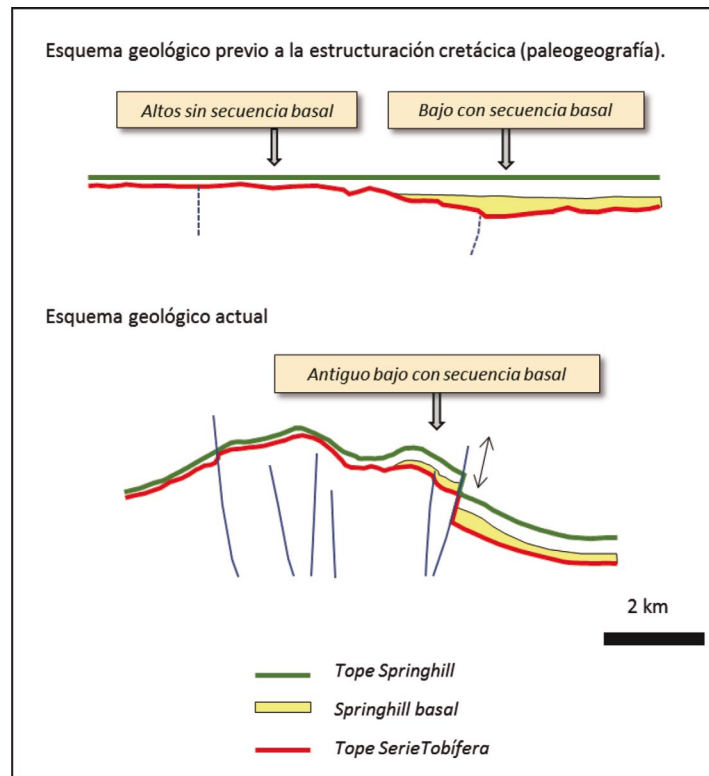


Figura 13. Modelo geológico esquemático de previo y posterior a la deformación post-depositación de la Formación Springhill.

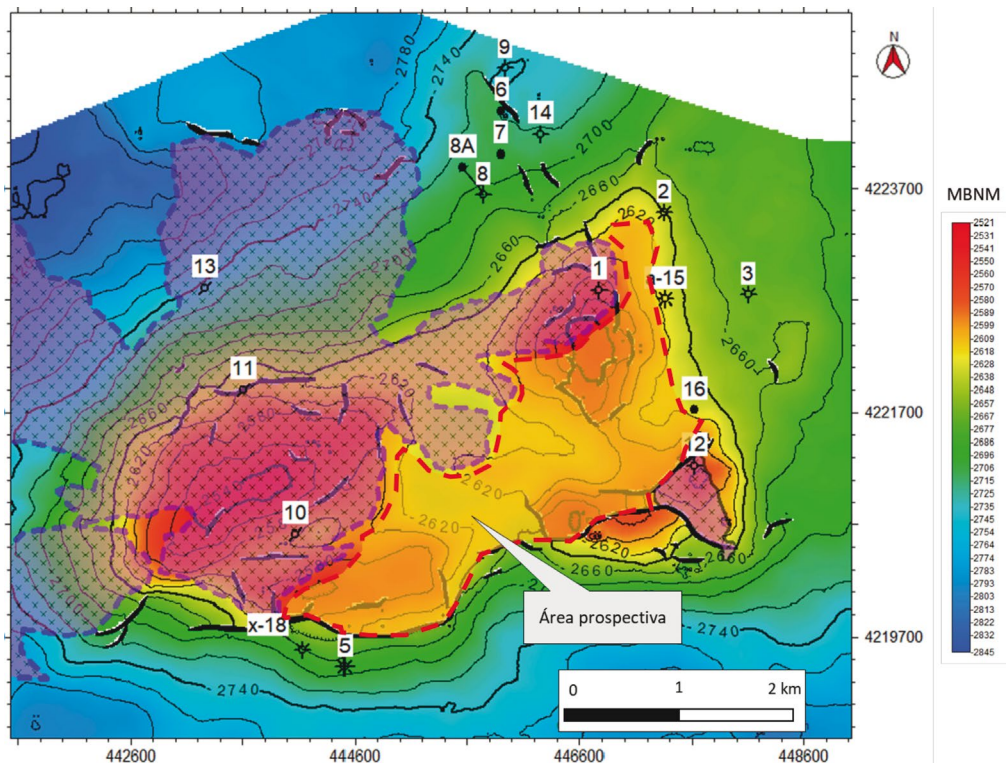


Figura 14. Mapa estructural de la Formación Springhill, destacando (polígono violeta) las regiones de paleo-alto al tiempo de depositación de la secuencia basal y el área prospectiva como resultado de la caracterización y distribución areal de las unidades arenosas.

CONCLUSIONES

La Formación Springhill en el área de Dicky, está integrada por depósitos de transición del sistema fluvial a estuarino dominado por mareas, con una leve participación de oleaje. Los depósitos basales muestran desarrollo de canales fluviales-mareales. En el sector norte del área, los pozos exhiben canales de menor jerarquía. A la secuencia basal, se le superponen depósitos de interior de estuario y finalmente, las fangolitas negras de plataforma somera.

Los rasgos sísmicos que caracterizan a la asociación de facies fluvio-estuarina y la interrelación con la impedancia acústica permiten determinar y caracterizar la distribución areal de estos depósitos arenosos. Para avanzar en esta caracterización se recomienda profundizar en modelos de impedancia acústica prestack, con el propósito de modelar los potenciales prospectos.

Finalmente, existen fuertes evidencias estratigráficas y sísmicas para presumir el desarrollo de la secuencia basal de Springhill en la parte alta de la estructura de Dicky, reduciendo considerablemente el riesgo de encontrar reservorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos agradecer a la Gerencia del área de Geociencias de GeoPark por haber permitido la publicación de este trabajo. Asimismo, a todos los integrantes del área de Geociencias que gracias a los constantes feedback permitieron que este trabajo alcance a cumplir con su propósito.

REFERENCIAS CITADAS

- Arbe, H.A. y F. Fernandez Bell Fano, 2002. Formación Springhill en el área costa afuera. En: Schiuma, M., Hinterwimmer, G., Vergani, G. (Eds.), Rocas Reservorios de la Cuencas Productivas Argentinas, pp. 75-89. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata.
- Biddle, K.T., M.A. Uliana, R.M. Mitchum, M.G. Fitzgerald and R.C. Wright, 1986. The Stratigraphic and Structural Evolution of the Central and Eastern Magallanes Basin, Southern South America. In P.A. Allen and P. Homewood (Eds.), Foreland Basins. International Association of Sedimentologists, Special Publication 8:41-61.
- Gallardo, R., 2014. Seismic sequence stratigraphy of a foreland unit in the Magallanes -Austral Basin, Dorado Riquelme block, Chile: Implications for deep-marine reservoirs. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. Vol. 21 (1): 49-64.
- Köhler, G. y F. Pangaro, 2011. La Fm. Springhill, Cretácico inferior de la cuenca Austral, Argentina. Un análisis integrado desde corona hasta sísmica y su impacto en los modelos exploratorios regionales. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 505-518.

- Limeres, M., G. Hinterwimmer, S. Blanco Ibáñez, E. Rodríguez, 2000. Modelo de facies de un complejo estuarino en una sucesión transgresiva: Formación Springhill, área La Tehuelche, Cuenca Austral, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 7: 73-97.
- MacEachern, J.A. y S.G. Pemberton, 1994. Ichnological aspects of incised-valley fill systems from the Viking Formation of the Western Canada Sedimentary Basin, Alberta, Canada. En R. Boyd, B. A. Zaitlin & R.W. Dalrymple (Eds.), *Incised-Valley Systems: Origin and Sedimentary Sequences*. Society of Economic Paleontologists & Mineralogists, Special Publication 51: 129-157.
- Odin, G.S., 1985. Significance of green particles (glaucony, berthierine, chlorite) in arenites. En G. G. Zuffa (Ed.), *Provenance of Arenites*. Dordrecht, D. Reidel: 279-307.
- Robbiano, J.A., H. Arbe and A. Gangui, 1996. Cuenca Austral Marina. En *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 17:323-341, Buenos Aires.
- Rodríguez, J. y M. Miller, 2005. Cuenca Austral. En *Frontera Exploratoria de la Argentina*. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 307-324.
- Schwarz, E., G.D. Veiga, L.A. Spalletti y J.L. Massaferro, 2011. The transgressive infill of an inherited-valley system: the Springhill Formation (Lower Cretaceous) in southern Austral Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology*, 28:1218-1241.
- Sotelo D. E., A.A López, E. Martínez, D. Pecuch, 2005. Entrampamientos de hidrocarburos en la formación Springhill en las Áreas de la concesión Tierra del Fuego, Cuenca Austral. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 521-539.

