

REINTERPRETACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN PAPAGAYOS. CUENCA CUYANA. PROVINCIA DE MENDOZA

Lorena Zabala¹, Luis Anzulovich¹, Licia Manacorda¹, Daniel Boggetti²,
José Ranalli², Leonardo Agulleiro Insúa²

1: YPF S.A. Gerencia de Exploración Cuencas Productivas, Buenos Aires, Argentina. lorena.zabala@ypf.com,
luis.anzulovich@ypf.com, licia.manacorda@ypf.com

2: PyT Consultora, Mendoza, Argentina. danielboggetti@pytconsultora.com.ar,
joseranalli@pytconsultora.com.ar, leonardoagulleiro@pytconsultora.com.ar

Palabras clave: Papagayos, modelo geológico, estratigrafía secuencial

ABSTRACT

Geological model re-interpretation of the Papagayos Formation, Cuyo Basin, Mendoza province.

Finding new exploratory projects in mature basins represents a challenge. In continental deposits like the Papagayos Formation this challenge is even bigger due the subseismic character of this reservoir. This paper introduces a new stratigraphic interpretation and an environmental characterization for the integrated section of the Papagayos and Divisadero Largo Formations at the Cuyo Basin in the Mendoza Province.

From the analysis of subsurface and outcrops data, lithofacies were defined, and then grouped into facies associations in order to determine the depositional environment developed over a previous volcanic topography.

The stratigraphic correlation has been done with a genetic point of view based on two variables: accommodation space (A) and sedimentary supply (S). The relationship between both, result in the interpretation of three decreasing A/S hemicycles and four increasing A/S hemicycles in the section of interest.

The environmental interpretation shows a NW – SE fluvial system, limited towards the west by the Punta de las Bardas High, developing pinchouts in the lower cycles while the sandstone thickness tend to be thicker in the eastern side. The upper cycles have regional extension covering the whole depocenter. The alluvial fans facies have a variable orientation with a W-E main axis. Finally the playa lake facies, with evaporites, are located mainly in the upper cycle of the sequence.

MARCO REGIONAL Y SISTEMA PETROLERO

La zona de estudio se encuentra en el oeste de Argentina, en la provincia de Mendoza en el ámbito de la Cuenca Cuyana (Figura 1). Esta cuenca se encuentra conformada por varios depocentros de polaridades opuestas que tienen su origen en un régimen de *Rift* producido durante

del Triásico Medio (Kokogian *et al.* 1993; Spalletti 2001; Zencich *et al.* 2005)

En el sector oriental de la Precordillera afloran las calizas cámbricas de la Fm Cerro Pelado y olistolitos cámbricos alojados dentro de pelitas ordovícicas de la Fm Empozada (Harrington 1961; Heredia y Gallardo 1996; Giambiagi *et al.* 2010). En discordancia sobre ellas se apoyan las metasedimentitas devónicas de la Fm Villavicencio (Harrington, 1941). Las rocas volcánicas del Pérmico Tardío al Triásico Temprano correspondientes al Gr Choiyoi (Rolleri y Criado Roque 1969) sobreyacen a las unidades paleozoicas. Todas constituyen el basamento de la cuenca.

El relleno sedimentario de la cuenca triásica estuvo dominado por ambientes continentales, desde abanicos aluviales que pasan a sistemas fluviales y lacustres (Spalletti *et al.* 2005). Los depósitos representados por las secuencias iniciales del rift, se conoce como Fm Río Mendoza (Borrello 1962) y Fm Cerro de Las Cabras (Borrello 1942).

La etapa de hundimiento térmico (*sag*) está constituida por niveles fluvio-lacustres de la Fm Potrerillos (Biondi 1936), y por los cuerpos lacustres de la Fm Cacheuta (Biondi 1936), la cual constituye la principal roca madre de la cuenca.

Durante el *postrift* la Fm Río Blanco termina por colmatar el cuerpo lacustre hasta la instalación definitiva de un sistema fluvial (Kokogian y Boggetti 1986; Kokogian y Mancilla 1989; Boggetti *et al.* 2002).

Desde el Triásico Tardío y hasta el Jurásico Medio no se generó espacio para recibir sedimentos.

Luego se comienza a generar una cubeta sobreimpuesta a la anterior, con una orientación ONO – ESE, que será colmatada por las capas rojas de la Fm Barrancas (Rolleri y Criado Roque 1970).

La actividad magmática, intrusiva y extrusiva, ha estado presente en casi todos los estadios de la cuenca. En el Cretácico Temprano alto, el magmatismo está representado por un evento extrusivo conformado por coladas de basaltos olivínicos, reconocidas como Fm Punta de las Bardas (Rolleri y Criado Roque 1970), que representa el sello regional.

Hasta el Eoceno la cuenca permanece como área de *by pass*. En ese momento una subsidencia muy suave permite la acumulación de sedimentos fluviales, eólicos y de *playa lake* de las Fms Papagayos y Divisadero Largo (Scolari *et al.*, 2002), previa al advenimiento del evento orogénico andino.

En el Mioceno comienza la etapa compresiva, que hunde los depósitos previos por debajo de una espesa cubeta de antepaís de hasta 5 km de espesor de sedimentos continentales de clima árido representado por las Fms Quebrada de los Saltitos, Mariño, La Pilona y Mogotes, con edades comprendidas entre el Paleoceno y el Pleistoceno Temprano (Groeber 1951; Rolleri y Criado Roque 1969; Cortés, 1993; Chiaramonte *et al.* 2002; Giambiagi *et al.* 2010).

Esta etapa continúa hasta el presente, y es la responsable del soterramiento que generó la maduración, expulsión, migración y entrapamiento del petróleo en la región occidental de la cuenca (Zencich *et al.* 2008).

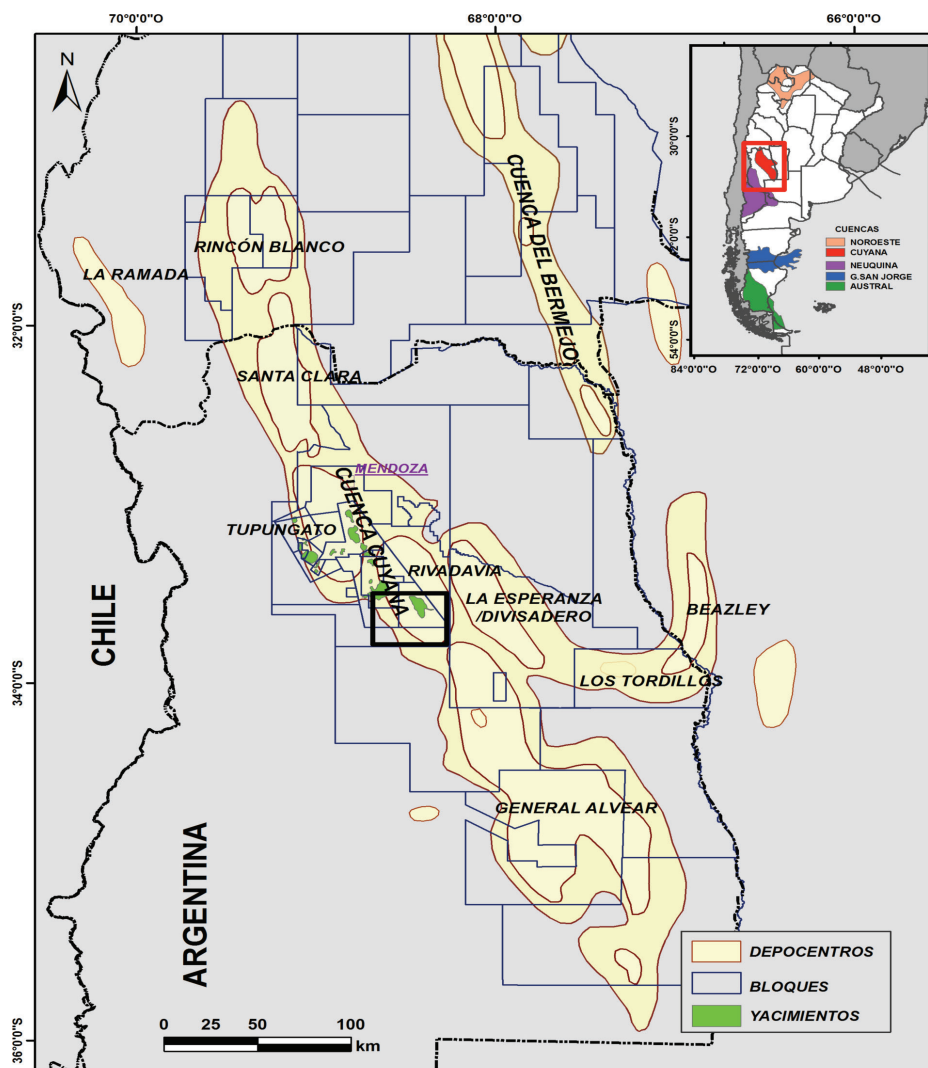


Figura 1. Ubicación de la Cuenca Cuyana. Depocentros (Stipanovic y Marsicano 2002) y Bloques legales. Zona de Estudio remarcada en negro.

En la Cuenca existen reservorios que van desde el Devónico al Cenozoico. Los reservorios Triásicos incluyen las arenas de las Fms Potrerillos, Cerro de Las Cabras y Río Blanco. La Fm Barrancas o Conglomerado Rojo Inferior (denominación informal) de edad Jurásica es el reservorio productor de los yacimientos de Barrancas, La Ventana, Río Tunuyán y Vizcacheras. La Fm Papagayos (Eoceno), es el principal reservorio en el yacimiento Vizcacheras, acumulaciones menores están incluidas en los depósitos eólicos del Mb. Areniscas Entrecruzadas (Fm Mariño) del Cenozoico y en los niveles marinos profundos metamorfozados de la Fm Villavicencio (Devónico).

Uno de los elementos favorables del sistema petrolero Cacheuta - Papagayos, es la roca reservorio (Figura 2), constituida por los depósitos fluviales, y de abanicos aluviales, que tienen excelentes propiedades petrofísicas.

La trampa, en los yacimientos conocidos, de tipo combinada, (estratigráfica-estructural) está conformada principalmente por las variaciones litológicas y cambios en la permeabilidad y porosidad de las rocas, asociada a una pendiente estructural.

El sello regional para los reservorios de la Fm Papagayos está constituido por arcilitas con niveles de anhidrita, que tienen gran continuidad lateral y un espesor promedio de 50 metros, ubicados en la Fm Divisadero Largo.

La principal roca generadora en la Cuenca Cuyana y por ende de este sistema petrolero es la Fm Cacheuta (Chebli *et al.* 1984), compuesta por pelitas lacustres de edad Triásica. Otras rocas generadoras, representadas por las facies lacustres equivalentes laterales de la Fm Potrerillos como, algunas internas de la Fm Cerro de Las Cabras, no están totalmente probadas (Zencich *et al.* 2008).

EDAD	FORMACION	LITOLOGIA	FASE TECTÓNICA	ROCA RESERVORIO	ROCA MADRE	ROCA SELLO	AMBIENTE SEDIMENTARIO	ESPESOR [metros]	TIEMPO [Ma]
CENOZOICO	PLIOCENO	MOGOTES	ANTEPAÍS				ALUVIAL	0-2000	2.0
		SERIE AMARILLA						0-400	8.7
		TOBAS GRISES SUPERIOR					Vulcanitas	0-100	8.9
		LA PILONA					SISTEMAS	0-250	11.7
		TOBAS GRISES INFERIOR					Vulcanitas	0-150	12.2
	MIOCENO	MARIÑO					ALUVIALES	800-1600	
		Mb. Areniscas Entrecruzadas						100-250	
		Mb. Divisadero Largo					Eólico/Fluvial	10-20	
	OLIGOCENO EOCENO	DIVISADERO LARGO					FLUVIAL	0-150	15.5
		PAPAGAYOS					FLUVIAL	0-100	60-40?
CRETÁCICO	TEMPRANO	PUNTA DE LAS BARDAS					BASALTOS	0-200	120-160
JURÁSICO	TARDÍO	BARRANCAS	POSTRIFT				ABANICOS ALUVIALES FLUVIAL Y BARREAL	0-160	
TRIÁSICO	RHAETIAN	RIO BLANCO	SAG				FLUVIAL		202
							DELTAICO	200-800	
	NORIAN	CACHEUTA	SYNRIFT II				LACUSTRE	40-450	
							DELTAICO	100-800	228
							PLANICIE ALUVIAL		232
	LADINIAN	LAS CABRAS Brecha Verde	SYNRIFT I				VOLCANICOS LACUSTRE	100-700	
							FLUVIAL		242
	SCYTIAN	RIO MENDOZA					ABANICO ALUVIAL	50-200	
									245
PALEOZOICO		BASAMENTO	PRERIFT						

Figura 2. Columna Crono Estratigráfica de la Cuenca Cuyana (modificada de Zencich 2008). Intervalo de Estudio remarcado en color rojo.

ANTECEDENTES Y ESTUDIOS PREVIOS

La Fm Papagayos de edad eocena se conoce como reservorio de interés desde el año 1963 cuando se comprueba la existencia de reservas de petróleo a partir del pozo YPF.Md.Vi.x-3 (Vizcacheras) situado a unos 80 km al sureste de la ciudad de Mendoza. Esta unidad litológica constituye el segundo reservorio en importancia en la Cuenca Cuyana, con una producción acumulada de petróleo en un solo yacimiento de 39 millones de m³.

Históricamente se ha subdividido al intervalo comprendido entre el basalto de la Fm Punta de las Bardas y el tope de la Fm Divisadero Largo con un criterio litoestratigráfico, sin tener en cuenta la cronoestratigrafía, es así que ha recibido diferentes nombres, algunos informales: Fm Papagayos, nivel permeable y Conglomerado Rojo Superior.

Desde su descubrimiento y durante la etapa del desarrollo del yacimiento (el sector que produce de la Fm Papagayos), la trampa fue interpretada como una cuña clástica con adelgazamiento hacia el oeste, ubicada por encima del basalto de la Fm Punta de las Bardas y por debajo de las pelitas de la Fm Divisadero Largo, quedando restringido el reservorio dentro de este “*pinchout*” (Scolari, *et al.* 2002).

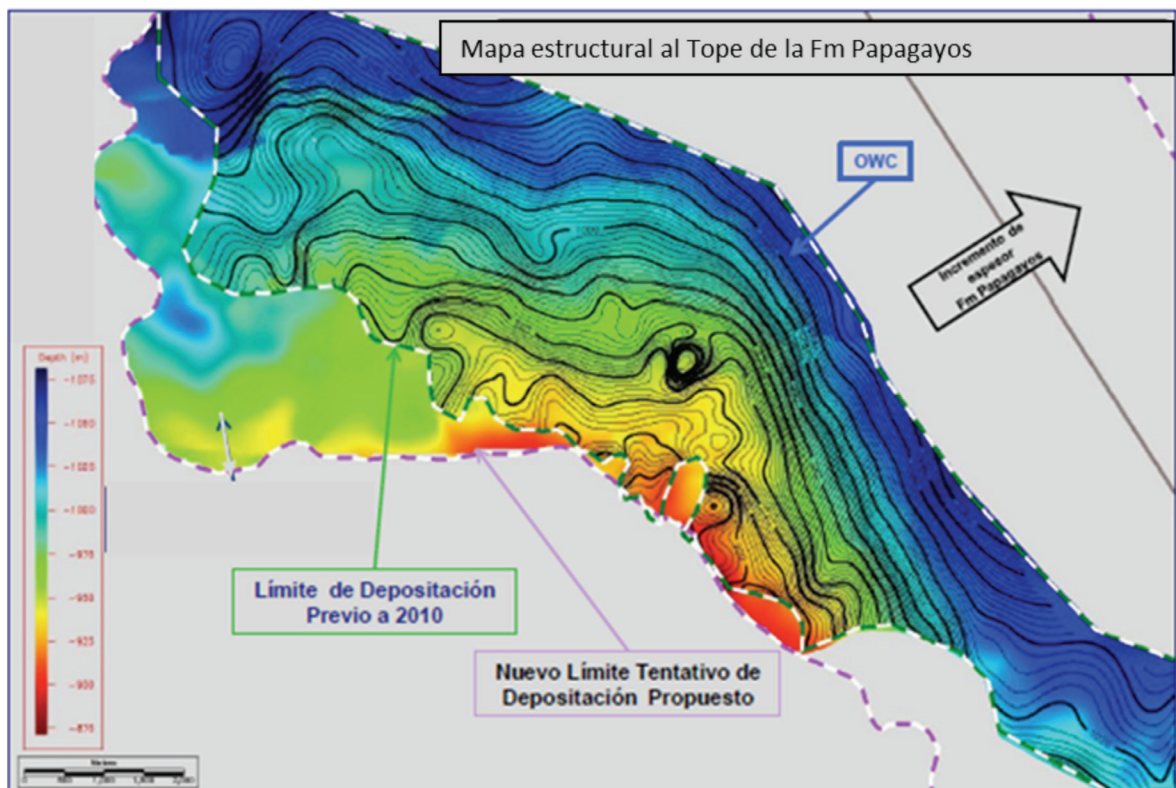


Figura 3. Mapa Estructural a partir de la sísmica al tope de la Fm Papagayos marcando los principales límites productivos del Yacimiento Vizcacheras para el desarrollo la Fm Papagayos (Jauregui, *et al.* 2011).

A partir de los trabajo de reinterpretación sísmica junto con modelos conceptuales realizado por Jauregui *et al.* 2011 (Figura 3) y de Soledad Riveiro *et al.* 2011 (Figura 4) se extendió la zona de pinchout hacia el sector occidental del yacimiento, lo que más tarde condujo al descubrimiento del yacimiento Vizcacheras Oeste.

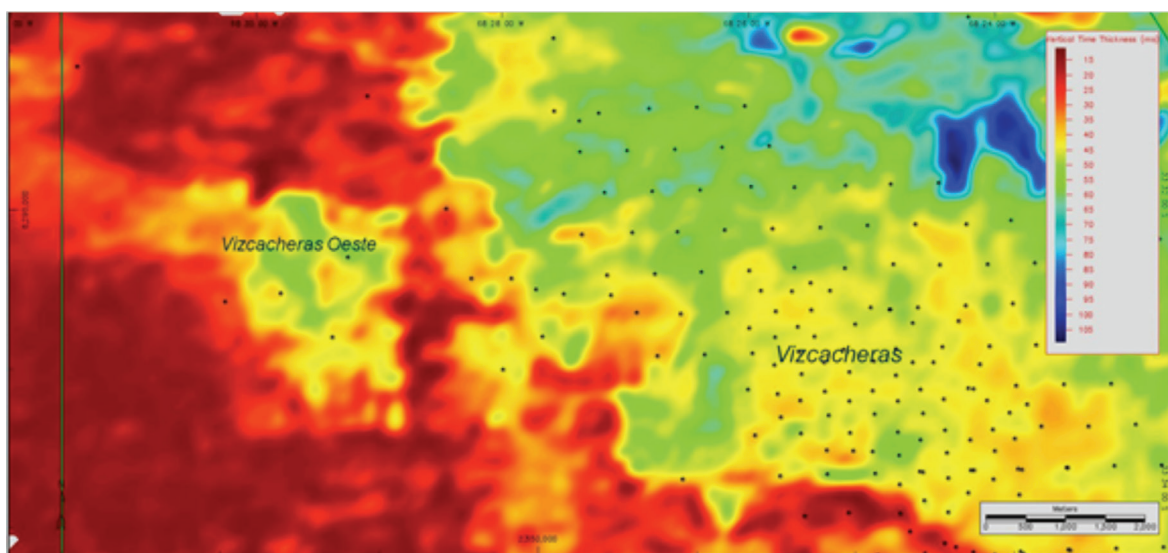


Figura 4. Mapa isocronopáquico de la secuencia Fm Papagayos + Fm Divisadero Largo. Yacimiento Vizcacheras y zona de Vizcacheras Oeste (Riveiro, S. *et al.* 2011).

FLUJO DE TRABAJO PARA CARACTERIZACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO

En este trabajo se presenta una nueva interpretación estratigráfica y caracterización paleoambiental de la secuencia cenozoica, comprendida entre el basalto de la Fm Punta de las Bardas y el Tope de la Fm Divisadero Largo. Para el análisis se utilizó un criterio genético de correlación estratigráfica, basado en la relación entre el espacio de acomodación y el aporte de sedimentos.

Se interpreta que sobre el relieve labrado sobre la unidad volcánica de la Fm Punta de las Bardas, se depositaron las Fms Papagayos y Divisadero Largo, rellenando paleovalles (Figura 5), y recibiendo aportes desde los altos topográficos adyacentes. También se infiere que estos altos localizados, reconocidos en la interpretación sísmica (Figura 6), actuaron como zonas de aporte para el desarrollo de depósitos de bajadas aluviales. Este relieve volcánico positivo también constituye el límite principal del valle fluvial (Yacimiento Vizcacheras) ubicado al este de la zona de estudio.

La metodología utilizada consistió en la integración de las distintas herramientas de información, correspondientes a escalas de trabajo diferentes: información sísmica, información de pozos e información de geología de superficie.

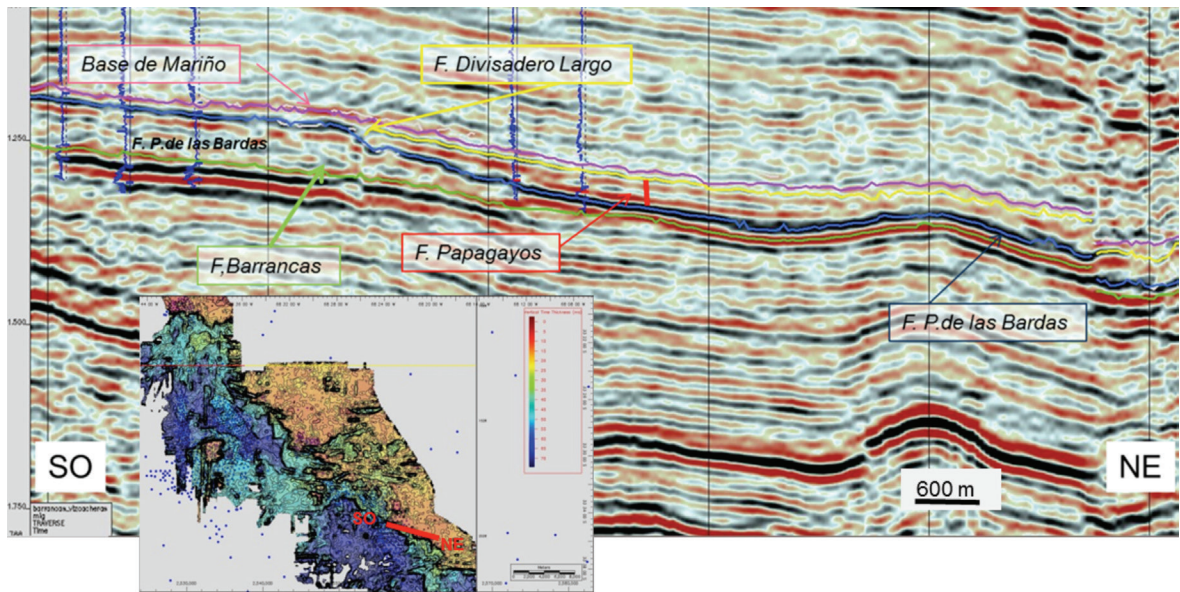


Figura 5. Línea sísmica arbitraria mostrando el intervalo de estudio. Horizontes Interpretados: tope de la Fm Punta de las Bardas, tope de la Fm Divisadero Largo y base de Mariño, Se remarca la dificultad en la diferenciación de los niveles reserosivos de la Fm Papagayos debido al carácter subsísmico.

La secuencia de estudio comienza con la interpretación sísmica, generando mapas de espesor del basalto de la Fm Punta de las Bardas (indicador de la paleotopografía) para poder identificar las zonas con mayor potencial de desarrollo de la sección estudiada, luego los mapas de espesor de la secuencia Fm Papagayos + Fm Divisadero Largo (en sísmica y pozos) y posteriormente mediante el análisis secuencial y de distribución de facies, con la revisión y reinterpretación de las descripciones de *cutting*, testigos coronas, testigos laterales y perfiles eléctricos de aproximadamente

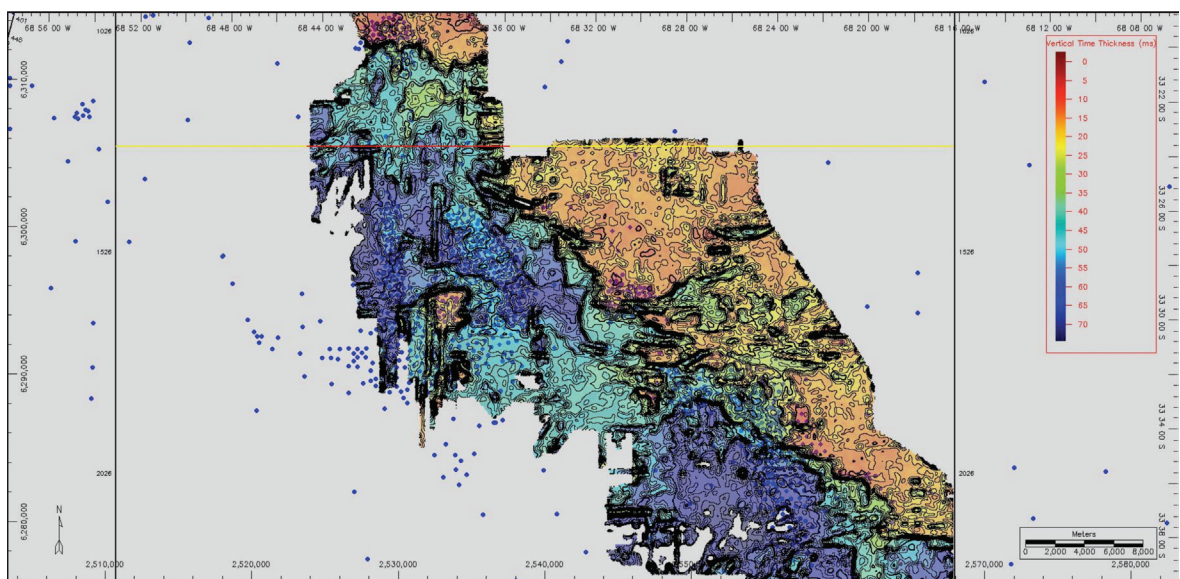


Figura 6. Mapa isocronopáquico de la Fm Punta de las Bardas. Los colores azules corresponden al mayor espesor de Basalto que representarían los altos topográficos y límites del desarrollo de la secuencia Fm Papagayos + Fm Divisadero Largo.

300 pozos de la zona de estudio. Se seleccionaron los sondeos que reunían mayor información y así resultaran más representativos para el análisis (total 123 pozos).

Interpretación Sísmica

Para la interpretación sísmica se contó con un volumen sísmico 3D, al cual se le aplicó un reproceso PSTM (*Pre Stack Time Migration*) y un algoritmo que consiste en la interpolación de

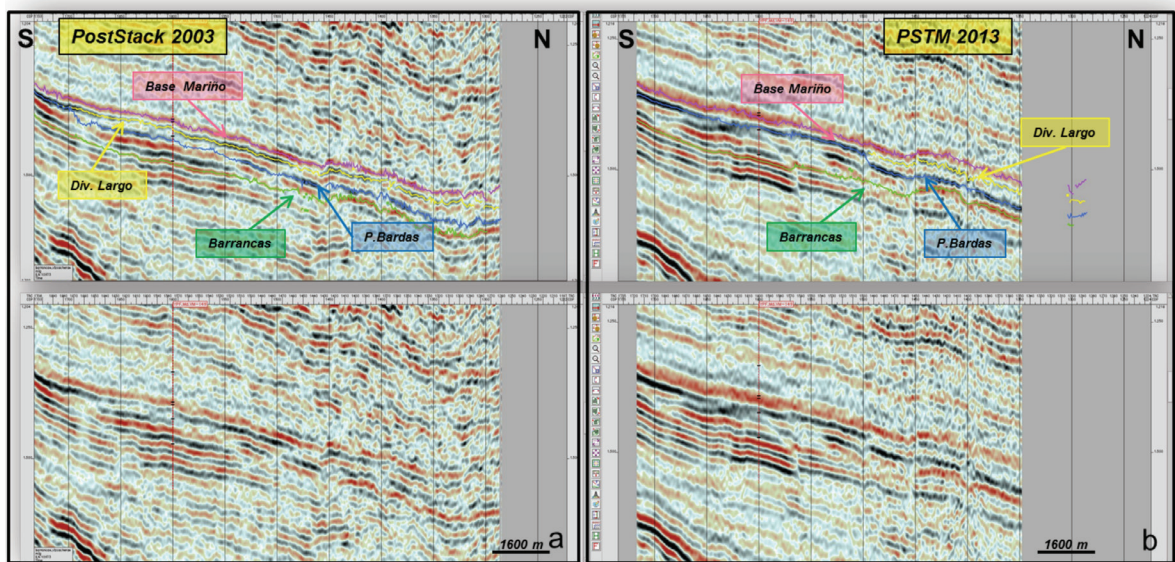


Figura 7. Comparación de la sísmica antes y después del reproceso, se puede ver en a) la Sísmica post *Stack* con la interpretación de los horizontes principales y la misma línea sin interpretar abajo. En b). Sísmica luego del reproceso donde se puede ver la mejor continuidad de los eventos, arriba con interpretación y abajo sin interpretar. (Ruiz 2013).

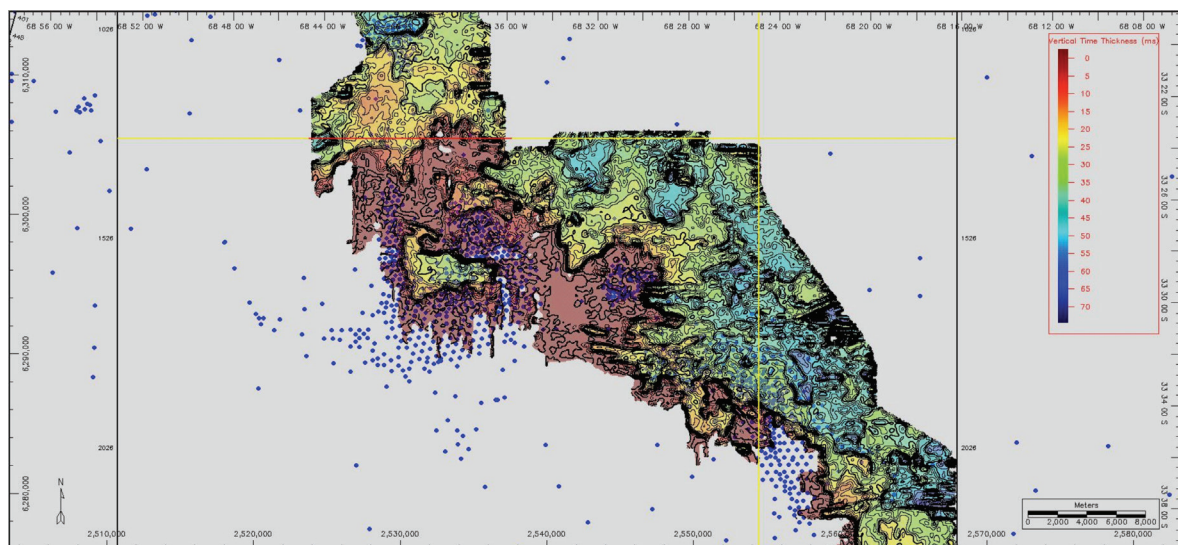


Figura 8. Mapa isocronopáquico de la secuencia Fm Papagayos + Fm Divisadero Largo mostrando su distribución limitada al oeste y noroeste por los altos locales, mientras que hacia el este se destaca el aumento de espesor.

trazas en 5 dominios: Offset, Azimut, tiempo, *inline* y *crossline*, el cual permite cubrir con dato aquellas zonas que quedaran sin adquirir por diferentes razones (zonas cultivadas, topografía, etc), así como aumentar la cantidad de líneas fuente y receptoras mejorando el *Fold*.

Respecto a la sísmica previa se obtuvo una mejor continuidad de los eventos que permitió identificar el tope de la Fm Divisadero Largo, el tope de las rocas ígneas de la Fm Punta de las Bardas y el tope de la Fm Barrancas, (Ruiz 2013) como se puede ver en la Figura 7.

El mapa isocronopáquico de la Fm Punta de las Bardas (Figura 6), representaría el paleorelieve, donde se desarrolla el intervalo de la Fm Papagayos + Fm Divisadero Largo (Figura 8).

Caracterización y Modelo de facies

Las facies inicialmente fueron definidas a partir de los datos de coronas y su comparación con los perfiles rayos gamma (GR), potencial espontáneo (SP), resistividad, densidad, neutrón y sónico, en los pozos con información más completa. Esta interpretación inicial no podía extrapolarse a la mayoría de los pozos que carecen de descripciones de coronas o registro de GR, por lo tanto, la interpretación y definición (resolución) final de las facies estuvo limitada a la resolución y diferencias observadas según las descripciones de *cutting* y los registros de SP, resistividad y sónico (o densidad), que se encuentran disponibles en todos o la mayoría de los pozos. Definidas las litofacies representativas, se agruparon en asociaciones de facies para definir los ambientes depositacionales presentes. Por otro lado se realizaron levantamiento de secciones estratigráficas, con medición de rayos *gamma* multiespectral y muestreo para quimioestratigrafía en afloramientos y *cutting* de los pozos utilizados en este estudio, sin embargo, estos datos no se incluyen en este trabajo (PyT Consultora 2013).

La evaluación de este conjunto de información concluyó en un modelo estratigráfico conceptual del intervalo de interés petrolero. Se definieron 6 litofacies principales, identificadas de 0 a 5. También se definieron asociaciones de facies y su interpretación ambiental en los diferentes puntos de control. En cada pozo se generó un *log* discreto de facies con una nomenclatura por códigos para cada una de ellas. En la Figura 9 se resumen las facies interpretadas.

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Para el análisis del intervalo estratigráfico Fm Papagayos - Fm Divisadero Largo se siguió la metodología propuesta en Ramón y Cross (2002), que aporta una simplificación para la interpretación de ambientes continentales en especial para depósitos fluviales. Según los numerosos procesos que contribuyen a la producción, transporte, distribución y acumulación

Código de color	Facies	Litología	Características en perfiles eléctricos	Procesos	Asociación de Facies	Ambientes	Comentarios
	Facies 0	Areniscas finas medianas o gruesas, moderada o buena selección, sin matriz arcillosa (o pelítica), (Sp/St de Miall)	se caracterizan por un diseño FU (fining upwards) o BLOCKY.	Presentan estructuras tractivas y gradación normal en las capas en las coronas	Se interpretan como rellenos de canales y barras fluviales respectivamente.	Fluvial	Estas areniscas pueden estar presentes intercaladas en la Facies 3 (lo cual aumenta el carácter de reservorio a la misma), pero no entran en la resolución del cutting y/o perfil eléctrico (sólo se observa en coronas)
	Facies 1	Areniscas conglomerádicas y/o conglomerados clasto sostén, sin matriz arcillosa, idem Facies 0, pero con granulometría más gruesa (G/Gp/Gt o GS de Miall)		Flujos tractivos	Se interpretan como rellenos más gruesos de canales y partes de barras fluviales.	Fluvial	
	Facies 2	Areniscas con mala a moderada selección, donde interviene una matriz identificable como limosa (limo) o, si la arenisca es gruesa o mediana, la matriz es de arena muy fina, es decir que tiene dos modalidades granulométricas entre sus componentes, pero no llega a ser un vaque, más bien es una arenisca "sucía" o cerrada.		Flujos tractivos - decantación. En algunas coronas se observan estructuras ondulíticas (Sr de Miall) y laminación paralela (Sh de Miall).	Se interpretan como pertenecientes a facies de desbordamiento, o partes más tranquilas dentro del ambiente fluvial	Fluvial distal	No se puede descartar totalmente su asociación con partes distales de las Facies 3. En el modelo del mapa de facies fueron asociadas al sistema fluvial (Facies 0 y 1).
	Facies 3	Conglomerados o areniscas matriz sostén o clasto sostén, con una matriz identificada como limosa y arcillosa. Generalmente se caracterizan por tener moderada a mala selección de sus componentes y las capas pueden presentar (no siempre) gradación inversa.	En los perfiles eléctricos se observan diseños CU (coarsening upwards) FU (fining upwards) o BLOCKY-CU.	Flujos densos. En las coronas pueden presentar una estratificación difusa, o son caóticos (Gms de Miall)	Se interpretan como depósitos asociados a conos aluviales, no grandes abanicos, o en algún caso avenidas esporádicas de flujos asociados, pero donde esencialmente no demuestran carácter trectivo en el proceso de deposición.	Aluvial	Tanto en cutting como en perfiles, se asocian a vaques de la Facies 5 y a veces a la Facies 0. En las coronas se encuentran asociados a la Facies 5 también, o contienen esas finas intercalaciones de la Facies 0. De acuerdo a los mapas y a la distribución, estas Facies 3, en su parte media a distal, deben haber tenido una relación de interdigitación con sistemas fluviales adyacentes.
	Facies 4	Arcillitas, limoarcillas o limolitas (F, Fsc de Miall).		Decantación. En algunas coronas se ha observado Laminación fina a muy fina (FI)	Se las interpreta como depósitos de inundación u overbanks fluviales, también pueden ser interpretados como pertenecientes a un sistema wadi o playa lake	Fluvial distal o ambientes de Playa Lake	
	Facies 5	Vaqueos muy finos, finos a medianos matriz sostén, también mencionados como areniscas arcillosas en algunas descripciones.		Flujos densos	Se los interpreta asociados a las partes distales de los sistemas de la Facies 3 principalmente.	Aluvial	Pueden aparecer como partes finas del sistema fluvial también.

Figura 9. Facies reconocidas, descripción, asociaciones y ambientes deposicionales interpretados.

de sedimentos sobre la superficie, se pueden agrupar en dos variables estratigráficas principales, acomodación (A) y aporte de sedimentos (S) y ser expresada como una relación (A/S) (Figura 10).

Siguiendo esta metodología mediante la relación espacio de acomodación/aporte de sedimentos, y la identificación de superficies de cambio en el régimen de acomodación, se identificaron 3 hem Ciclos A/S decrecientes y 4 hem Ciclos A/S crecientes, en el intervalo de estudio Fm Papagayos - Fm Divisadero Largo, denominados desde la base al tope de la secuencia (Figura 11): hem Ciclo AC1 (A/S creciente), hem Ciclo AD1 (A/S decreciente), hem Ciclo AC2 (A/S creciente), hem Ciclo AD2 (A/S decreciente), hem Ciclo AC3 (A/S creciente) hem Ciclo AD3 (A/S decreciente), y hem Ciclo AC4 (A/S creciente).

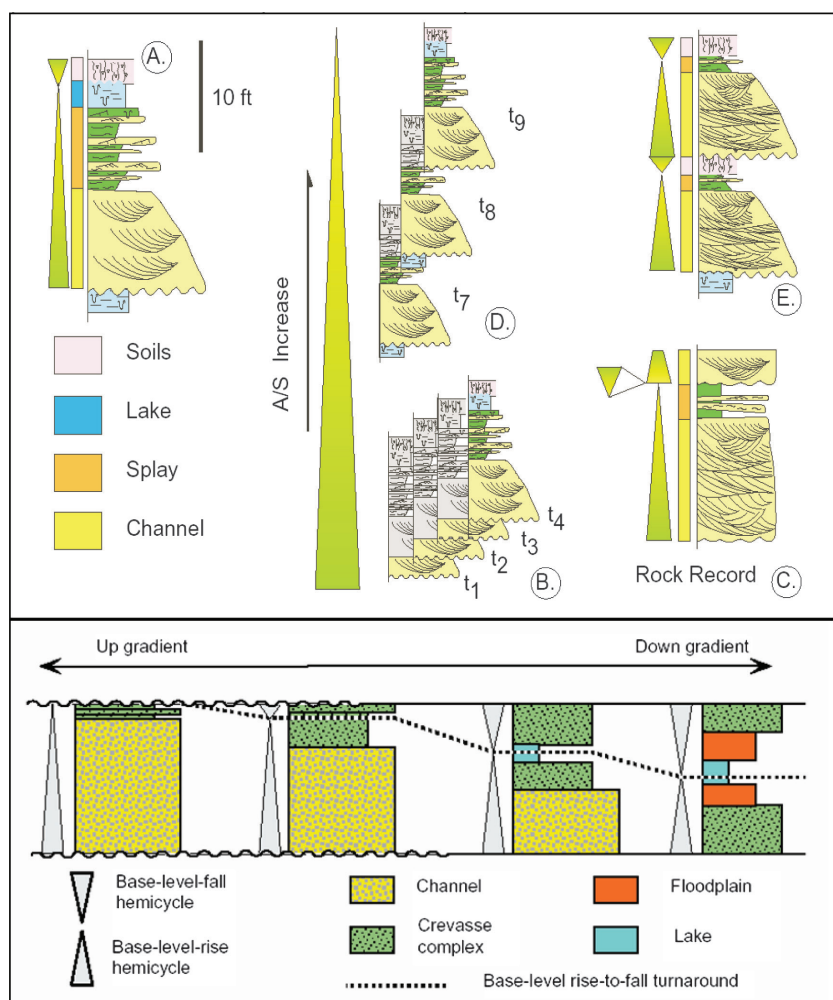


Figura 10. Superior: preservación diferencial de elementos geomorfológicos originales bajo condiciones de A/S variables. A = ciclo totalmente preservado de ambiente fluvial y subambientes relacionados. B y D = se transforma debido a distinto grado de preservación (B y D) en depósitos de baja diversidad, amalgamados (C) o depósitos de alta diversidad y más cantidad de facies preservadas (E) según la relación A/S. Cross (2000). Inferior: Cambios en la simetría dentro de un solo hem Ciclo estratigráfico debido a la partición de volumen de sedimentos a lo largo de un perfil depositacional. Tomado de Ramón y Cross (2002).

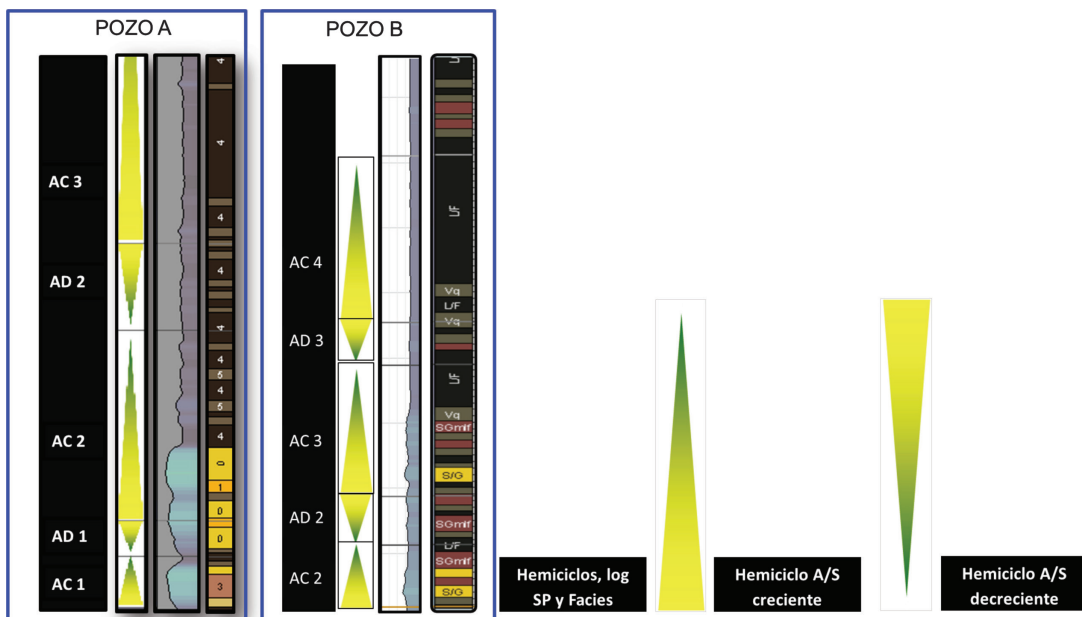


Figura 11. Ejemplo de interpretación en pozos, pozo A muestra los ciclos 1 a 3 y el pozo B los ciclos 2 a 4. De izquierda a derecha nombre del hemiciclo, esquema de los hemiciclos, curva SP y facies definidas en las correlaciones. A la derecha esquema de hemiciclos de acomodación creciente y decreciente.

Los topes de estos hemiciclos constituyen los *turn in on point* (nomenclatura según Ramón y Cross 2002). Cada hemiciclo es un límite interno dentro del intervalo estratigráfico Fm Papagayos – Fm Divisadero Largo, y por ende una herramienta de comparación y correlación. Esto permite interpretar las facies y construir los mapas de facies a partir de sistemas depositacionales genéticamente relacionados como se puede ver en los cortes regionales (Figura 12a y 12b).

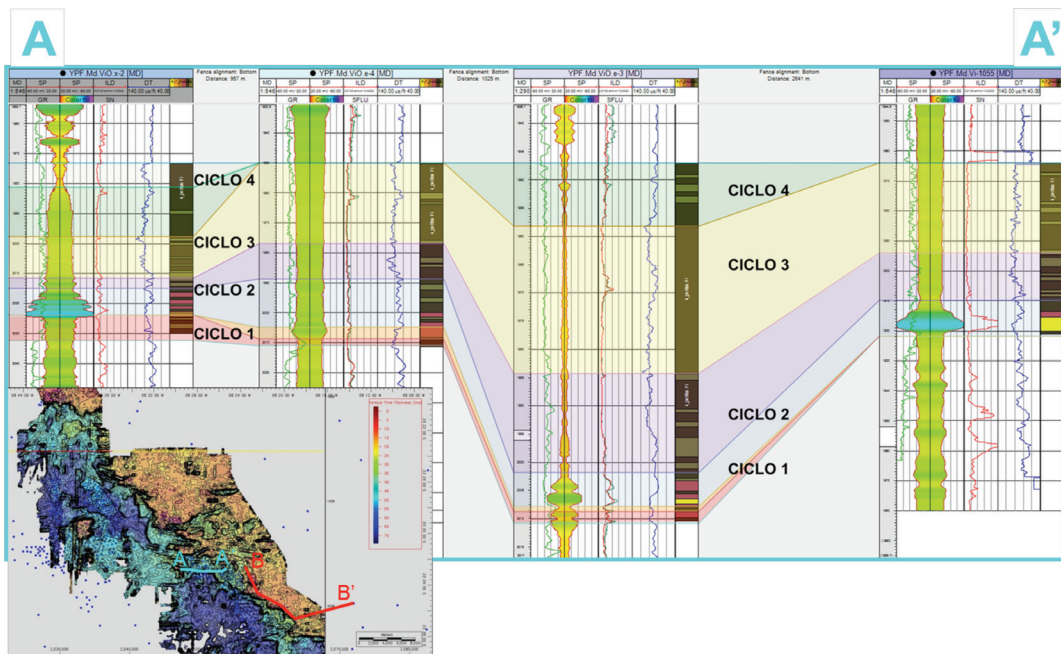


Figura 12a. Cortes regional mostrando la distribución de los ciclos y las variaciones de espesor involucrados (Vizcacheras Oeste), el mapa de referencia es el espesor de Punta de las Bardas, donde se ve hacia el este como disminuye el espesor favoreciendo la presencia de la secuencia de interés. Horizontalizado al tope de la Fm Divisadero Largo.

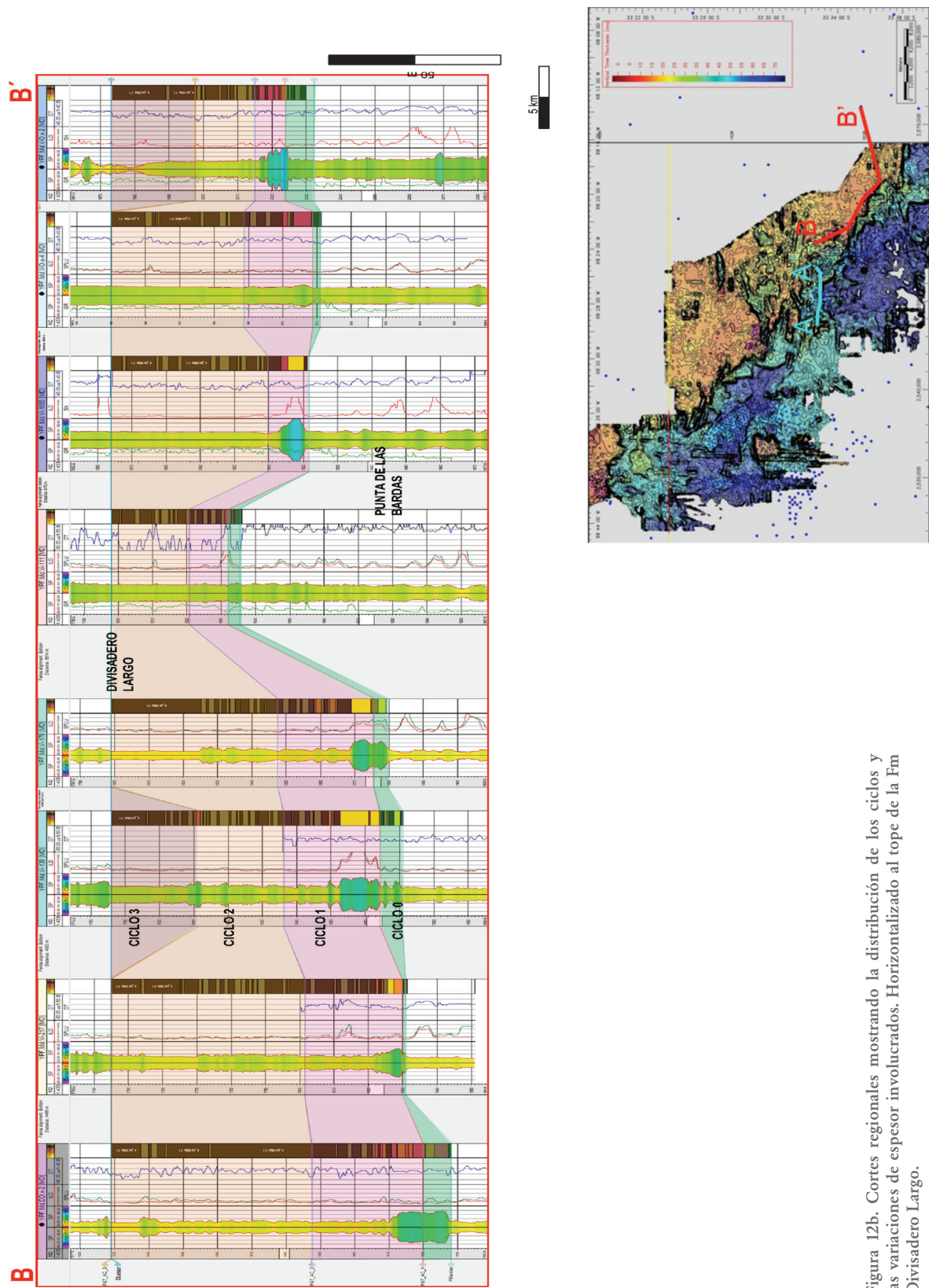


Figura 12b. Cortes regionales mostrando la distribución de los ciclos y las variaciones de espesor involucrados. Horizontalizado al tope de la Fm Divisadero Largo.

MODELO EN BASE A LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE FACIES EN CADA CICLO

Con la integración de la información sísmica, interpretaciones de facies y correlaciones estratigráficas se generaron mapas de facies para cada uno de los hem Ciclos identificados. Esto se hizo teniendo en cuenta el ambiente interpretado en cada punto de control, junto con la tendencia del paleorelieve obtenida en el mapa isocronopáquico de la Fm Punta de las Bardas. La calidad de los mapas está en función de la cantidad de pozos disponibles para la definición de las facies.

De esta manera, las variaciones de facies están vinculadas genéticamente de acuerdo a una correlación estratigráfica secuencial, según la metodología descripta.

La resolución espacial de los mapas está dada por la distancia entre los pozos con los cuales se realizó este trabajo.

Se tomó en consideración las variaciones y rasgos observados en las secciones de pozos, respetando las facies interpretadas que caracterizan a cada hem ciclo.

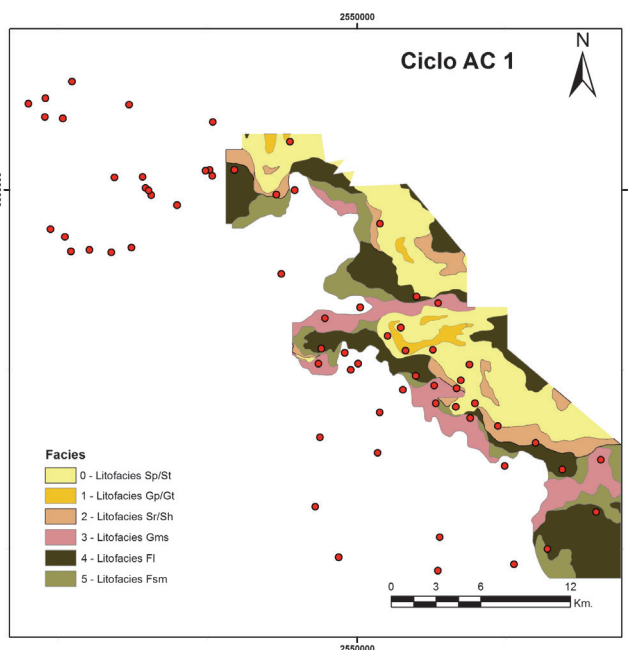
Cada Mapa de facies, junto con la interpretación vertical de las facies en cada pozo y los ambientes depositacionales definidos, constituyen un Modelo Estratigráfico para cada hem ciclo.

Hem ciclo AC1 (Hem ciclo de Acomodación Creciente del Ciclo I) Figura 13

El mapa del hem ciclo AC1 muestra la interpretación paleoambiental del hem ciclo basal de acomodación creciente (granodecreciente). Se observa la distribución de facies, ya descriptas, que se interpretan como un sistema depositacional compuesto por un sector aluvial-coluvial y un sector fluvial.

En este mapa se ve la orientación SO-NE, a través de las facies interpretadas como fluviales. Hacia la margen occidental, donde el hem ciclo hace *onlap* sobre el relieve previo, se observan geometrías interpretadas como de origen aluvial o de desbordamiento de las fluviales.

Figura 13. Mapa de facies para el hem ciclo AC1, los puntos rojos corresponden a los datos de control (pozos) utilizados en este trabajo.



Hemiciclo AD 1 (Hemiciclo de Acomodación Decreciente del Ciclo I) Figura 14

Este hemiciclo que se caracteriza por su tendencia granocreciente (acomodación decreciente) tiene una extensión y un espesor menor que el hemiciclo previo. En la Figura 14 se pone a la vista claramente la orientación y distribución de las facies interpretadas como de canales y barras fluviales. El borde mejor delimitado de este mapa de facies es el occidental que representa un límite de erosión y o no depositación del hemiciclo (AD1). Lo que evidencia la ausencia del hemiciclo en el sector suroccidental de la zona de estudio.

La unidad hace *onlap* generalmente sobre el hemiciclo previo. El borde oriental es el límite de la zona de estudio y el sector en blanco en el norte del mapa se corresponde con una zona sin datos.

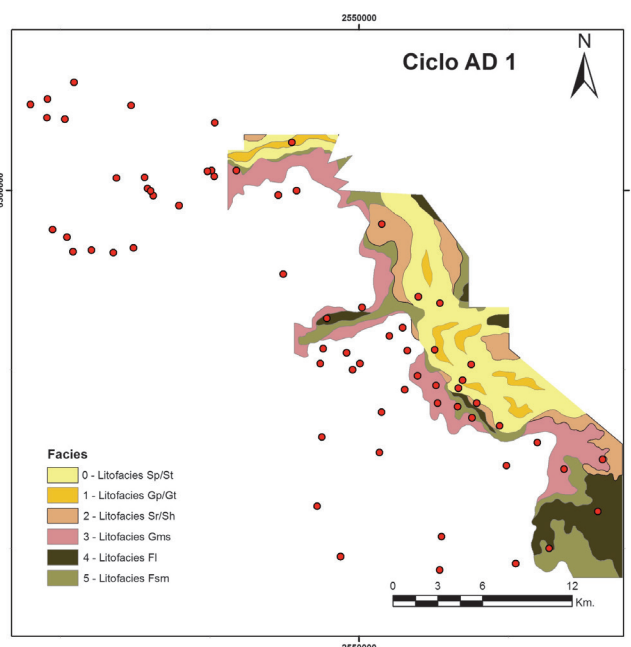


Figura 14. Mapa de facies para el hemiciclo AD1, los puntos rojos corresponden a los datos de control (pozos) utilizados en este trabajo.

Hemiciclo AC2 (Hemiciclo de Acomodación Creciente del Ciclo II) Figura 15

El presente hemiciclo traslapa al anterior, por lo que a veces se apoya directamente sobre él y otras sobre los depósitos volcánicos de Punta de las Bardas. Sigue mostrándose en este mapa de facies una tendencia de desarrollo fluvial importante al este, con una orientación dominante NNE-SSE. En base a datos de interpretación sísmica y de correlaciones de pozo se reconoce la existencia de dos depocentros o cubetas semi-aisladas entre sí, que fueron cubiertas por esta sección. La geometría de las facies que se muestran en el mapa, están ajustadas tanto a dichas observaciones como a las

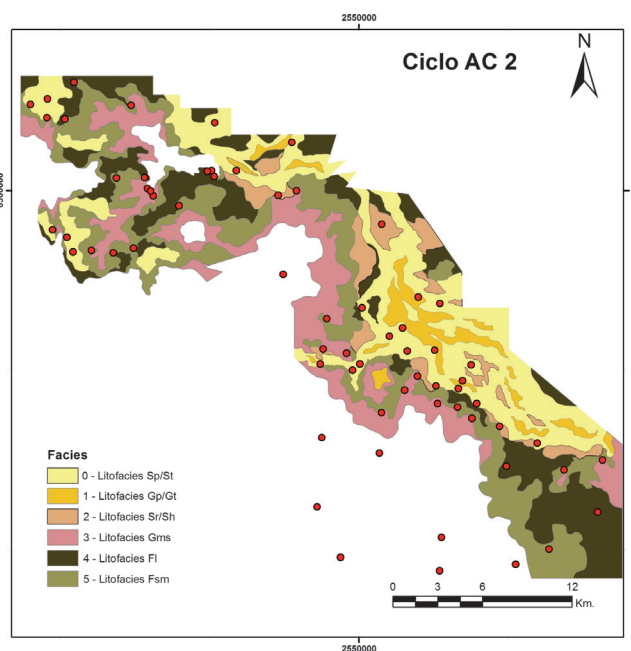


Figura 15. Mapa de facies para el hemiciclo AC2, los puntos rojos corresponden a los datos de control (pozos) utilizados en este trabajo.

litologías reconocidas en los pozos. Esta característica, de depósitos genéticamente relacionados, rellenando depocentros separados hasta cubrirlos, le confiere la complejidad de geometría y distribución de las facies de la Figura 15.

Hemiciclo AD2 (Hemiciclos de Acomodación Decreciente del Ciclo II) Figura 16

Este hemiciclo a pesar de su impronta, reduce el tamaño del alto paleotopográfico previo, esto significa que se está colmatando la cubeta a escala regional. A partir del tipo de facies reconocidas se interpreta un cierto canibalismo dado el carácter mismo del ciclo. Debido principalmente a la menor tasa de acomodación del hemiciclo.

Los ambientes fluviales quedan preservados de manera aislada y parecen relictos, con menor extensión respecto del hemiciclo subyacente. Las facies de *wadi* o *playa lake* más finas pierden importancia en comparación con los sistemas coluviales-aluviales proximales y distales (o partes más gruesas de *playa lake* o *wadi*).

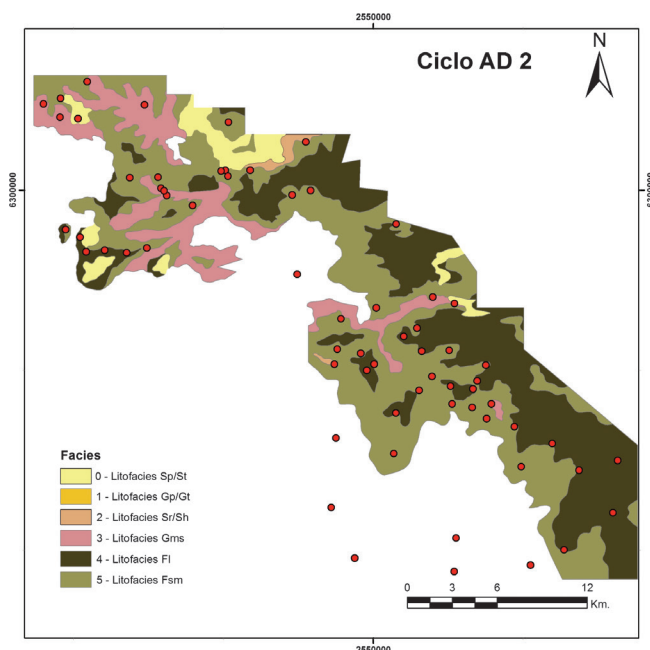


Figura 16. Mapa de facies para el hemiciclo AD2, los puntos rojos corresponden a los datos de control (pozos) utilizados en este trabajo.

Hemiciclo AC3 (Hemiciclo de Acomodación Creciente del Ciclo III) Figura 17

En el mapa del hemiciclo AC3 se observa la distribución de un sistema deposicional con una amplia variedad de componentes preservados, típica de un hemiciclo que muestra un aumento

en la relación A/S, traslapando sobre la paleogeografía preexistente. A partir de este hem ciclo, se puede considerar a ambos sectores estudiados como una sola cubeta.

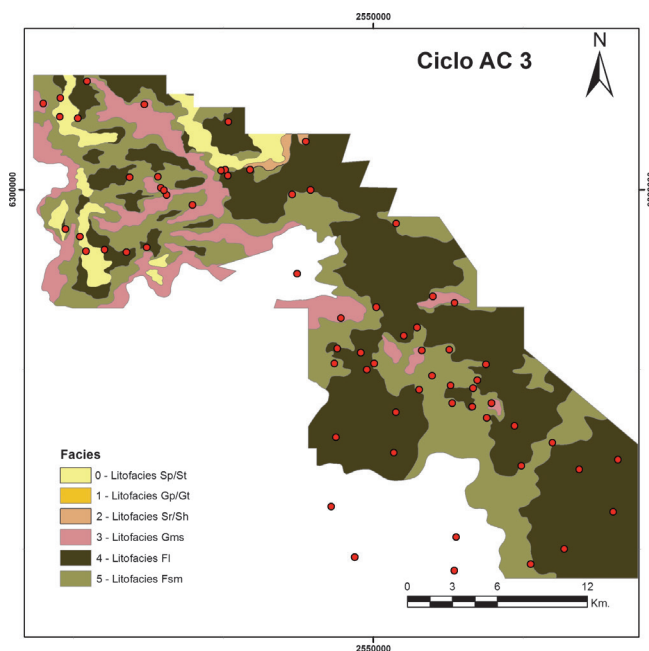


Figura 17. Mapa de facies para el hem ciclo AC3, los puntos rojos corresponden a los datos de control (pozos) utilizados en este trabajo.

AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN

Se interpreta que la secuencia Papagayos - Divisadero Largo está asociada a la degradación de aparatos volcánicos del evento de Punta de las Bardas. Una vez que cesaron las efusiones, comenzó la erosión de los aparatos volcánicos y se establecieron en el área sistemas de abanicos aluviales controlados por el paleorelieve heredado de la morfología volcánica. Scolari *et al.* 2002. Según Moratello (1993) estos sedimentos se acumularon en un clima árido, haciéndose más rigurosas las condiciones climáticas para los sedimentos suprayacentes con niveles de evaporitas, siguiendo una depositación tranquila de arcillas.

Los afloramientos de este intervalo, se encuentran a más de 100 km de distancia de la zona de estudio en subsuelo. En los perfiles de Divisadero Largo, Agua de las Avispas y Valle de las Águilas, se reconoce la parte superior de la secuencia pero no están representadas las facies conglomerádicas con buena permeabilidad que se encuentran en subsuelo, sin embargo se puede hacer una correlación entre los ambientes descriptos que ayuda en la generación del modelo regional. En la Figura 18 se puede ver a la izquierda uno de los afloramientos relevados con la interpretación de facies, en la base las areniscas gruesas a conglomeradicas representan sand sheet

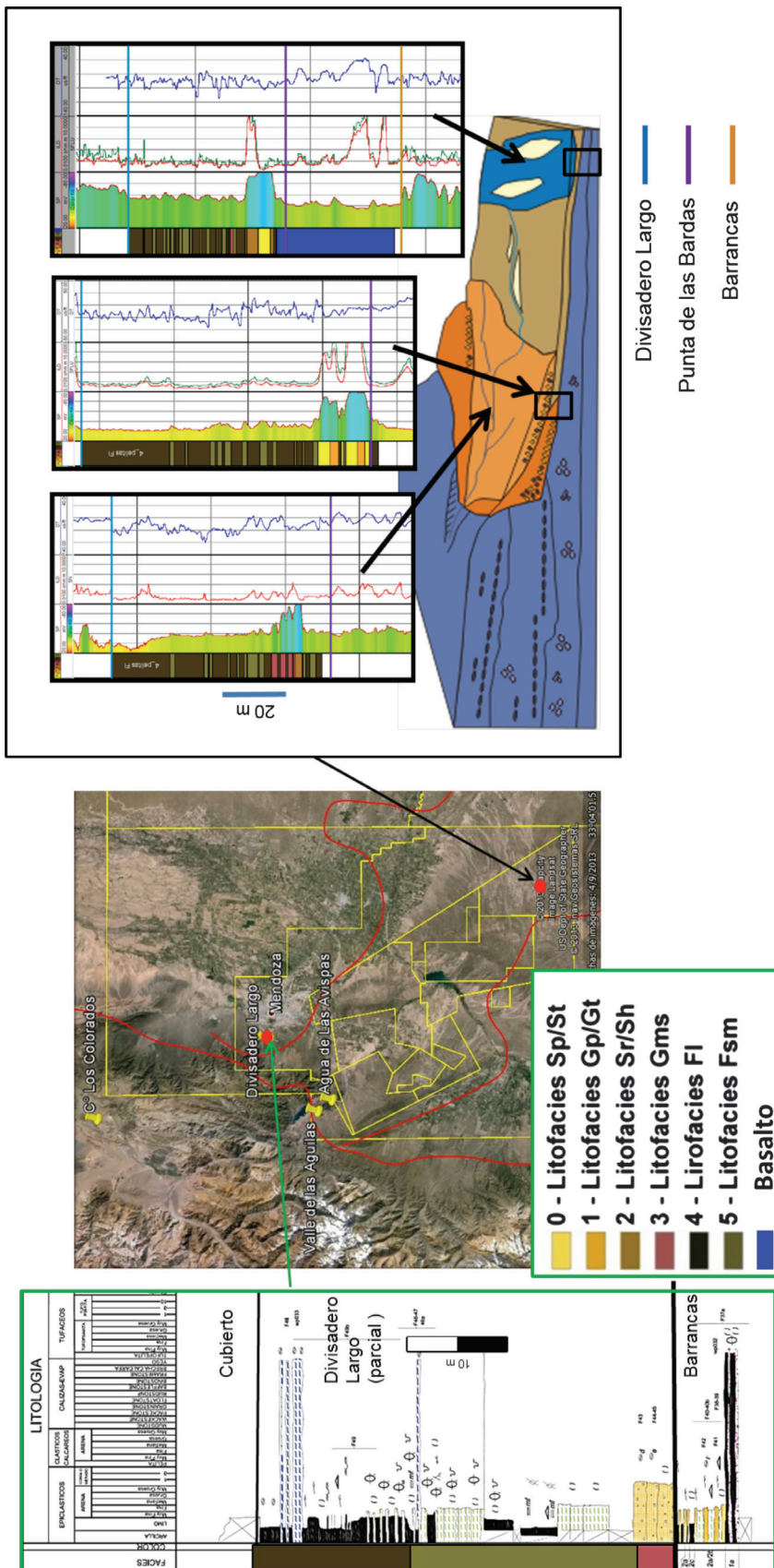


Figura 18. Esquema ambiental y ejemplos de las facies representativas interpretadas a partir de los datos de subsuelo y la comparación con datos de afloramientos.

que pasan a ambientes de *playa lake* hacia arriba con gran participación de anhidrita.

A la derecha se puede ver un esquema local de la zona de estudio en subsuelo que representaría los ciclos AC1 AD1, AC2 con los principales ambientes interpretados: fluvial, bajadas aluviales, asociado al paleorelieve generado por los cambios de pendientes en el basalto de punta de las Bardas que también es una de las fuentes de aporte para los sistemas de bajadas aluviales, mientras que para los ciclos AD2, AC3 y AD3 predomina un sistema de *playa lake* en esta posición de la cuenca.

A partir del presente estudio se revisó el esquema depositacional para la secuencia que comprende las Fm Papagayos + Divisadero Largo. Con la integración de la geología interpretada tanto en subsuelo como en superficie, se construyó un modelo estratigráfico conceptual de este intervalo de interés (Figura 19).

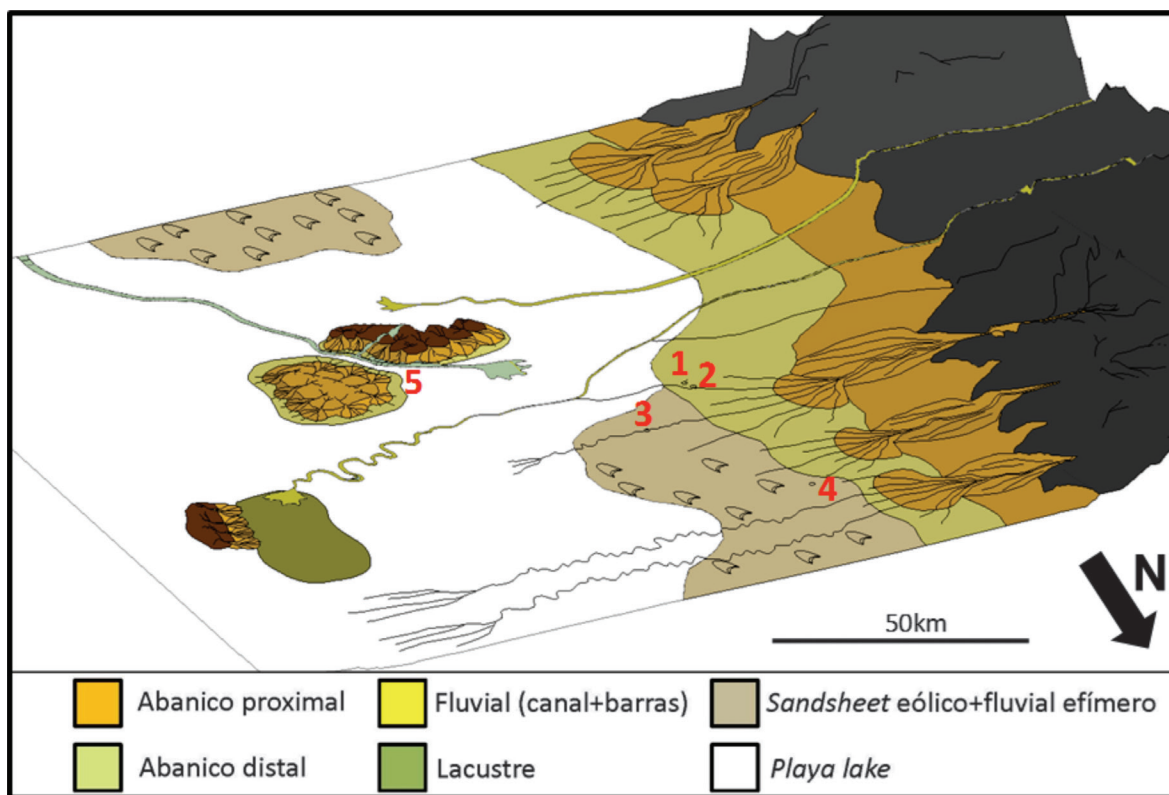


Figura 19. Modelo conceptual para el intervalo Fm Papagayos-Divisadero Largo. 1: Perfil Agua de las Avispas, 2: Valle de las Águilas, 3: Divisadero Largo, 4: Cerros Colorados, 5: Mapeo subsuelo.

Analizando el contexto regional de los depósitos cenozoicos de la cuenca se interpretaron en superficie ambientes de abanicos distales, sand sheet eólicos y fluviales efímeros asociados al borde de cuenca, mientras que hacia el interior en una zona distal de *playa lake* controlado por los aparatos volcánicos de punta de las bardas, se desarrollan sistemas de abanicos aluviales y sistemas fluviales que tienen como área de aporte el basalto de Punta de las Bardas, esto representa el área de estudio en subsuelo indicado como punto 5 en la Figura 19.

CONCLUSIONES

La integración de datos de subsuelo junto a perfiles de afloramientos comprobó una buena correlación de ambientes depositacionales y espesores en el intervalo de interés. Al comparar las litofacies arenosas fluviales observadas en superficie con las litofacies areno-conglomerádicas fluviales definidas en subsuelo, se puede inferir que en los afloramientos descriptos no se reconocieron las facies permeables equivalentes a los reservorios de la Fm Papagayos.

La interpretación ambiental indica el desarrollo de un sistema fluvial orientado NO-SE, que tiene como límite de deposición el alto de Punta de las Bardas hacia el oeste, generando para los ciclos inferiores un *pinchout*, mientras que hacia el este el espesor de arenas en los hem Ciclos AC1, AD1 y AC2 tiende a incrementarse. Las secuencias superiores (AC2 y AC3) tienen una distribución más regional colmatando la cubeta.

Las facies de abanicos aluviales tienen una orientación variable con eje principal E-O, desde el paleo alto de Punta de las Bardas hacia el valle que se encuentra al este, con variaciones locales dentro del alto de Punta de las Bardas.

Las facies finas de ambiente de *playa lake*, con niveles de anhidrita están representadas principalmente en el ciclo AC 3. Este ciclo indica el aumento del espacio de acomodación o de la relación A/S, y traslapa contra el alto de Punta de las Bardas cubriendo toda la región.

Las variaciones en el Aporte (S) de sedimentos, y variaciones en el espacio de Acomodación (A) fueron importantes en el cambio de carácter de los hem Ciclos (desde A/S decreciente a A/S creciente y viceversa). Sin embargo, no se observa mucho *bypass* o erosión de hem Ciclos, debido a un continuo aumento en el espacio de acomodación o nivel de base general en las cubetas, incluyendo el depocentro del sector oriental. Esto pudo causar el “ahogo” de las cubetas con respecto al aporte de sedimentos o bien la migración de los sistemas depositacionales originales hacia otro sector, dejando solamente facies finas o distales representadas en el registro geológico y generando los continuos *onlap* y traslapes de la paleotopografía.

La metodología aplicada constituye una herramienta importante al momento de continuar con la evaluación de las arenas de la Fm Papagayos dado su carácter subsísmico junto al hecho de no encontrarse en afloramientos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su reconocimiento a Yolanda Ruiz y Karina Mykietiuik por su colaboración en distintas etapas del trabajo. Asimismo agradecen a YPF S.A. por permitir la publicación de este trabajo

REFERENCIAS CITADAS

- Biondi, J.L., 1936. Informe SG. 69. YPF (inédito).
- Boggetti, D., Scolari, J.C. y Regazzoni, C. 2002. Cuenca Cuyana: Marco Geológico y Reseña Histórica de la Actividad Petrolera. In: M. Schiuma, G. Hinterwimmer y G. Vergani (Eds.), Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas de la Argentina, 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Instituto Argentino del Petróleo y Gas (Mar del Plata), Actas: 585–607.
- Borello, A. V., 1942. Estratigrafía y tectónica del Triásico - retense en los alrededores de Potrerillos (Pcia de Mendoza). Tesis del Museo de La Plata (inédita)
- Borello, A. V., 1962. Fanglomerado Rio Mendoza (Triásico - Pcia de Mendoza). Notas de la Comisión Investigación Científica de la Provincia de Buenos Aires 1(3), p. 1-9.
- Cortés, J.M. 1993. El frente de corrimiento de la Cordillera Frontal y el extremo sur del valle de Uspallata, Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 168-178.
- Chebli, G., I. L. Labayen, G. Laffitte, y M del R Rosso, 1984, Materia Organica, ambiente deposicional y evaluación oleogenetica de la Cuenca Cuyana, IX Congreso Geológico Argentino, Actas VII, p. 68-85
- Chiaromonte, L., V.A. Ramos, y M. Araujo, 2000. Estructura y sismotectónica del anticlinal Barrancas, Cuenca Cuyana, provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 55: 309-336.
- Cross, T., 2000. Stratigraphic Controls on Reservoir Attributes in Continental Strata. Earth Science Frontiers. Vol. 7 No. 4, p. 322 – 350.
- Giambiagi, L., J. Mescua, A. Folguera y A. Martínez, 2010. Estructuras y Cinemática de las deformaciones pre-andinas del sector sur de la Precordillera, Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 66 (1), p. 5-20.
- Groeber, P. 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29° 30'. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Ciencias Geológicas, Revista 1(5).
- Harrington, H. 1971. Descripción geológica de la Hoja 22c, Ramplón, provincias de Mendoza y San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería (1953), Boletín 114: 1-81, Buenos Aires.
- Heredia, S. y G. Gallardo, 1996. Las megaturbiditas de la Formación Empozada: un modelo interpretativo para el Ordovícico turbidítico de la Precordillera argentina. Revista de la Asociación Geológica de Chile 23: 17-34.
- Jauregui, J.M., S. Cesano, C. Regazzoni, 2011. Nuevas Oportunidades en yacimientos Maduros con control estratigráfico. Yacimiento Vizcacheras. Informe Interno YPF.S.A.
- Kokogian, D.A. y D. Boggetti, 1986. Estratigrafía y ambientes de sedimentación de los depósitos triásicos en la localidad de Potrerillos en la provincia de Mendoza. 1ª Reunión Argentina de Sedimentología (La Plata), Resúmenes expandidos, p. 161–164.
- Kokogian, D., F. Fernández Seveso y A. Mosquera, 1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. En Ramos, V. A. (Ed) Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Relatorio del 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. p 65-78.
- Kokogian, D., Mancilla, O., 1989. Análisis Estratigráfico Secuencial de la Cuenca Cuyana en Chebli y Spaletti (eds). Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica 6, p. 169-201

- Moratello J.H., 1993. Yacimiento Vizcacheras. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Hidrocarburos. Mendoza. En Geología de Recursos Naturales de Mendoza. V.A. Ramos (Ed.) Relatorio III (14). p. 441-446
- Miall, A.D., 1996. The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer, 582 p.
- P&T Consultora S.R.L., 2013. Estudio estratigráfico regional y caracterización de facies de la Fm Divisadero Largo, Cuenca Cuyana, provincia de Mendoza. Informe interno para YPF S.A.
- Ramon J. C. and Cross, T., A., 2002. Correlation Strategies and Methods in Continental Strata, Middle Magdalena Basin, Colombia. Department of Geology and Geological Engineering, Colorado School of Mines. p. 1-30
- Riveiro, S. y R. Clavijo, 2011. Propuestas de pozos exploratorios. Informe Interno YPF.S.A
- Rolleri, E. y Criado Roqué, P. 1969. Geología de la provincia de Mendoza. 4° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 2: 1-60.
- Rolleri, E. O. y P. Criado Roque, 1970. Geología de la provincia de Mendoza. Actas de la 4° Jornadas Geológicas Argentinas, 2: p. 1-60.
- Ruiz, Y., 2013. Un paso adelante en la exploración Cuenca Cuyana. Informe Interno YPF S.A.
- Scolari C., M. Ayala, C. Regazzoni, L. Anzulovich y D. Boggetti, 2002. Los Reservorios de la Formación Papagayos. En Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas de la Argentina. (Eds: M. Schiuma, G. Hinterwimmer y G. Vergani). V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. p. 653-659
- Spalletti L. A., 2001, Evolución de las Cuencas Sedimentarias, en Artabe, A. E., E. M. Morel, y A. B. Zamuner, eds., El Sistema Triásico en la Argentina: Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno", p. 81-101.
- Spalletti, L., E. Morel, A. Artabe, A. Zavattieri, D. Ganuza, 2005. Estratigrafía, facies y paleoflora de la sucesión triásica de Potrerillos, Mendoza, República Argentina. Revista Geológica de Chile, 32, p. 249-272.
- Stipanovic, P.N. y C. A. Marsicano, 2002. Triásico. Léxico Estratigráfico de la Argentina, N° 8. Asociación Geológica Argentina, Serie B 26. p. 370.
- Zencich, S., R. Clegari, J. C. Scolari, J. Posse, G. Gómez, D. Boggetti, y R. Mancada, 2005, Trampas de hidrocarburos de la cuenca Cuyana, en Kozlowski E., G. Vergani, y A. Boll, eds., Simposio Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina: VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, p. 93-110.
- Zencich, S., H. Villar y D. Boggetti, 2008. Sistema Petrolero Cacheuta-Barrancas de la Cuenca Cuyana, Provincia de Mendoza. (Eds C. Cruz, J. Rodríguez, J. Hechem y H. Villar) VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. p. 109-134