

EXPLORACIÓN Y DESARROLLO EN EL LUGAR MENOS ESPERADO MESA VERDE, CUENCA CUYANA

Yolanda Ruiz¹, Ricardo Manoni¹, Gustavo Gómez¹

1: Upstream YPF S.A. yolanda.ruiz@ypf.com, rmanonic@ypf.com, gustavo.a.gomez@ypf.com

Palabras clave: Mesa Verde, Exploración, Río Blanco, Alto Verde, Cuenca Cuyana

ABSTRACT

The Mesa Verde area is located in the south plunge of the productive axis, close to the southwest basin limit. Cuyana is a Triassic failed rift basin, that during the tertiary was affected by compressive tectonics. In this area, several explorational wells were drilled through time without success with different geological criteria, following the discoveries in other areas of the basin during the different exploratory campaigns.

This paper shows how after several decades in which many wells were drilled using different geological models, only because of the geoscientist's perseverance, the Mesa Verde Field was discovered, with oil production from the Río Blanco formation. This discovery and the new interpretation technologies allowed the development of the field and the continuity of exploration in this area.

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. 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 (Heredia y Gallardo, 1996; Giambiagi *et al.*, 2010). En discordancia sobre ellas se apoyan las metasedimentitas devónicas de la Fm. Villavicencio. 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 del *prerift*.

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 *Synrift* inicial, se conocen 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, 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, el magmatismo está representado por un evento extrusivo conformado por coladas de basaltos olivínicos, reconocidas como Fm. Punta de las Bardas (Rolleri y Criado

EDAD	FORMACION	LITOLOGIA	FASE TECTÓNICA	ROCA RESERVORIO	ROCA MADRE	ROCA SELLO	AMBIENTE SEDIMENTARIO	ESPESOR [metros]	TIEMPO [Ma]
TERCIARIO	PLIOCENO	MOGOTES	ANTEPAÍS				ALUVIAL	0-2000	2.0
		SERIE AMARILLA						0-400	8.7
		TOBAS GRISES SUPERIOR					Volcanitas	0-100	8.9
		LA PILONA						0-250	11.7
		TOBAS GRISES INFERIOR					SISTEMAS Volcanitas	0-150	12.2
	MIOCENO	MARIÑO					ALUVIALES	800-1600	
		Mb. Areniscas Entrecruzadas							
		Mb. Divisadero Largo							
	OLIGOCENO EOCENO	DIVISADERO LARGO					Eólico/Fluvial	100-250	15.5
		PAPAGAYOS						10-20	
CRETÁCICO	INFERIOR	PUNTA DE LAS BARDAS	RIFT abortado?				FLUVIAL	0-150	60-40?
							BASALTOS	0-100	
JURÁSICO	SUPERIOR	BARRANCAS	POSTRIFT				ABANICOS ALUVIALES FLUVIAL Y BARREAL	0-160	120-160
TRIÁSICO	RHAETIAN	RIO BLANCO	SAG				FLUVIAL	200-600	202
							DELTAICO		
	CARNIAN	CACHEUTA	SYNRIFT II				LACUSTRE	40-450	
		POTRERILLOS					DELTAICO	160-800	228
							PLANICIE ALUVIAL		
	LADINIAN ANSIAN	LAS CABRAS Brecha Verde	SYNRIFT I				VOLCANICOS LACUSTRE	160-700	232
							FLUVIAL		
	SCYTIAN	RIO MENDOZA					ABANICO ALUVIAL	50-200	242
PALEOZOICO	BASAMENTO		PRERIFT						245

Figura 1. Columna estratigráfica de la Cuenca Cuyana con los Reservorios y Roca Madre principales. (Kokogian *et al.*, 1993).

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 Formaciones Papagayos y Divisadero Largo (Scolari *et al.*, 2002), previa al advenimiento del evento orogénico andino.

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

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

En la Cuenca existen reservorios que van desde el Devónico al Cenozoico. Los reservorios Triásicos incluyen las areniscas de las formaciones Cerro de Las Cabras, Potrerillos y Río Blanco. La Fm. Barrancas o Conglomerado Rojo Inferior (denominación informal) de edad Jurásica es el principal 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 de la Fm. Mariño, de edad Cenozoica y en los niveles marinos profundos metamorizados de la Fm. Villavicencio (Devónico).

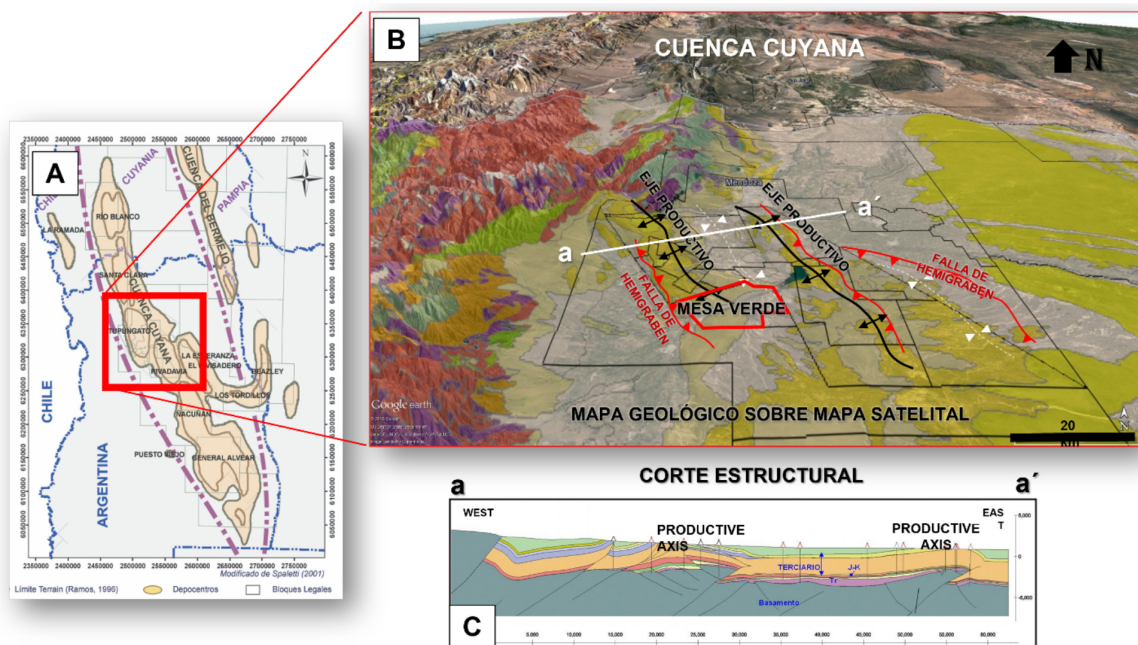


Figura 2. A. Ubicación Cuenca Cuyana (Zencich S., *et al.*, 2008). B. Ubicación del bloque Mesa Verde sobre un esquema con los ejes estructurales. C. Corte estructural (Mancada, R., 2003).

La principal roca generadora en la Cuenca Cuyana y por ende de este sistema petrolero es la Fm. Cacheuta, 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).

En el ámbito de la cuenca, el bloque Mesa Verde se ubica en el extremo sur del eje occidental, cercano al borde oeste de la cuenca (Fig. 2).

INTRODUCCIÓN

El bloque Mesa Verde no siempre tuvo la misma superficie. A principios de la década del 60, en el inicio de la etapa exploratoria, no existían áreas delimitadas, hasta que en 1967 con la promulgación de la ley 17319, se delimitaron. La zona de estudio primero ocupó parte del llamado bloque CC-II (Cuenca Cuyana), que después con la sanción de la ley de desregulación petrolera en la década del 90 (decreto 1055/89), pasó a llamarse CCYB-17B (Cuenca Cuyana y Bolsones). CCYB-17B ocupaba los bordes este y oeste de la zona productiva de la Cuenca Cuyana con una extensión de 2.356 km² y cuyo operador fue YPF S.A. (Yacimientos Petrolíferos Fiscales).

Desde el año 1993 hasta el 2001, estos bloques fueron operados por OXY; a partir del 2001 por la compañía *Energy Development Corporation* y más tarde, en el 2008 por Apache S.A.

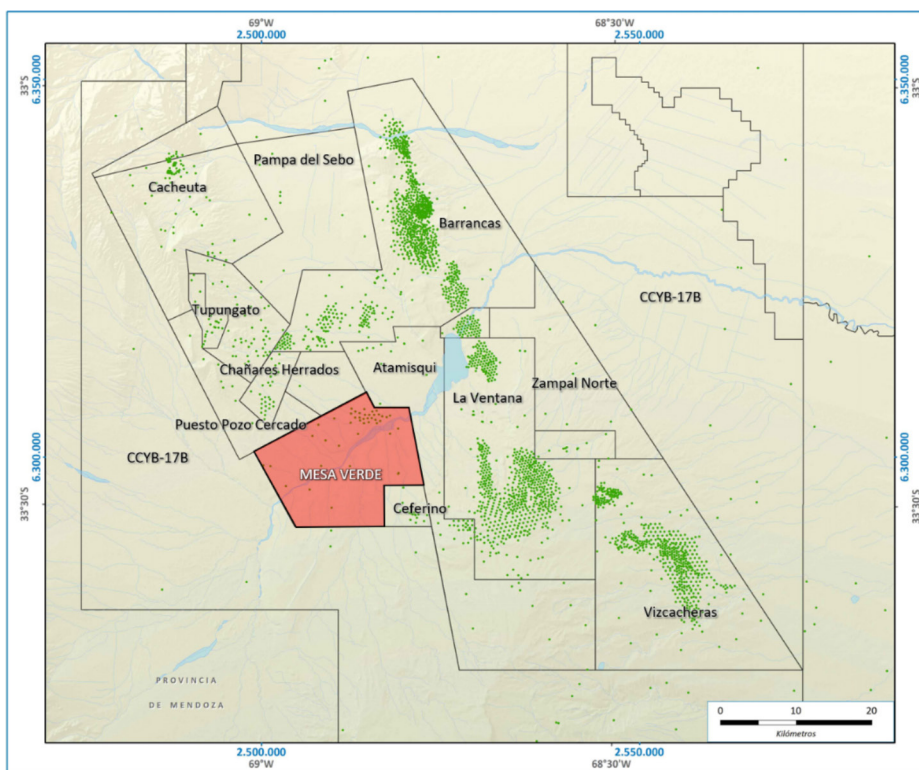


Figura 3. Bloques de la Cuenca Cuyana y ubicación de Mesa Verde sombreada en color rojo.

En el año 2014 YPF S.A. compra las divisiones de Apache S.A., momento en el que se revierten parte de las áreas, dejando el Bloque Mesa Verde con su actual configuración.

Este trabajo hace referencia a la configuración actual del bloque, referida como Mesa Verde (Figs. 2 y 3). A continuación, se exponen las diferentes etapas exploratorias en esta ubicación.

ANTECEDENTES Y PRIMERA ETAPA EXPLORATORIA

A lo largo de los ejes estructurales oriental y occidental comenzó la producción de hidrocarburos de los primeros yacimientos de la Cuenca Cuyana. Estos están conformados por estructuras con cierre en cuatro direcciones y obtienen su producción de los reservorios más productivos de la Cuenca, como son la Fm. Barrancas (anteriormente llamada Conglomerado Rojo Inferior) y la Fm. Río Blanco. Los descubrimientos de estos cierres estructurales alentaron la exploración en la zona de Mesa Verde.

Anterior a la década del 60, al sur de Mesa Verde se perforó un pozo exploratorio que pretendía investigar una estructura para la Fm. Barrancas, buscando una trampa con cierre en cuatro direcciones interpretada con líneas sísmicas 2D registradas a finales de la década del '50. El sondeo se llamó YPF.Md.AV.x-1 (Alto Verde, 1959), nombre por el que se conocía esta región de Mendoza norte. El pozo atravesó la columna terciaria, las formaciones Punta de las Bardas, Barrancas, Río Blanco, Potrerillos y Cerro de Las Cabras hasta encontrar el basamento.

El sondeo atravesó la sucesión litológica conocida (Fig. 1) hasta la Fm. Río Blanco, después de la cual aparecieron unas secciones tobáceas que podían asociarse tanto a la sección inferior de

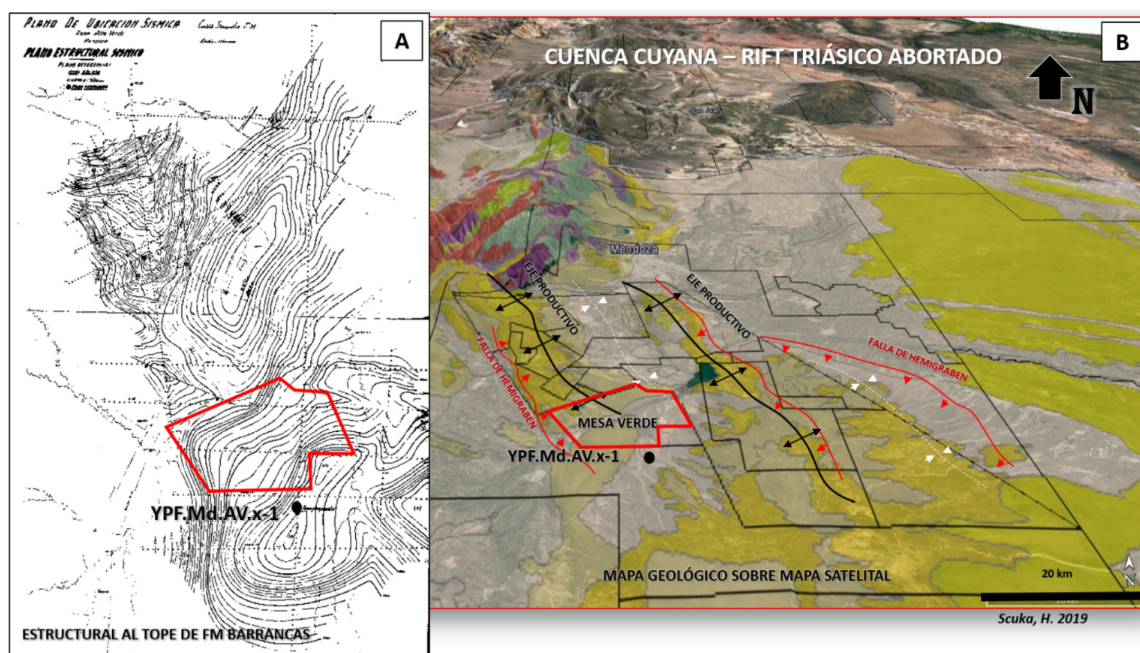


Figura 4. A. Mapa estructural de la Fm. Barrancas realizado con sísmica 2D (Legajo de pozo). B. Ubicación del pozo YPF.Md.AV.x-1 (Alto Verde) sobre un esquema de los ejes estructurales.

la Fm. Río Blanco, como a la Fm. Potrerillos e incluso a la Fm. Cerro de las Cabras, por lo tanto, la Fm. Cacheuta (Roca Madre), se encontraba ausente.

La Fm. Cacheuta está presente en casi todos los pozos perforados de la cuenca, por lo tanto, constituye un nivel de referencia para la identificación de las formaciones que la suprayacen y la subyacen. Su ausencia durante la perforación genera dudas con respecto a la identificación de las formaciones de la columna sedimentaria triásica en la cuenca cuyana. Esto ocurrió tanto para el pozo YPF.Md.AV.x-1 (Alto Verde, 1959) como para el pozo YPF.Md.AV.x-2 (Alto Verde, 1961) perforado al sureste del bloque.

Los siguientes pozos: YPF.Md.CH.x-4 (Chañares Herrados, 1961), YPF.Md.AV-4 (Alto Verde, 1963) y YPF.Md.AV-5 (Alto Verde, 1964) se perforaron al norte del Río Tunuyán (Fig. 5) y documentaron la existencia de la Fm. Cacheuta (Roca Madre), así como de rastros de hidrocarburos en las areniscas fluvio-lacustres ubicadas por encima de esta formación, es decir, la Fm. Río Blanco.

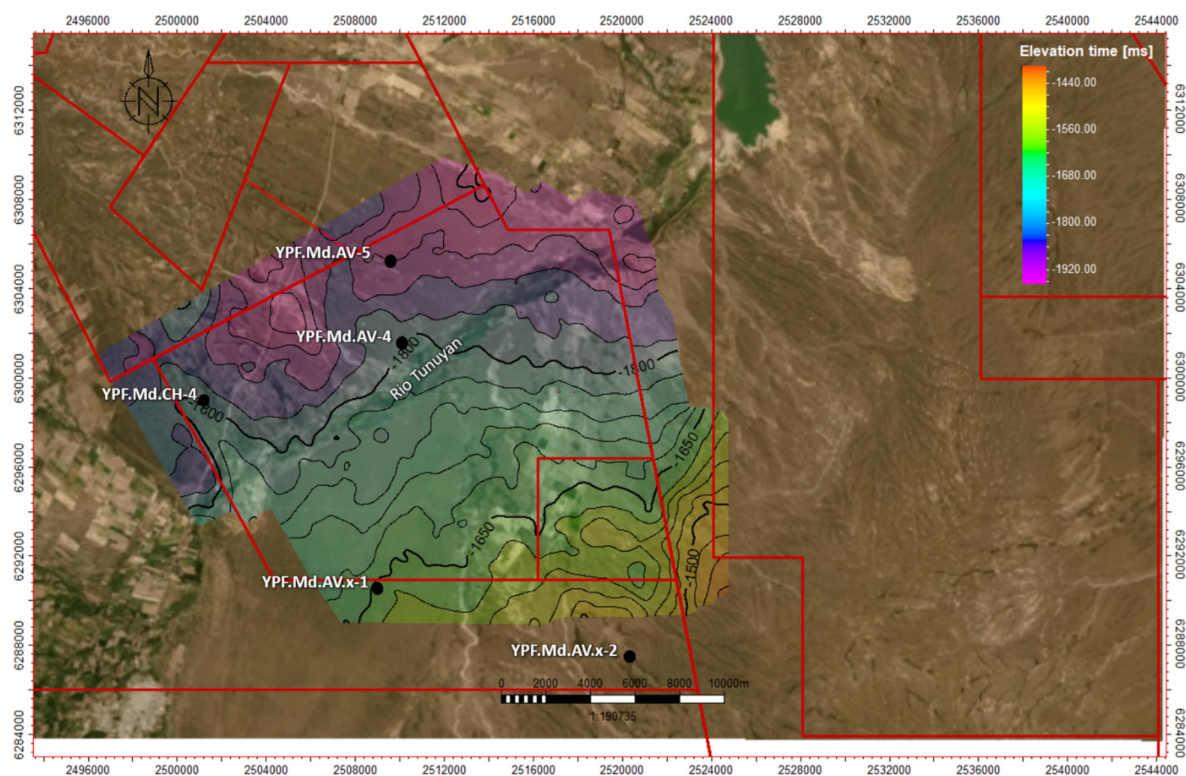


Figura 5. Ubicación de los pozos YPF.Md.AV.x-1 (Alto Verde), YPF.Md.AV.x-2 (Alto Verde), YPF.Md.CH-4, YPF.Md.AV-4 (Chañares Herrados) y el pozo YPF.Md.AV-5 (Alto Verde) sobre el mapa estructural al Tope de la Fm. Río Blanco interpretado con sísmica 3D y la imagen satelital mostrando el cauce del Río Tunuyán.

En la década del 60 se descubrieron los yacimientos del Bloque La Ventana, tales como: Punta de las Bardas, Río Viejas, Gran Bajada Blanca y Vacas Muertas ubicados en espolones estructurales con cierres combinados (Fig. 6), que producen petróleo de la Fm. Barrancas y Fm. Río Blanco y se encuentran en la continuación sur del eje estructural oriental.

Tomando como ejemplo estos descubrimientos se propusieron perforar con el mismo criterio los espolones en Mesa Verde. El sondeo YPF.Md.AV.x-6 (Alto Verde, 1967), perforó un espolón al oeste de los yacimientos Río Viejas y Punta de las Bardas atravesando toda la columna constatando la existencia de la Fm. Cacheuta en esta posición; sin embargo, no mostró evidencias de hidrocarburos en ninguna de las formaciones. Unos años después, se investigó sin éxito el espolón oeste con el pozo YPF.Md.AV.x-7 (Alto Verde, 1971) en el cual se constató la Fm. Cacheuta y niveles de la Fm. Río Blanco con muy escasos rastros de hidrocarburos, que se interpretaron como acuíferos por petrofísica.

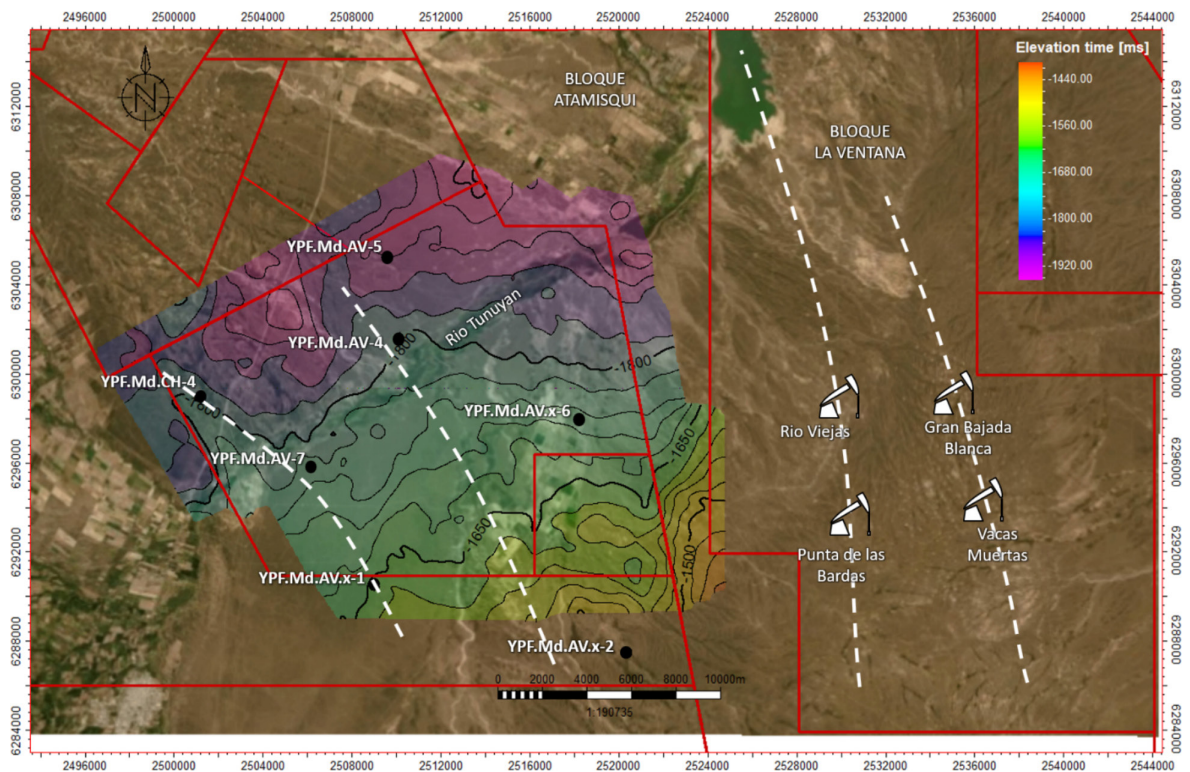


Figura 6. Ubicación de los Yacimientos descubiertos hasta la década del 80 y lineamientos de los espolones estructurales.

En 1974 se perforó el pozo YPF.Md.AV.x-8 (Alto Verde) ubicado más al sur del YPF.Md.AV.x-1, nuevamente sin éxito exploratorio, ya que se mantenía el modelo de prospección sobre el espolón. El pozo buscó las posibilidades hidrocarburíferas de las Formaciones Río Blanco y Potrerillos en las proximidades de su borde depositacional, fue el último perforado en el alto, constatando la ausencia de la Roca Madre (Fm. Cacheuta) y la falta de evidencias de hidrocarburos.

En la línea sísmica 2D de dirección norte-sur (Fig. 7), se encuentran ubicados los pozos perforados en esta primera etapa exploratoria, así como la interpretación sísmica de las distintas formaciones y la posición del cauce del Río Tunuyán.

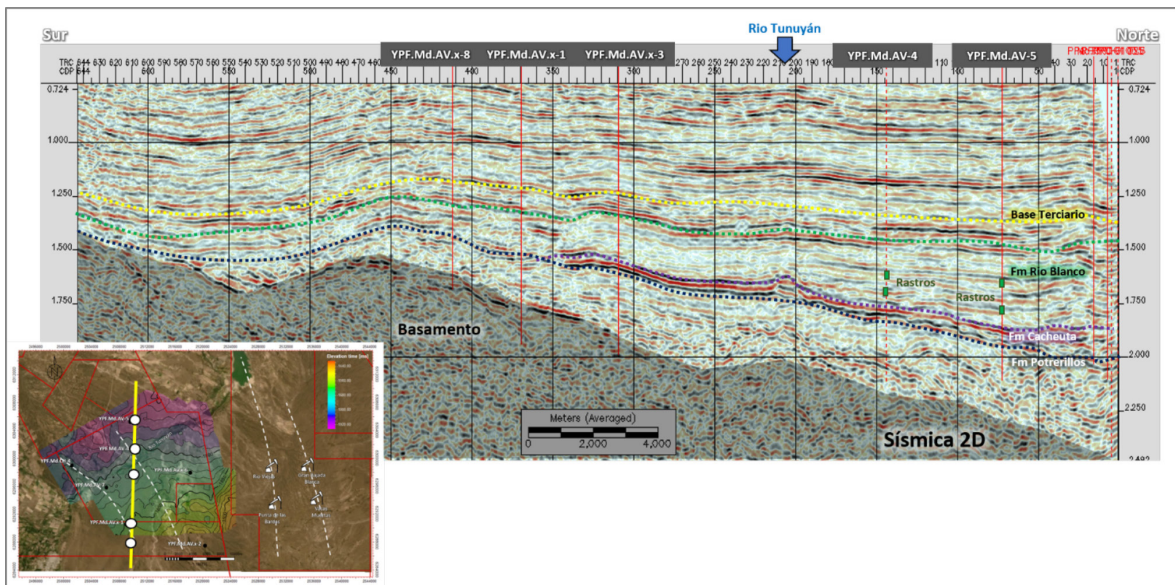


Figura 7. Línea sísmica 2D de dirección N-S con la ubicación de los pozos perforados hasta el año 1980.

Dos años después, se perforó el pozo YPF.Md.TB.x-1 (Tierras Blancas, 1976) también al norte del Río Tunuyán (Fig. 8). Este pozo atravesó toda la columna estratigráfica hasta la Fm. Cerro Las Cabras y durante la perforación se observaron rastros de hidrocarburos en las areniscas de la Fm. Río Blanco, sin embargo, según la interpretación petrofísica de los perfiles eléctricos, estos niveles eran acuíferos. Este sondeo se perforó en una de las posiciones estructurales más bajas del área para la Fm. Río Blanco.

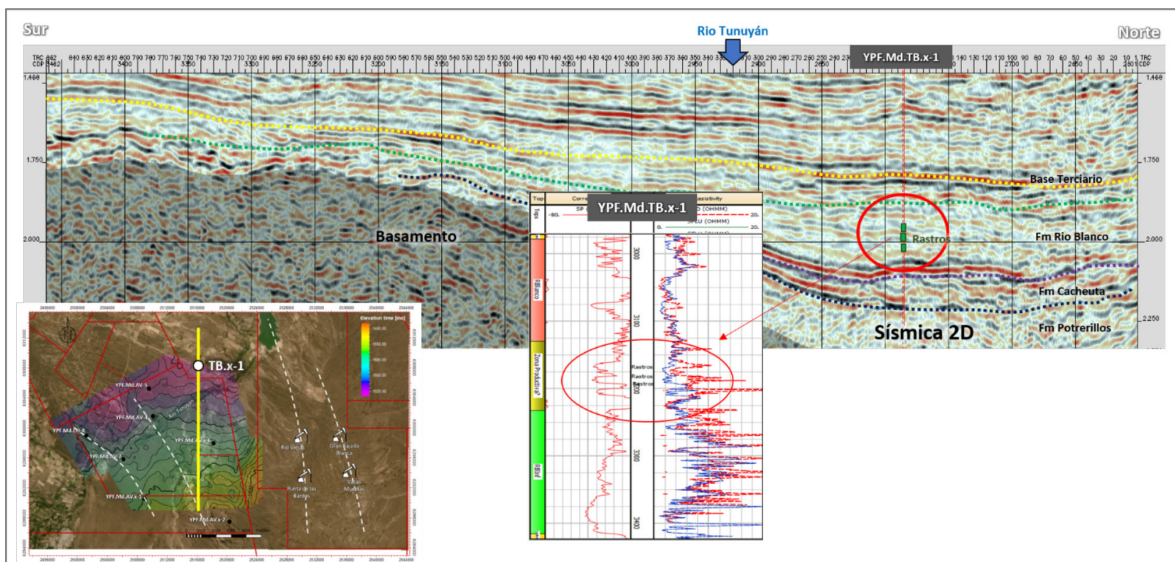


Figura 8. Sección sísmica 2D de dirección N-S sobre la posición del pozo YPF.Md.TB.x-1 y los perfiles eléctricos del pozo

SEGUNDA ETAPA EXPLORATORIA

Durante la primera etapa se perforaron en esta zona las estructuras y espolones sin éxito exploratorio.

Durante el comienzo de los '70 se descubrió petróleo en el yacimiento Ugarteche (Fig. 9) el cual fue desarrollado y puesto en producción, en la década siguiente. Este campo tenía la particularidad de que se encontraba ubicado en una zona entre los ejes productivos oriental y occidental de la cuenca, denominada “Zona Entre Ejes”. Esta situación alentó la exploración de trampas combinadas.

Por otro lado, en el año 1982 se produce el descubrimiento de hidrocarburos con la perforación del pozo YPF.Md.PPC.x-2 (Puesto Pozo Cercado), en el borde occidental de la Cuenca Cuyana (Fig. 9). El pozo tuvo una surgencia descontrolada de Petróleo y gas en niveles ubicados por debajo de la Fm. Cacheuta (Roca Madre) y llegó a acumular hasta 175.000 m³ de petróleo y 37 millones de m³ de gas en un período cercano a 20 años.

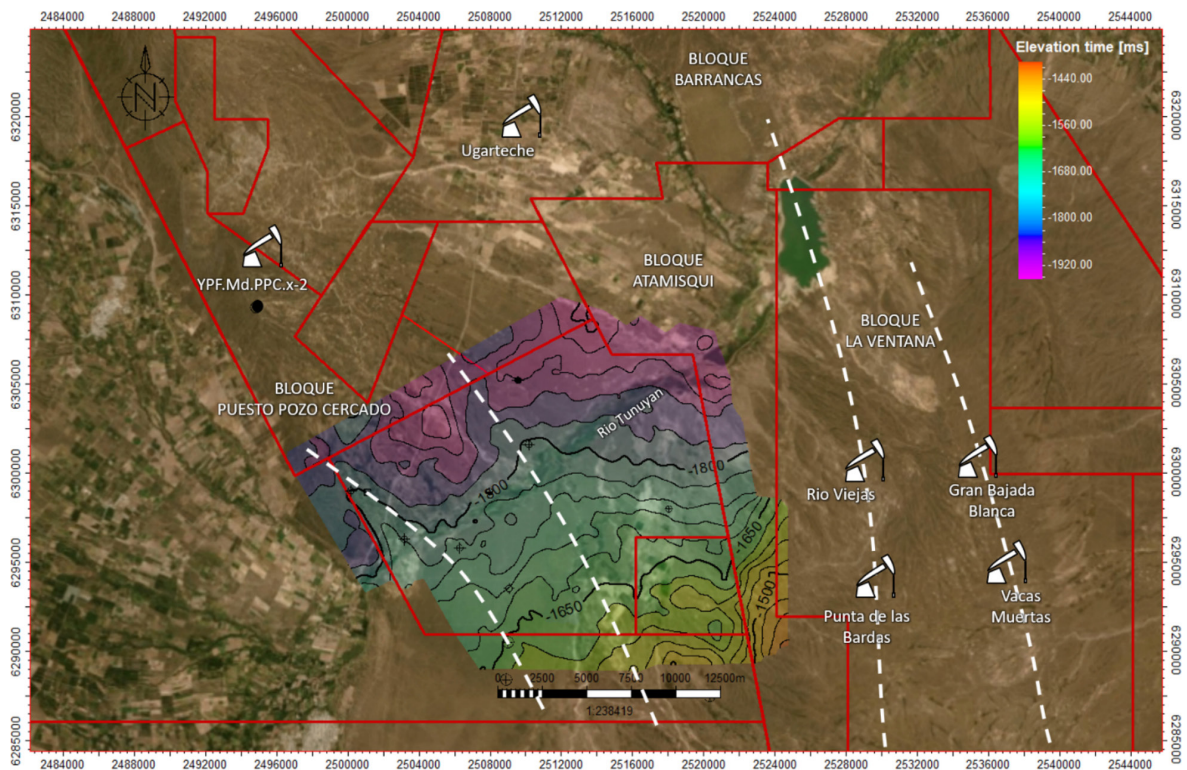


Figura 9. Ubicación del Yacimiento Ugarteche y el pozo YPF.Md.PPC.x-2 con respecto a la ubicación del Bloque Mesa Verde.

Con este concepto se perforó el pozo YPF.Md.EZ.x-2 (Estación Zapata, 1984) sin éxito y continuó la exploración del área con los pozos YPF.Md.CNe.x-1 (Cruz Negra), YPF.Md.BDV.x-1 (Bajada de los Viejos), ambos del año 1984 y el YPF.Md.PG x-1 (Puesto González, 1990).

El pozo YPF.Md.TBS.x-1 (Tierras Blancas Sur, 1985), perforado al norte del Río Tunuyán (Fig. 10), cercano a los Alto Verde YPF.Md.AV-4 y YPF.Md.AV-5, atravesó la Fm. Cacheuta y encontró manifestaciones de hidrocarburos, tanto en la Fm. Río Blanco como en la Fm. Potrerillos.

Hasta ese momento la sísmica disponible era 2D y lo único que podía verse eran sutiles acunamientos de las unidades triásicas hacia el sur, especialmente en la Fm. Río Blanco. Para proponer actividad adicional en esta zona era necesario contar con más información.

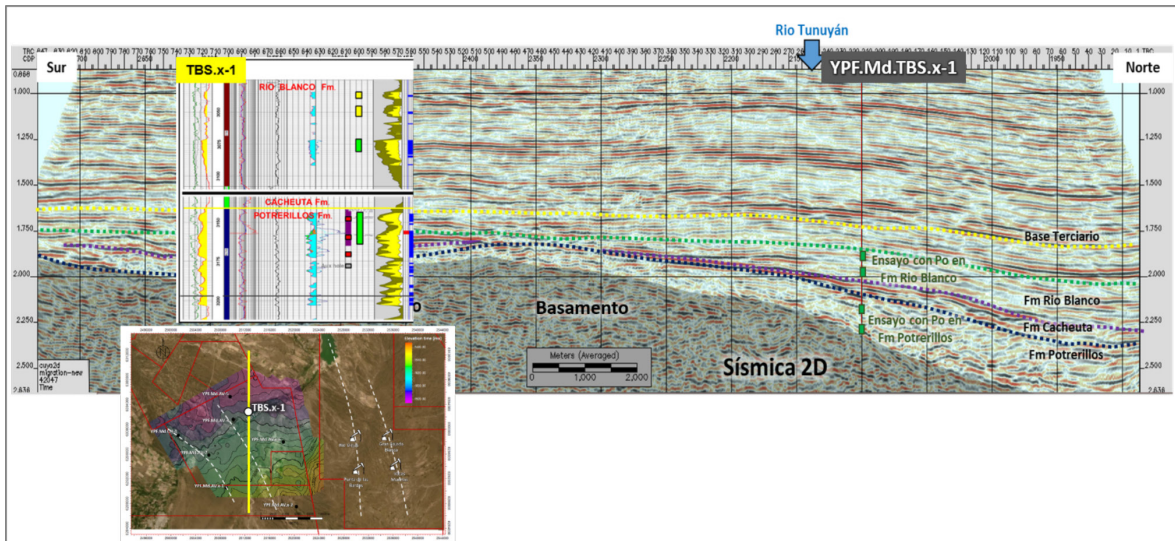


Figura 10. Línea sísmica 2D de dirección N-S incluyendo el pozo Tierras Blancas Sur YPF.Md.TBS.x-1 y la interpretación petrofísica para las Formaciones Río Blanco y Potrerillos.

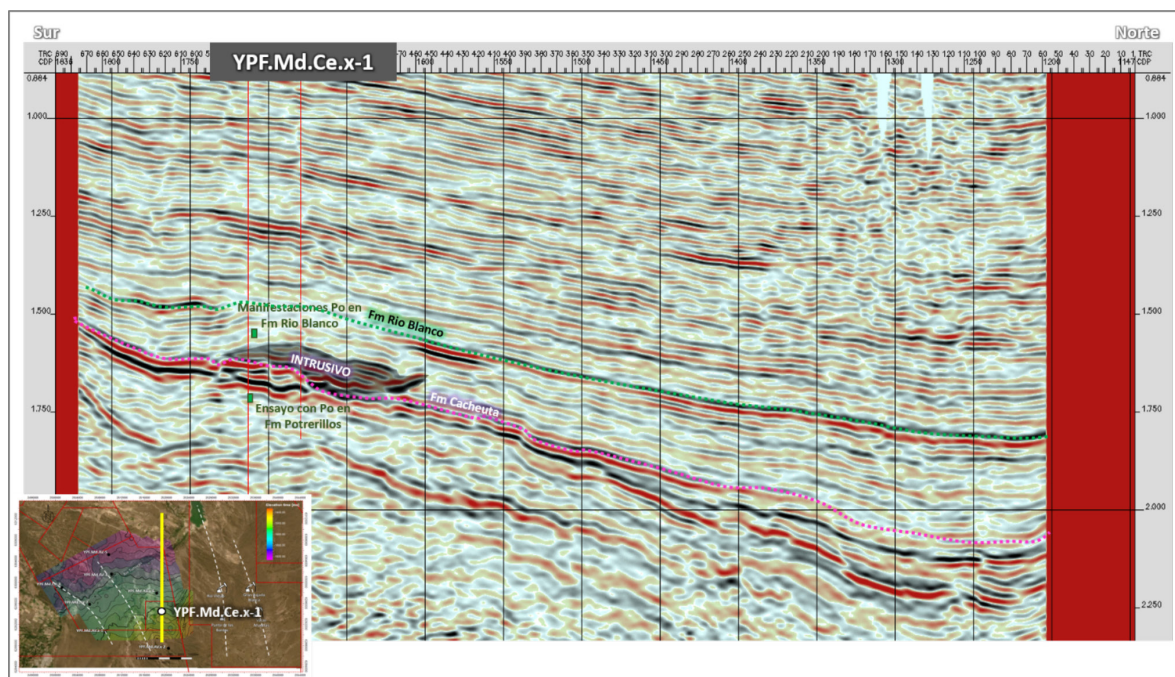


Figura 11. Línea sísmica 2D de dirección N-S con la ubicación del pozo YPF.Md.Ce.x-1 (Ceferino)

Desde el YPF.Md.TBS.x-1 (Tierras Blancas Sur) no se volvió a perforar en la zona, hasta el descubrimiento de Oxy-Astra con el pozo OXY.Md.Ce.x-1 (Ceferino, 1995), ubicado al sur del bloque. Este pozo mostró por primera vez la asociación de intrusivos con zonas productivas. Estos intrusivos de edades cretácico - jurásico se emplazan en la base de la Fm. Río Blanco abovedando la columna suprayacente, formando así una trampa estructural con cierre en cuatro direcciones (Fig. 11).

TERCERA ETAPA EXPLORATORIA

Esta etapa comienza a partir del año 2000 y se caracteriza por la búsqueda de trampas asociadas a intrusivos.

Se registraron varios programas de sísmica 3D en zonas vecinas, cuya interpretación dio lugar a nuevos descubrimientos, como el yacimiento Cañada Dura en el Bloque Vizcacheras a unos 20 km al este de Mesa Verde, donde la trampa es una estructura con cierre en cuatro direcciones generada por la intrusión de un cuerpo ígneo.

Otro descubrimiento fue el del Yacimiento Puesto Pozo Cercado, al norte del Bloque Mesa Verde, que consiste en una estructura con cierre en cuatro direcciones generada por la inserción

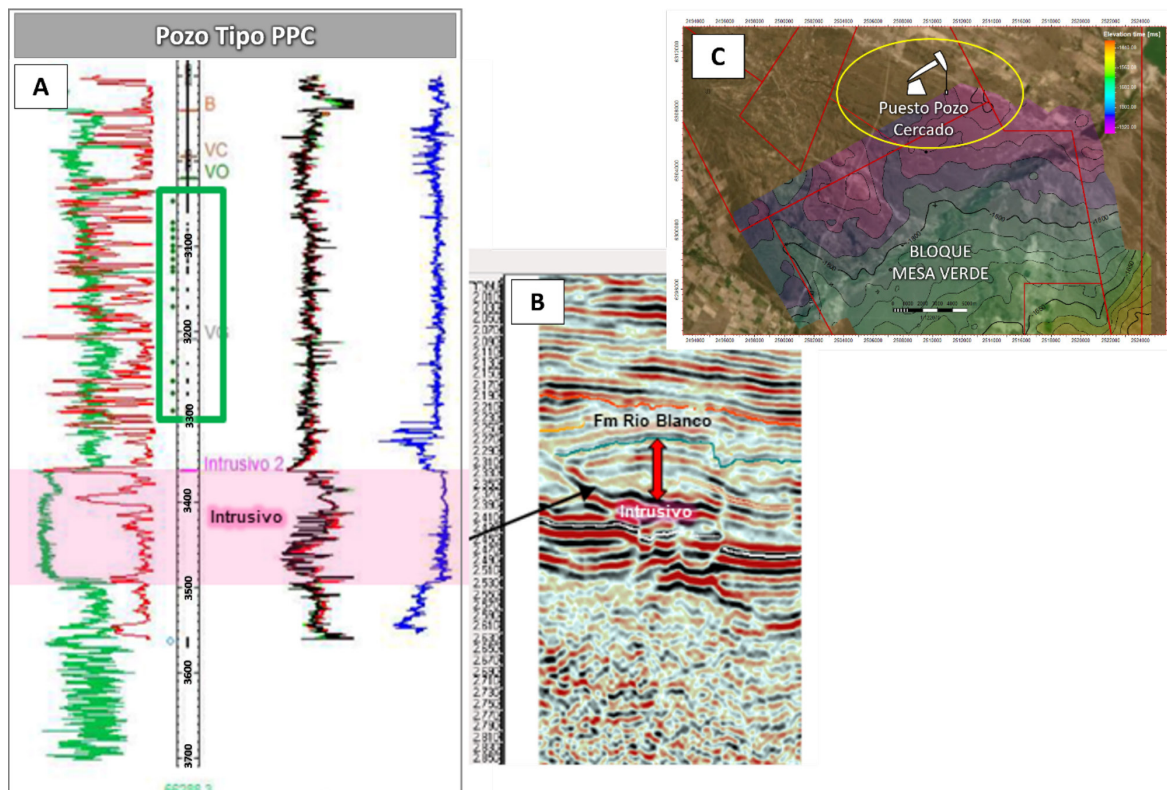


Figura 12. A. Perfiles tipo del Yacimiento Puesto Pozo Cercado. B. Sección sísmica 3D de dirección SO-NE sobre el Yacimiento. C. Ubicación del Yacimiento.

de un filón en la base de la Fm. Río Blanco. Esta estructura fue perforada en el año 2006 por la Petrolera El Trébol con el pozo CHE.Md.PPC-1002 (Puesto Pozo Cercado), que resultó productivo de los niveles arenosos de la Fm. Río Blanco por encima del intrusivo (Fig. 12).

Posteriormente, se adjudicó el bloque CCyB-17B a la compañía Apache que registró en el año 2010, 358 km² de sísmica 3D cubriendo la actual zona de Mesa Verde. Con la interpretación de la misma se procedió a la ubicación y perforación del pozo APA.Md.AVN.x-1 (Alto Verde Norte x-1) en el año 2011, en una estructura generada por el emplazamiento de un intrusivo en la base de la Fm. Río Blanco, con un modelo similar al Yacimiento Puesto Pozo Cercado. El pozo resultó descubridor y productor de petróleo durante tres meses de la Fm. Río Blanco (Fig. 13).

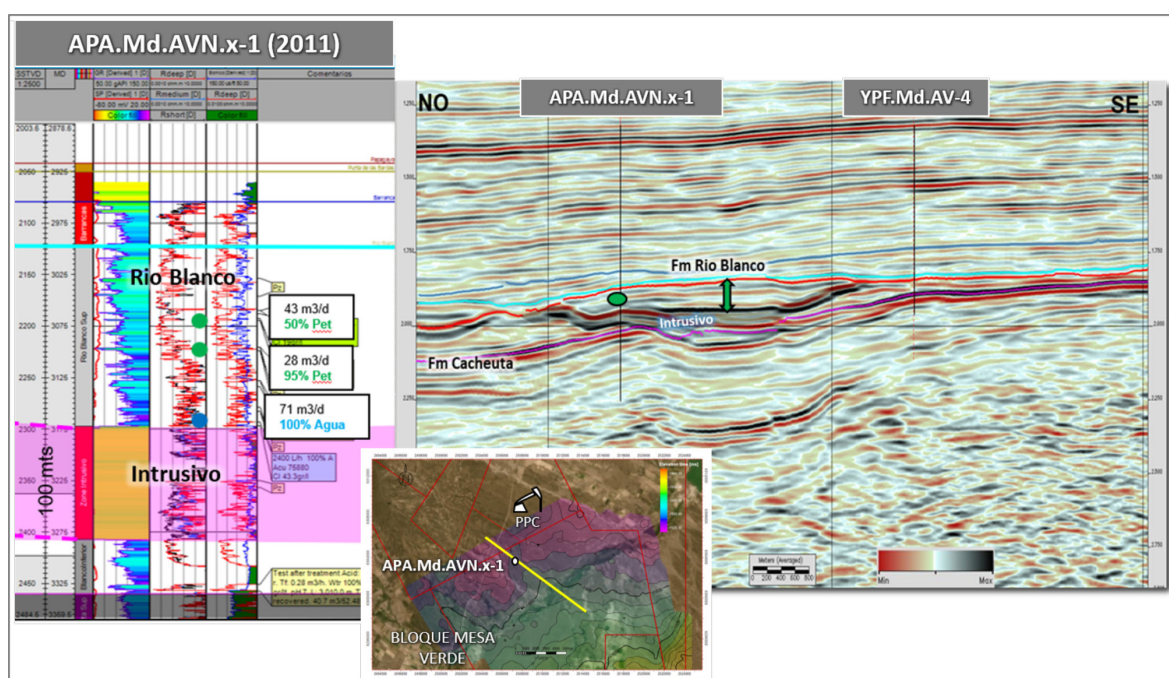


Figura 13. Detalle del pozo APA.Md.AVN.x-1 perforado por Apache y línea sísmica 2D de dirección SO-NE con la ubicación del pozo.

CUARTA ETAPA EXPLORATORIA

Se produce el descubrimiento del Yacimiento Mesa Verde con el pozo YPF.Md.MV.x-1 (Mesa Verde) en el año 2015.

Después de probar el modelo en el que se exploraron estructuras generadas por intrusivos y espolones, para continuar con la exploración en el bloque era necesario investigar trampas sutiles con la ayuda de la sísmica 3D en los sectores más bajos del bloque.

En 2014, YPF adquiere las divisiones de Apache y se hace cargo del bloque a partir de su subsidiaria Y-Sur.

En el año 2015 Y-Sur buscando una trampa estratigráfica, perforó en el rincón norte del bloque, en una posición estructural relativamente más baja, el YPF.Md.MV.x-1 (Mesa Verde) (Fig. 14).

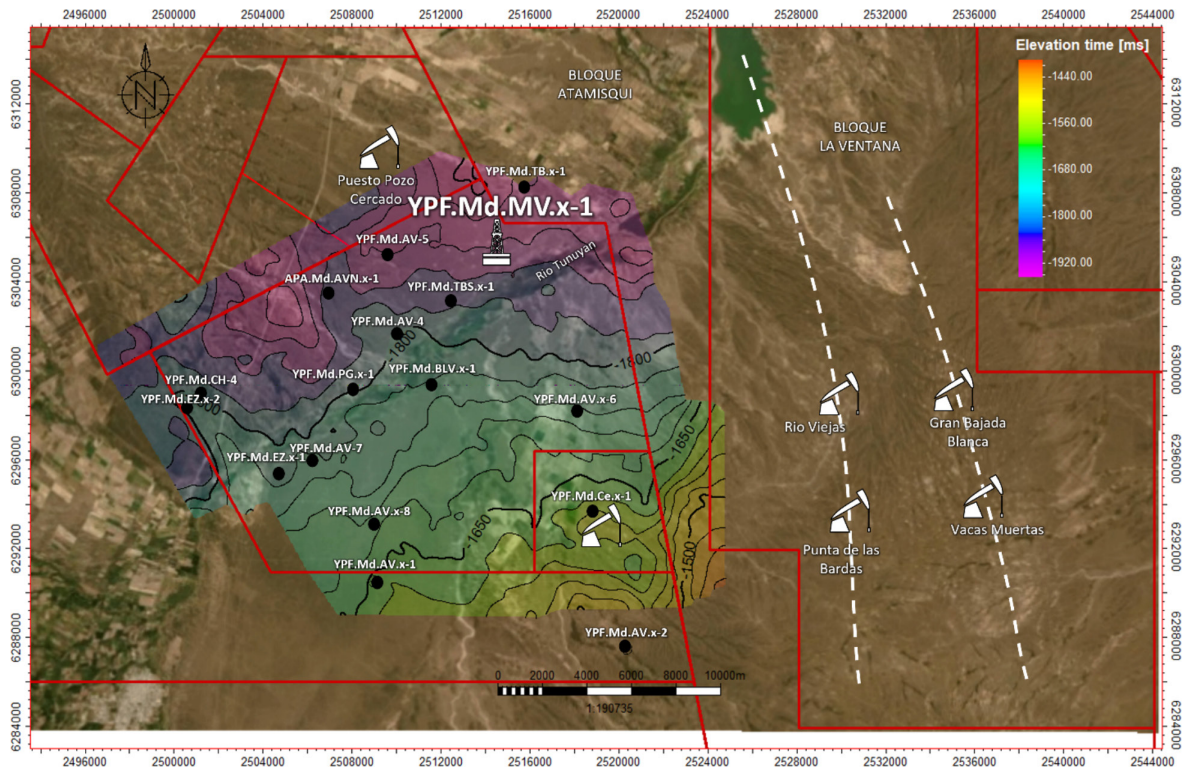


Figura 14. Ubicación del pozo YPF.Md.MV.x-1 (Mesa Verde) sobre el mapa estructural al Tope de Fm. Río Blanco.

Durante la perforación del pozo citado, se documentaron capas sobrepresionadas en la Fm. Río Blanco, que no era usual encontrar en el resto de la Cuenca. Esta sobrepresión podría estar asociada a la presencia de hidrocarburos. Al atravesar la parte media e inferior de la Fm. Río Blanco, se reconocieron impregnaciones totales de hidrocarburos en las areniscas de esta unidad.

Durante la terminación a fines del 2015, estas evidencias fueron confirmadas con producciones de petróleo surgente de Río Blanco medio e inferior, con caudales de 2.400 l/h con 92% de petróleo de 28°API, por orificio de 4 mm y presión en boca de pozo de 470 psi (Fig. 15).

El YPF.Md.MV.x-1 atravesó el tope de la Fm. Río Blanco a la cota de 2265 TVDSS, siendo ésta la más baja de los pozos perforados en el Bloque.

En la posición del pozo, sobre la sísmica en tiempo PSTM (Fig. 16) se pueden apreciar unos reflectores dentro de la Fm. Río Blanco de color rojo representando amplitud negativa, que se terminan contra el alto de basamento hacia el suroeste. Esta terminación se encuentra marcada con un círculo rojo en la Fig. 16.

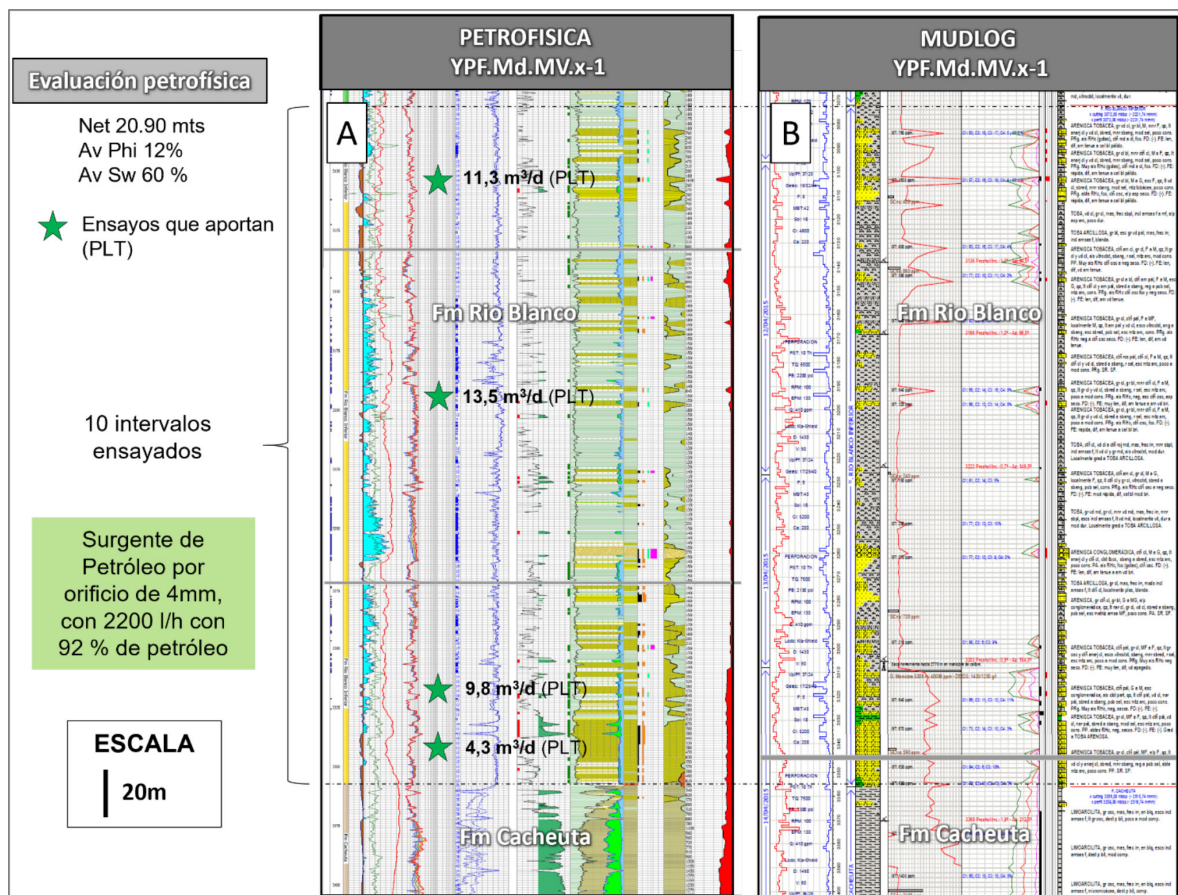


Figura 15. A. Interpretación Petrofísica de los niveles con Petróleo del pozo descubridor YPF.Md.MV.x-1. B. Mudlog del tramo productivo de la Fm. Río Blanco.

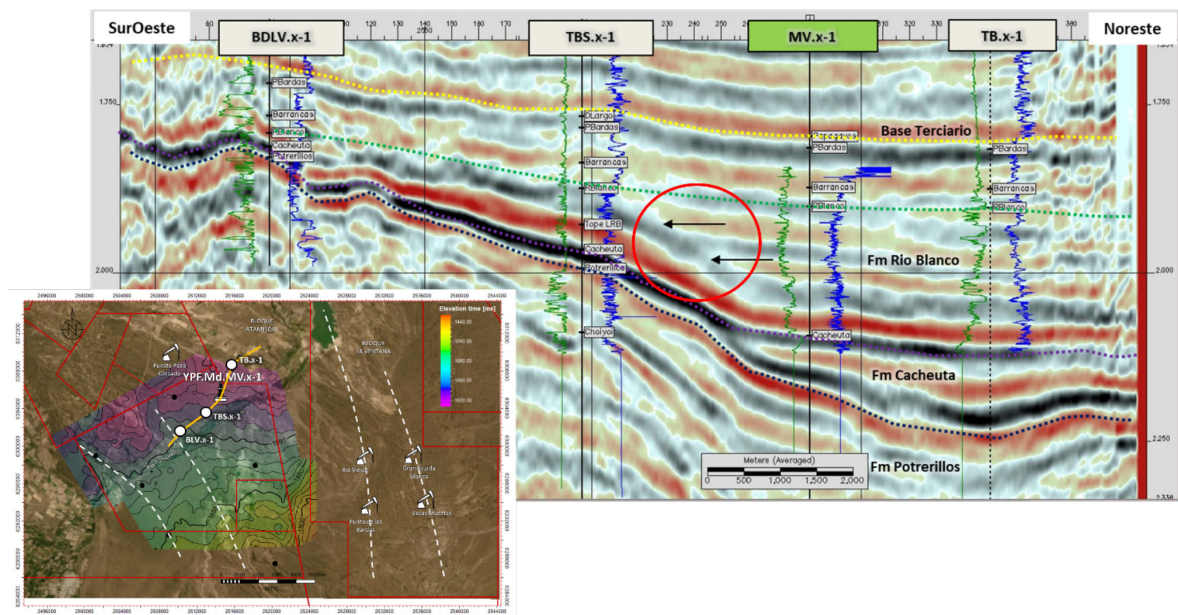


Figura 16. Línea sísmica SO-NE con la posición del pozo descubridor.

La extensión del yacimiento se define por el *onlap* de estos reflectores identificados en diferentes direcciones (Fig. 17). Por otro lado, la disminución de espesor de dichas secciones también se asocia a un desmejoramiento de las propiedades petrofísicas, como se puede comprobar por los resultados del pozo YPF.Md.AV.x-6 (Fig. 17), ubicado al sur del yacimiento, donde no existe casi reservorio.

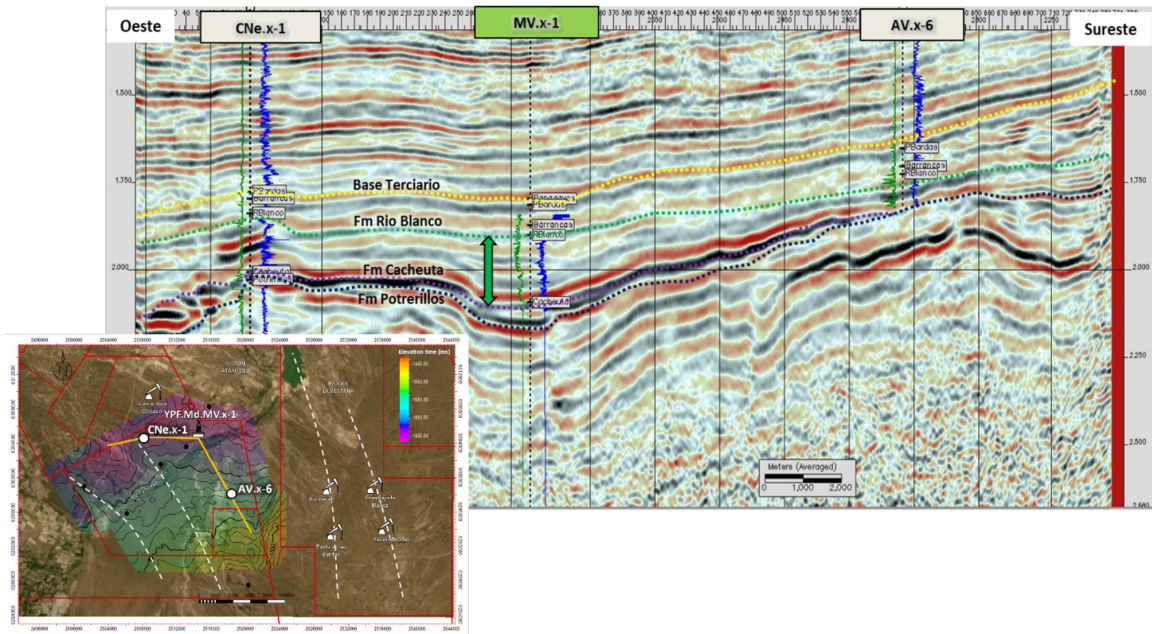


Figura 17. Línea sísmica compuesta con la posición del pozo descubridor.

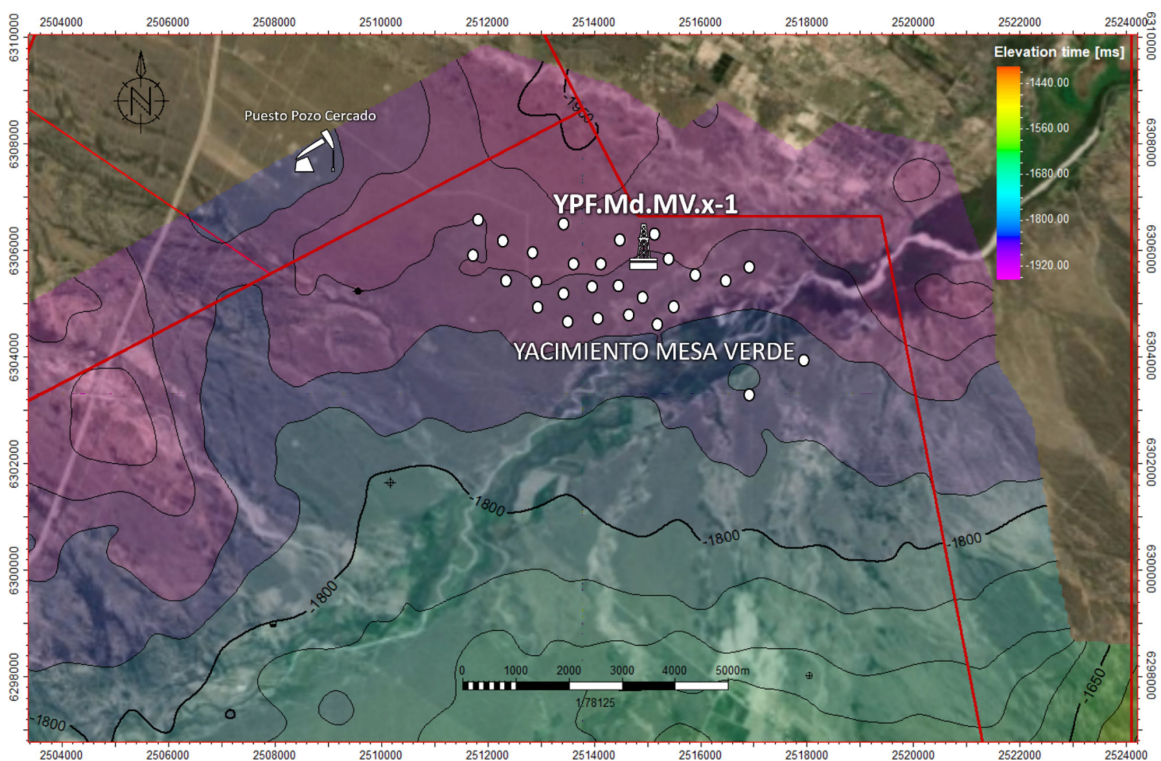


Figura 18. Ubicación del pozo descubridor YPF.Md.MV.x-1 de Petróleo sobre el mapa estructural de Fm. Río Blanco.

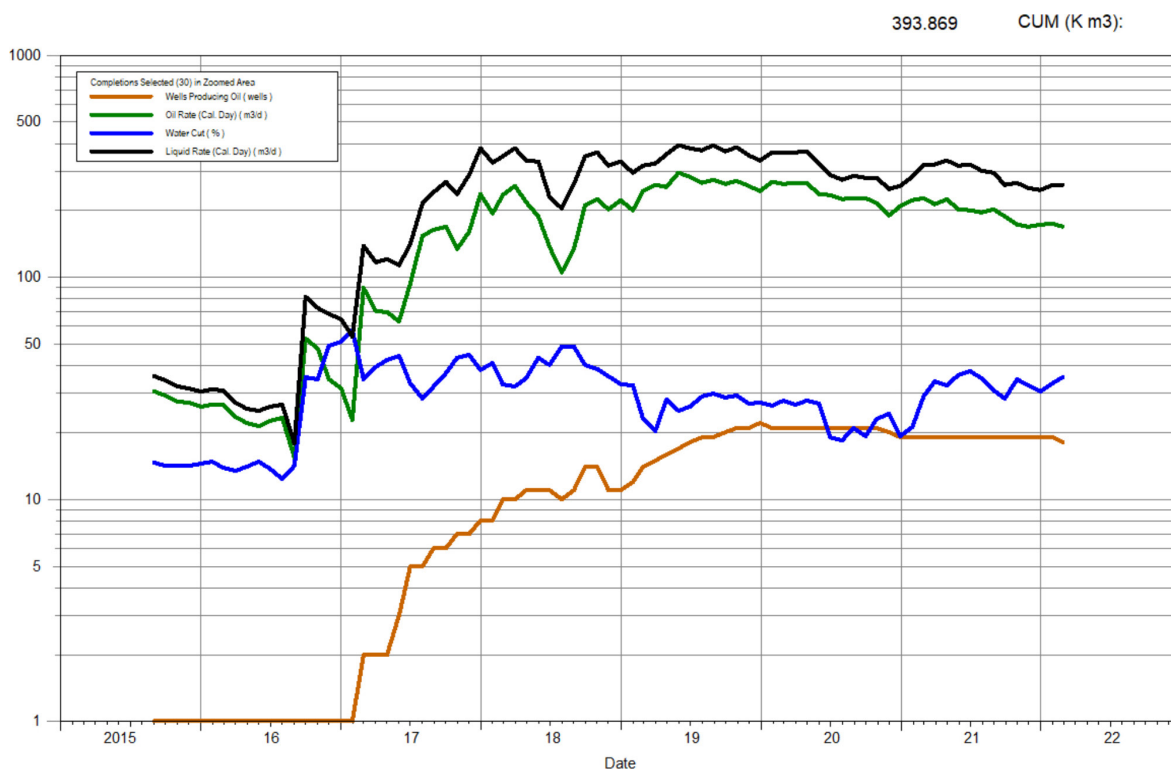
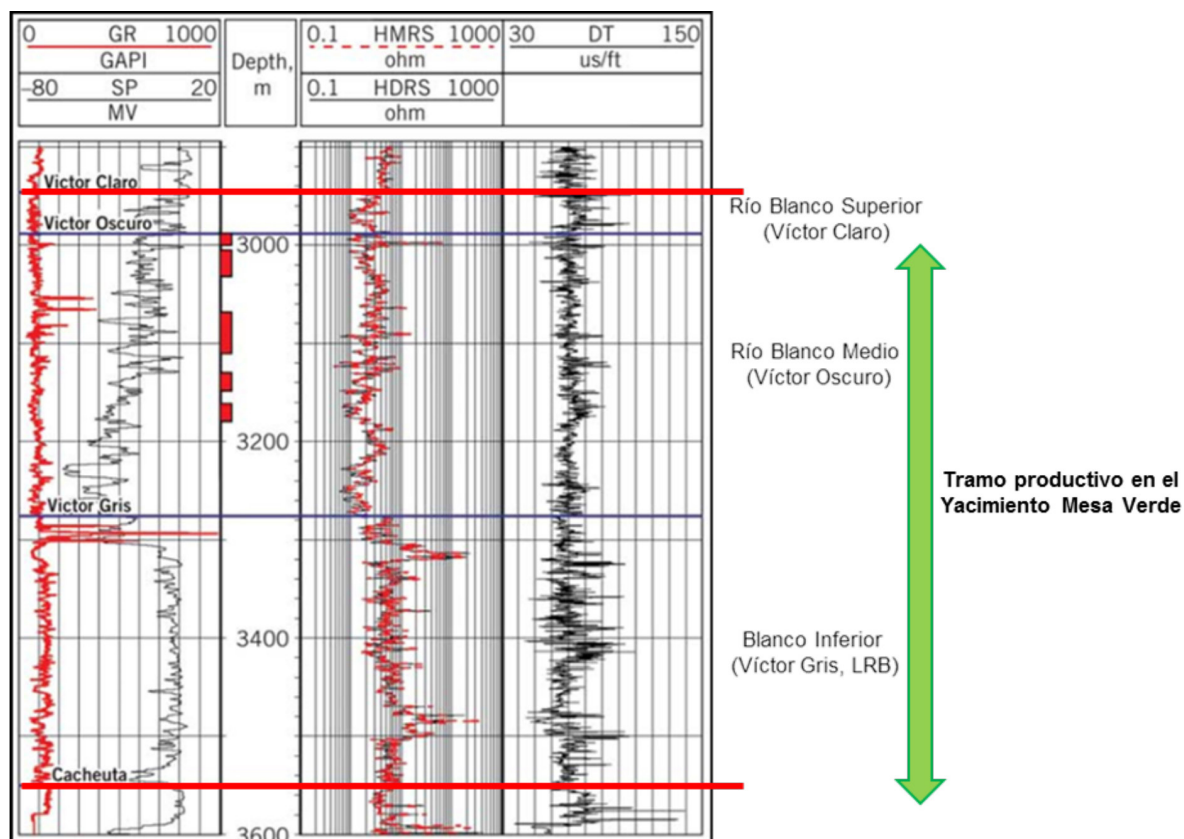


Figura 19. Gráfico de producción acumulada del yacimiento.

Figura 20. Perfil tipo del área y los intervalos de la Formación Río Blanco. Scolari, J.C., *et al.*, 2002.

Después del descubrimiento del pozo Mesa Verde x-1, en octubre de 2016 la provincia de Mendoza adjudicó a YPF el bloque de explotación. A partir de esa fecha comenzó el desarrollo y producción del yacimiento (Fig. 18).

Actualmente el Yacimiento Mesa Verde tiene 29 pozos perforados, de los cuales 26 son productores. Acumuló en 6 años 2,5 millones de barriles (casi 400.000 m³) (Fig. 19) con una estimación al final de la vida del yacimiento de 6,84 millones de barriles equivalentes de petróleo (1,1 Mm³ equivalentes).

El yacimiento continúa en producción de los niveles inferior y medio de la Fm. Río Blanco (Fig. 20).

La Fm. Río Blanco se caracteriza por tener, en algunos lugares de la cuenca, depósitos asociados a ambientes lacustres, representados por la sección inferior de esta formación (Víctor Gris), directamente apoyada sobre la Fm. Cacheuta, seguidos por depósitos fluviales correspondientes al Río Blanco medio (Víctor Oscuro) y terminando con la sección superior de la Fm. Río Blanco (Víctor Claro) con predominancia de depósitos tobáceos en un ambiente fluvial.

Dentro de la Fm. Río Blanco, existen varias discordancias internas que dan cuenta de los movimientos tectónicos producidos en la cuenca para aquel momento (PyT Consultora, 2004). Estas discordancias fueron identificadas por la interpretación de los 1500 km² de sísmica 3D que cubren la mayor parte de la zona productiva. En esta interpretación, varios niveles dentro de la Fm. Río Blanco presentan truncaciones erosivas, *onlaps* y *pinch outs* en diversos lugares de la cuenca.

En el caso de Mesa Verde, la sección superior de la Fm. Río Blanco (Víctor Claro) constituida por abundante material piroclástico, se apoya sobre la sección media (Víctor Oscuro) mediante discordancia erosiva que actúa como sello de la trampa estratigráfica que dio lugar al yacimiento. En la Figura 16 se puede visualizar la truncación erosiva de la sección superior sobre la sección media de Río Blanco y también los *pinch out* de los niveles inferiores hacia el alto de Basamento.

Una representación de estos ambientes en los afloramientos de la Fm. Río Blanco en diferentes zonas de la cuenca cuyana (Potrerillos y la reserva de Divisadero Largo), y su correspondencia con los perfiles de un pozo tipo para esta formación, se pueden observar en la Figura 21, donde para la sección inferior se aprecian geoformas de oleaje, asociadas a la orilla del lago como *wave ripples* y progradaciones; sistemas de canales fluviales de baja energía para la sección media y potentes bancos de material piroclástico correspondientes a canales fluviales, para la sección superior (Catuneanu, O. 2017).

Después de la perforación del pozo YPF.Md.MV.x-1, el desarrollo del yacimiento se basó en el mapa isocronopáquico del intervalo productivo interpretado con sísmica 3D, donde la localización de los acuíferos queda definida por la disminución de espesor en tiempo (Fig. 22). Hacia el norte del yacimiento, existe una mejora de las propiedades petrofísicas, sin embargo, existe un mayor riesgo de punzar por debajo del contacto de agua (OWC). Hacia el sur, además del acuífero, existe un sello lateral (Gómez, G., *et al.*, 2018).

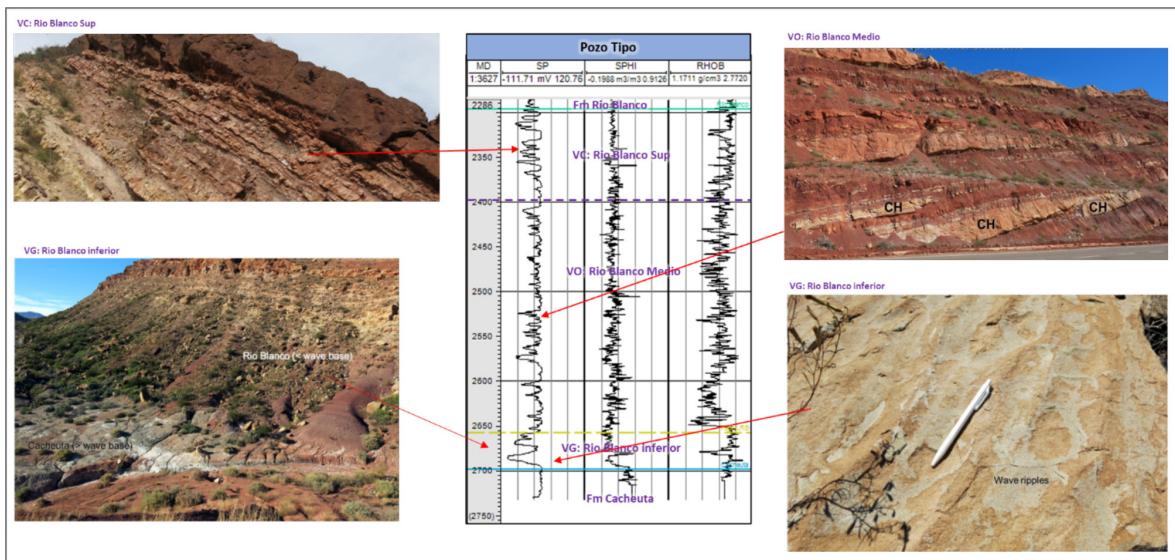


Figura 21. Ambientes sedimentarios de los intervalos de la Formación Río Blanco. Salida de Campo interna 2017 fotografías de afloramientos cortesía de O. Catuneanu (2017).

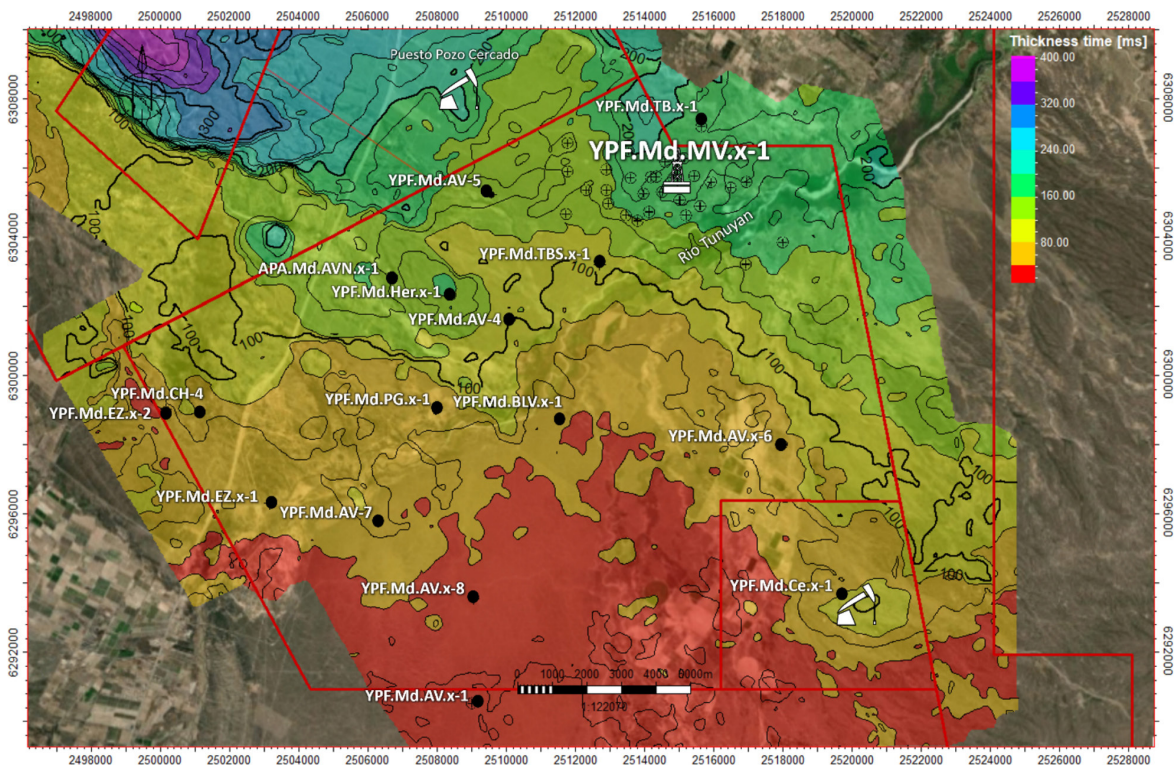


Figura 22. Mapa isocronopáquico del tramo productivo de la Fm. Río Blanco en el Yacimiento Mesa Verde.

Para el desarrollo del yacimiento se interpretaron los cubos sísmicos PSTM (*Pre stack time migration*) y PSDM (*Pre stack depth migration*), utilizando diferentes atributos y facies sísmicas basadas en las variaciones de la forma de onda.

El tamaño de los cuerpos canalizados correspondientes a los depósitos fluvio-deltaicos de la Fm. Río Blanco, se encuentran por debajo de la resolución sísmica. No obstante, mediante algunos atributos se interpretan unas posibles canalizaciones desde el alto de basamento hacia la zona donde se encuentra el yacimiento (Fig. 23). Con la misma técnica se identificaron y delimitaron los cuerpos ígneos, donde se perforaron los pozos APA.Md.AVN.x-1 (Alto Verde Norte), el pozo YPF.Md.CNe.x-1 (Cruz Negra), así como los intrusivos que dan lugar al Yacimiento de Ceferino, localizado al sur este del bloque.

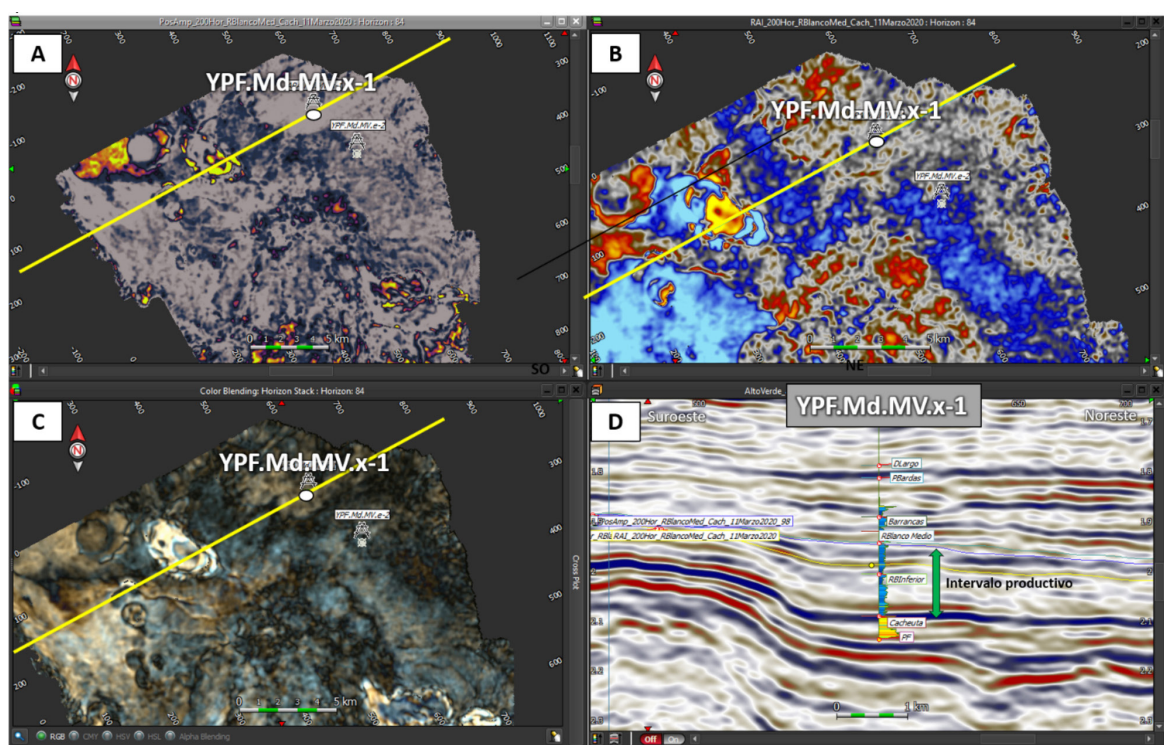


Figura 23. Atributos al nivel de Río Blanco medio. A. Suma de amplitudes positivas. B. Impedancia Acústica relativa. C. Descomposición espectral. D. Sección sísmica SO-NE con la ubicación del pozo MV.x-1.

La estimación de las propiedades petrofísicas y/o geomecánicas utilizando la información sísmica es compleja, debido no sólo al escaso desarrollo de los niveles canalizados fluviales, sino también a la existencia de procesos diagenéticos que provocan una falta de correlación areal de las propiedades medidas en testigos corona y los perfiles de pozo (Gómez, G. *et al.*, propuesto para CONEXPLO 2022).

CONCLUSIONES

Con diferentes modelos geológicos de entrapamiento se perforó a lo largo del tiempo en esta zona, sin obtener ningún éxito exploratorio.

A partir de la adquisición de la sísmica 3D y su interpretación, se propuso la perforación del pozo YPF.Md.MV.x-1 (Mesa Verde) que resultó descubridor de petróleo de la Fm. Río Blanco en una zona estructuralmente baja y cercano a numerosos pozos anteriormente perforados.

Este descubrimiento fue producto de la perseverancia de los geocientistas que a lo largo de los años continuaron buscando nuevas posibilidades con diferentes enfoques, apoyados en el desarrollo de nuevas tecnologías disponibles que permitieron, explorar lo diferente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su reconocimiento a los grupos de proyectos de Apache que presentaron la primera propuesta, de Y-Sur que se arriesgaron a perforar el pozo que luego sería el descubridor y a YPF que decidió solicitar un bloque de explotación e invertir en el desarrollo del yacimiento. Gracias a Emmanuel Sapira, Vicente Lerena, Hernan Oberlander, Muriel Miller y Guillermo Fratti.

Al grupo de YPF Exploración; Bárbara Villoslada, Licia Manacorda, Luis Anzulovich, Leonardo Rodríguez, Hernán Maretto, Fernanda Raggio, Lucía Ciancio, Carolina González, Gustavo Pérez, Cecilia Rodríguez, Pablo Giampaoli, Marcelo Koremblit y Daniel Lorenzo.

A los grupos de Desarrollo en YPF: Marcos Rueda, Dante Crosta, Sergio Acosta, Juan Carlos Scolari, Ulises Gómez, Sergio Cesano, Leticia Menegazzo, María Eugenia Valverde, Carlos Pastore, Diosa Ramones, José María Jáuregui, Jorge Posse, Pedro Vicencio.

A los grupos de Perforación y WO: Gustavo Campitelli, Martin Sturla, Dario Collareda, Daniel García y al grupo de especialidades: Raul Krasuk, Jose Hasbani, Juan Soldo.

También el agradecimiento a los editores del Libro de Crónicas de Exploración y Desarrollo del IAPG en prensa que alentaron a difundir la experiencia prospectiva de Mesa Verde en una publicación con mayor detalle técnico. Asimismo, agradecen a YPF.S.A. por permitir la publicación de este trabajo

REFERENCIAS CITADAS

- | | |
|---|---|
| Biondi, J.L., 1936. Informe SG. 69. YPF (inédito). | tino del Petróleo y Gas (Mar del Plata), Actas: 585-607. |
| 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, 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Instituto Argen- | Borello, A. V., 1942. Estratigrafía y tectónica del Triasico - retense en los alrededores de Potrerillos (Pcia de Mendoza). Tesis del Museo de La Plata (inédita) |
| | Borello, A. V., 1962. Fanglomerado Río Mendoza (Triasico - Pcia de Mendoza). Notas de la Comision |

- Investigación Científica de la Provincia de Buenos Aires 1(3), p. 1-9.
- Catuneanu, O. 2017. Informe interno YPF S.A.
- 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.
- Giambiagi, L., Mescua, J., Folguera, A., y Martínez, A., 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.
- Gómez, G., Rueda, M., Pastore, C., Valverde, M., J. Scolari, 2018. Mesa Verde, Nuevo Yacimiento de la Cuenca Cuyana. X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG. Simposio de Desarrollo de Hidrocarburos: p. 253-268
- Gómez G., Valverde E. y Rueda M. 2022. Modelo estático-dinámico de Mesa Verde. (Entregado) XI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG.
- 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).
- Heredia, S. y Gallardo, G., 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.
- Kokogian, D.A. y Boggetti, D., 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., 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
- Kokogian, D., Fernandez Seveso, F. y Mosquera, A., 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.A., *et al.*, 1999. "Los depósitos continentales triásicos". Instituto de geología de Recursos Minerales. Geología argentina. Anales n°29 (15) 377-398, Buenos Aires.
- Legarreta, L., *et al.*, 1992. Estructuración terciaria de la Cuenca Cuyana: ¿Cuánto de inversión tectónica? Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47 (1): 83-86 (1992)
- PyT Consultora, 2004 "Evaluación de Potencialidad Petrolífera de la Formación Río Blanco" Informe interno Repsol-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 Criado Roque, P., 1970. Geología de la provincia de Mendoza. Actas de la 4° Jornadas Geológicas argentinas, 2: p. 1-60.
- Scolari C., Ayala, M., Regazzoni, C., Anzulovich, L., y Boggetti, D., 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., Morel, E., Artabe, A., Zavattieri, A., Ganuza, D., 2005. Estratigrafía, facies y paleoflora de la sucesión triásica de Potrerillos, Mendoza, República Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 32, p. 249-272.
- Vergani, G. (Editor), 2022. Libro de Crónicas de Exploración y Desarrollo del IAPG
- Zencich, S., Calegari, R., Scolari, J.C., Posse, J., Gómez, G., Boggetti, D., y Manceda, R., 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., Villar, H., y Boggetti, D., 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.