



SISTEMAS PETROLEROS Y TIPOS DE ENTRAMPAMIENTOS EN LA CUENCA NEUQUINA

Gustavo Vergani¹, Carlos Arregui² y Osvaldo Carbone²

1. Pluspetrol SA gvergani@pluspetrol.net 2. Petrobras Argentina SA carlos.arregui@petrobras.com 3. Petrobras Argentina SA osvaldo.carbone@petrobras.com

RESUMEN

Con casi un siglo de historia exploratoria y productiva de hidrocarburos, la Cuenca Neuquina contiene cinco sistemas petroleros de diferente importancia, distribuidos en una columna sedimentaria mesozoica que ha documentado ciclos transgresivos y regresivos responsables de la distribución de rocas generadoras, reservorios y sellos. La incorporación de los nuevos aportes tecnológicos fue paralela al conocimiento de los sistemas depositacionales que permitieron delinear la exploración en la cuenca. En la actualidad si bien es reconocida como una cuenca madura en la prospección de acumulaciones convencionales, guarda aún enormes perspectivas en la búsqueda de hidrocarburos en los reservorios no tradicionales.

Palabras clave: Sistema Petrolero, Formación Vaca Muerta, Cuenca Neuquina

ABSTRACT

Petroleum systems and trap types from the Neuquén Basin. - With almost a century of exploratory and productive history in hydrocarbons, Neuquén Basin contains five petroleum systems of different importance distributed in a mesozoic sedimentary column that has shown transgressive and regressive cycles that are responsible for the distribution of source rocks, reservoirs and seals. The incorporation of new technology was parallel to the improvement of the knowledge of the depositional systems that helped outline the exploration in the basin. Nowadays, it is known as a prospective mature basin nevertheless has enormous perspectives in non traditional reservoirs.

Key words: Petroleum system, Vaca Muerta Formation, Neuquén Basin

INTRODUCCION

El depocentro sedimentario mesozoico neuquino contiene rocas de diferentes ambientes depositacionales, desde marinos a continentales, muchas de ellas de interés económico. En la región cordillerana de la provincia, ubicada al oeste, afloran gran parte de las unidades litológicas mesozoicas junto a rocas sedimentarias y volcánicas terciarias. En la porción central y oriental de la cubeta, las unidades geológicas se encuentran en el subsuelo y su conocimiento se debe a la gran cantidad de información sísmica y de pozos realizados durante casi un siglo de actividad petrolera. Esta actividad está relacionada principalmente a la exploración y producción de hidrocarburos con gran cantidad de yacimientos distribuidos en gran parte de la cuenca (Fig. 1). Contiene más de 589.000 km de sísmica 2D, 26.600 km² de sísmica 3D adquiridos y más de 10.000 pozos entre exploratorios y de producción, lo que ubica a la provincia de Neuquén dentro de las más estudiadas en la Argentina (Leanza 2009).

El concepto de Sistema Petrolero (Magoon & Dow 1994), describe en forma integral y evolutiva los distintos elementos y procesos que intervienen para que una acumulación de hidrocarburos exista, desde el depocentro sedimentario de roca generadora a la trampa que lo aloja.

Los elementos del sistema son: roca madre, reservorio, sello y las vías de migración.

Los procesos asociados son la generación, migración, acumulación y preservación de los hidrocarburos conjuntamente con la formación de una trampa que los contiene.

Cada uno de estos elementos deben estar ubicados en una secuencia de tiempo y espacio compatibles para

que puedan formar una acumulación de hidrocarburos (Magoon & Dow 1994).

Play es el término que involucra acumulaciones conocidas o posibles que comparten una roca madre en común y similitudes de entrapamiento. Este concepto será utilizado para agrupar los principales yacimientos de la provincia de Neuquén.

MARCO ESTRATIGRÁFICO Y ESTRUCTURAL

En varios capítulos de este libro se detallan los aspectos stratigráficos y estructurales de la Cuenca Neuquina que por su variedad de depósitos sedimentarios y volcánicos junto a la influencia que ellos tienen en la deformación estructural presente. Si a su vez consideramos la geología relacionada a los hidrocarburos, hacen de esta región una de las más interesantes para su estudio en Argentina. Este hecho se ve favorecido por los excelentes afloramientos ubicados en la región occidental y la accesibilidad a los mismos que se refleja en la gran cantidad de trabajos publicados e inéditos. Promovidos en muchos casos por la existencia de hidrocarburos, lo que motiva el análisis de las rocas generadoras y reservorios aflorantes. Esto es reforzado por una gran cantidad de información del subsuelo, proveniente de datos sísmicos y pozos, muchos de los cuales han salido a la luz en numerosos trabajos regionales y de recopilación en congresos realizados en nuestro país y el exterior (Vergani *et al.* 1995; Uliana *et al.* 1999; Cruz *et al.* 1999; Mendiberri & Carbone 2002; Legarreta *et al.* 2004; Legarreta *et al.* 2005, entre otros).

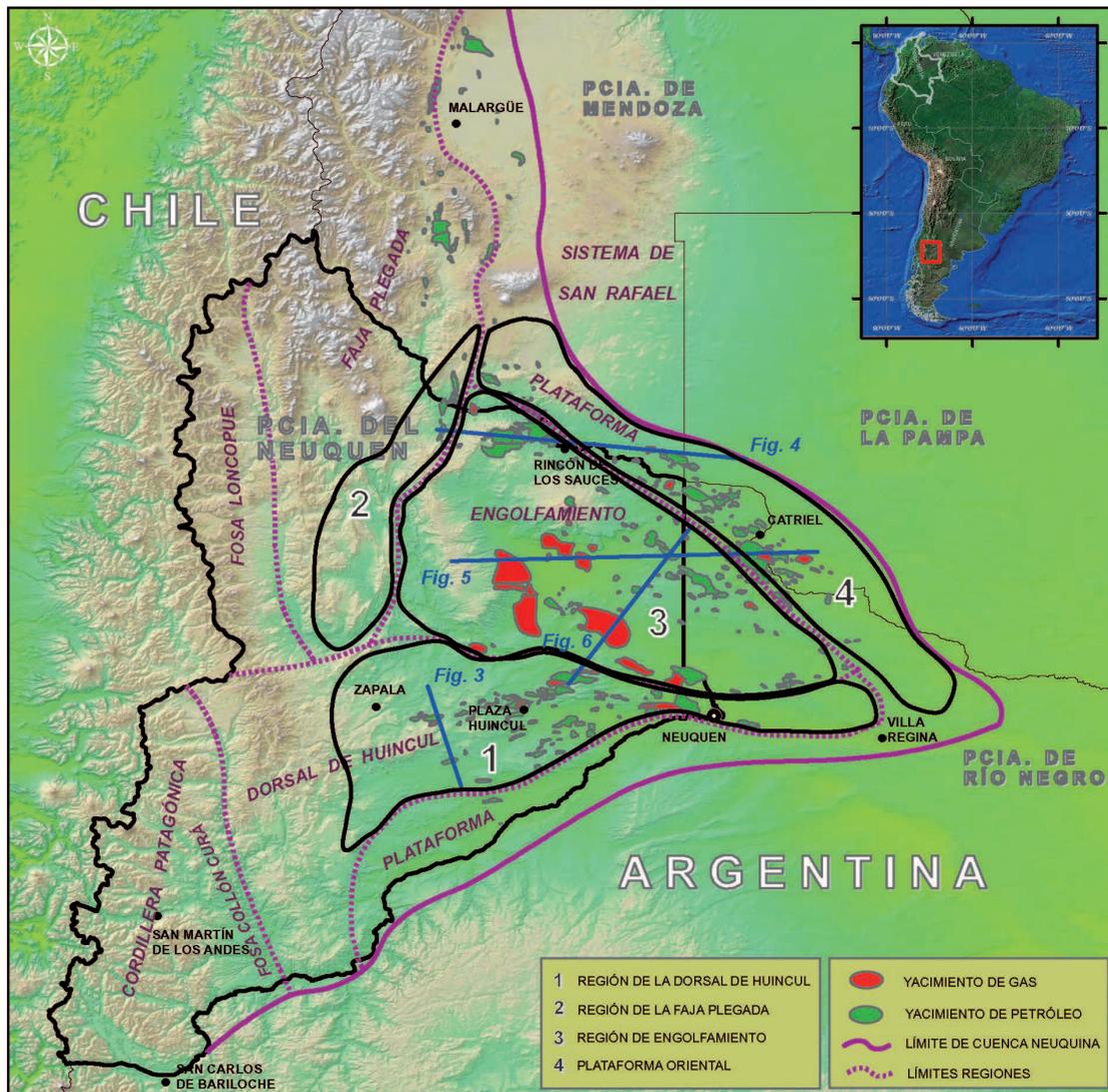


Figura 1: Mapa de ubicación de la provincia del Neuquén en la Cuenca Neuquina y regiones geológicas principales.

Enfocados directamente a las acumulaciones de hidrocarburos, la Cuenca Neuquina está ubicada en un margen tectónico activo donde se dieron condiciones sedimentarias y biológicas favorables para la producción y preservación de materia orgánica, fundamentalmente de origen marino, dando origen en diferentes etapas evolutivas a la generación, migración y entrapamiento de hidrocarburos.

La cuenca fue favorecida por varias intrusiones marinas acaecidas desde el océano Pacífico en un marco de engolfamiento con cierres y aperturas al mar consecuencia de las variaciones del nivel del mar y de la actividad de un arco magmático ubicado en el borde occidental (Fig. 2).

En sus inicios, las intrusiones jurásicas encontraron un marco estructural de tipo extensional que generaron el espacio de acomodación necesario para la sedimentación marina (Grupo Cuyo Inferior). No obstante, muchos de estos hemigrábenes que alojaron sedimentos, estuvieron desconectados del mar y en algunos casos originaron cuerpos lacustres donde hubo productividad orgánica y suficiente preservación de rocas generadoras continentales (Ciclo Precuyano).

En el Jurásico Medio y Superior la actividad extensional declinó y la cuenca evolucionó a un régimen de subsi-

dencia térmica en donde las intrusiones marinas, de menor profundidad, se distribuyeron en forma más continua y regional en una plataforma de escaso relieve con aporte mayoritario de sedimentos clásticos desde el sur y sudeste (Grupo Cuyo Superior). En este período de tiempo comenzó un régimen compresivo en la región de la Dorsal de Huincul desplazando el eje de la cuenca hacia el norte de esta región para el resto de la sedimentación jurásico-cretácica (Fig. 2).

Ingresiones y restricciones de esta conexión al mar llevaron a la depositación de rocas clásticas, carbonáticas y evaporíticas durante el Jurásico Superior, conocidas como Grupo Lotena.

En el límite Oxfordiano – Kimmeridgiano, limitados por una importante discontinuidad regional, se produce un episodio de continentalización en la cuenca representada por sedimentos eólicos y fluviales de la Fm. Tordillo, sobre cuyas sedimentitas ocurre otra ingesión marina (Fm. Vaca Muerta), en un depocentro regional principalmente ubicado al norte de la Dorsal de Huincul, que actúa como un alto fondo para esta etapa.

Este intervalo marino, representado por lutitas y margas con importante contenido orgánico, evoluciona en el

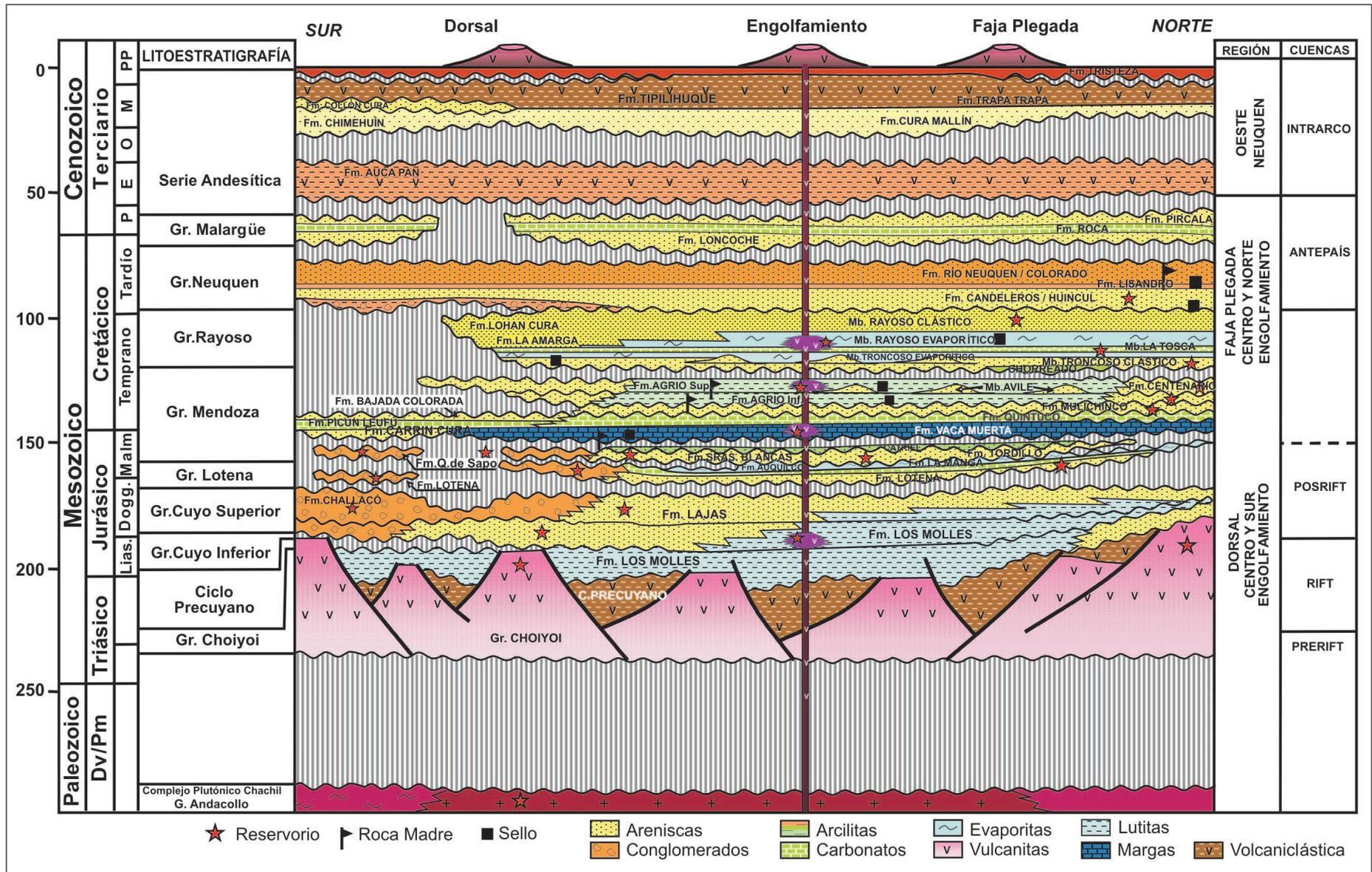


Figura 2: Cuadro estratigráfico general de la Cuenca Neuquina, con las principales unidades litológicas, discontinuidades, rocas reservorio, rocas generadoras y rocas sello.



Cretácico Temprano a diferentes depósitos sedimentarios entre ellos: carbonáticos y clásticos de la Fm. Quintuco, clásticos marinos y continentales de la Fm. Mulichinco, pelíticos y carbonáticos con capacidad generadora de la Fm. Agrio o sus depósitos equivalentes clásticos continentales hacia el este y sudeste de la cuenca donde se encontraba el principal ingreso de sedimentos con la Fm. Centenario.

Episodios conspicuos de continentalización, limitados al centro de cuenca, se reconocen con la presencia de sedimentos fluviales y eólicos, como los del Mb. Avilé, dentro de la Fm. Agrio, que son excelentes reservorios en el centro y norte de la cuenca. Hacia el fin del Cretácico Temprano comienza la etapa de restricción marina y la cuenca se continentaliza nuevamente con depósitos fluviales, carbonáticos (dolomitas) y evaporíticos (yesos y sales) de la Fm. Huitrín, constituyéndose este paquete sedimentario heterolítico en uno de los principales conjuntos de reservorios productivos, como son los Mbs. Chorrado, Troncoso y La Tosca.

A continuación finaliza la historia de ingresiones marinas pacíficas con el cierre definitivo de la conexión al mar hacia el oeste. Durante el Cretácico Tardío se depositan rocas evaporíticas relacionadas a lagos o barreales hacia el oeste donde se le sobreponen sedimentitas clásticas de origen fluvial efímero. Este conjunto sedimentario, conocido como Fm. Rayoso, es cubierto en discordancia angular por el Grupo Neuquén, de origen continental, cuyo origen marca el comienzo de la cuenca de antepaís. Se compone de sedimentitas fluviales y eólicas, también de desarrollo regional, que hacia el sur y en la región de la Dorsal de Huincul, apoyan en discordancia sobre diferentes unidades del Grupo Cuyo y Mendoza o como se observa en el subsuelo de la plataforma oriental, sobre la Fm. Centenario.

Una nueva ingresión marina, en este caso desde el Atlántico, sucede entre el Cretácico Tardío y el Paleógeno, depositando facies clásticas y carbonáticas de ambientes someros del Grupo Malargüe.

En sectores occidentales de la cuenca y relacionadas a actividad tectónica del arco volcánico se desarrollan depocentros con sedimentación volcánoclastica durante gran parte del Terciario. Parte de esta actividad volcánica se desarrolla hacia el este, afectando la sedimentación mesozoica del engolfamiento neuquino en forma de eventos intrusivos (diques y filones) y extrusivos (volcánicos) que son importantes por ser reservorios de hidrocarburos o sellos y a veces vías de fuga de hidrocarburos entrapados con anterioridad.

ELEMENTOS Y PROCESOS DE LOS SISTEMAS PETROLEROS

Rocas Madre

La Cuenca Neuquina posee varias unidades litológicas con contenidos y calidad de materia orgánica variables, que generaron hidrocarburos líquidos y gaseosos (Tabla 1). La mayoría de ellas se reconocen en la provincia de Neuquén, tanto en superficie como en subsuelo. Numerosos análisis de contenido orgánico, tipo y madurez térmica del kerógeno fueron realizados por las compañías que exploran y producen hidrocarburos en la cuenca, como

así también análisis geoquímicos de los diferentes petróleos y gases obtenidos para su correlación con las rocas que le dieron origen. Gran parte de esta información puede ser consultada en varios trabajos de síntesis publicados por diferentes autores (Uliana *et al.* 1999; Cruz, *et al.* 1999; Legarreta *et al.* 2004).

Las características fisiográficas del engolfamiento neuquino, posibilitaron la acumulación y preservación de materia orgánica durante las transgresiones marinas, su carácter somero es debido a la morfología de la cuenca sobre las que se desarrollaron.

La mayor parte de las rocas generadoras son de origen marino y sus edades pertenecen al Jurásico y Cretácico. Condiciones subóxicas y anóxicas prevalecieron en los tramos basales de las principales ingresiones marinas en la cuenca, lo que permitió la preservación de la materia orgánica que se depositaba en el fondo.

Rocas de origen lacustre fueron reconocidas en el subsuelo relacionadas a las etapas tempranas de la cuenca (Ciclo Precuyano) pero no tienen relevancia en cuanto a la cantidad de hidrocarburos hasta ahora encontrados en la provincia.

La primera ingresión marina relacionada a rocas del Jurásico Temprano, que ocuparon inicialmente depresiones tectónicas no continuas y que posteriormente traslaparon estos depocentros extendiéndose regionalmente, se conocen como Fm. Los Molles (Grupo Cuyo Inferior). Son rocas con alto contenido orgánico propicias a generar petróleo y gas. Este ambiente marino de la Fm. Los Molles continuó desarrollándose durante el resto del Jurásico pero con menor contenido orgánico y mayor participación de origen terrestre en el denominado Grupo Cuyo Superior.

La madurez térmica de estas rocas jurásicas es variable en la cuenca estrechamente relacionada a la columna de sedimentos que la soterraron junto a variaciones regionales del gradiente geotérmico.

Estas diferencias de madurez térmica (rocas inmaduras, maduras y sobremaduras) ocurren en distancias muy cortas como se observa en la Dorsal de Huincul.

En esta región el gradiente geotérmico disminuye de oeste a este estableciendo que, por ejemplo una roca madre jurásica con una misma historia geológica de soterramiento, este más madura en la región oeste que en el este.

En general el transporte de hidrocarburos del Grupo Cuyo es corta debido a su ubicación en depocentros desconectados y a la ausencia de horizontes permeables regionales que permitan la migración a larga distancia. La mayoría de las veces el drenado de los hidrocarburos desde su cocina es vertical favorecida por fallas que conectan diferentes reservorios hacia el tope. Mosquera *et al.* (2008), citan posibles migraciones laterales de esta unidad para la plataforma nororiental.

Los depósitos marinos del Grupo Lotena (Calloviano) no revelan importancia generadora.

La siguiente ingresión marina ocurrida en el Jurásico Tardío (Tithoniano) y perteneciente a otro ciclo sedimentario importante en la cuenca, depositó rocas en ambientes anóxicos (margas bituminosas) en lo que se conoce litoestratigráficamente como Fm. Vaca Muerta (Grupo Mendoza). Esta unidad, representada por lutitas calcáreas negras con contenidos de carbono orgánico total (COT) entre



1% y 10 %, es la principal roca generadora de hidrocarburos en la cuenca, por su calidad, espesor y distribución areal.

Esta unidad, que ingreso rápidamente a la cuenca inundando sistemas fluviales y eólicos precedentes, tuvo una expansión regional continua, solo ausente en la parte central de la Dorsal de Huincul debido a la erosión de la tectónica cretácica.

La generación de hidrocarburos en la Fm. Vaca Muerta fue progresiva en el tiempo, respecto al espesor de rocas que la soterraban. El oeste de la cuenca fue la primera región en entrar en ventana de madurez térmica, desplazándose progresivamente hacia el este durante el resto del Cretácico (Legarreta *et al.* 2005). La migración de fluidos de esta unidad fue favorecida en parte por la acción tectónica al oeste que permitió la expulsión y acumulación de petróleo y gas a reservorios ubicados por encima, como sucede en la faja plegada.

En el sector oriental del engolfamiento, los hidrocarburos desplazados de la roca madre migraron a la Fm. Tordillo o Sierras Blancas que actuó no solo como reservorio sino como unidad de transporte de fluidos (*carrier*), posibilitando migraciones más largas que el anterior.

Por otra parte existe hoy en la cuenca una gran cantidad de hidrocarburo alojado en la roca madre original sin haber sido expulsado, como lo demuestran muchos pozos que acumularon grandes cantidades de petróleo de la Fm. Vaca Muerta. Esto hablaría de una etapa de generación aún presente o una ineficiencia de expulsión de esos hidrocarburos generados. Mucho del petróleo proveniente de la Fm. Vaca Muerta ubicado en el borde de cuenca y en la plataforma oriental, alejado de su cocina y donde la unidad esta ausente, se interpreta relacionado a procesos de remigración de hidrocarburos.

Finalmente, durante el Cretácico Temprano se desarrolla la última ingresión marina pacífica de importancia por su contenido de rocas orgánicas generadoras, representada por la Fm. Agrio, en dos pulsos donde, en la base de cada uno de ellos se concentran los intervalos de mayor contenido orgánico. Su distribución como roca madre está más acotada en la cuenca abarcando fundamentalmente la parte noroeste entre las provincias de Neuquén y Mendoza, donde tiene mucha importancia en la generación del petróleo y gas encontrado. Hacia el sudeste interdigita con la Fm. Centenario desapareciendo sus condiciones marinas netas a ambientes de transición y desde el centro de la faja plegada neuquina hacia el sur sus condiciones generadoras desaparecen, debido a la falta de facies marinas orgánicas adecuadas.

En la Faja Plegada la Fm. Agrio está en ventana de madurez pero hacia la plataforma oriental va perdiendo esta característica llegando en algunos casos a estar inmadura.

La expulsión y migración de los hidrocarburos en este ámbito ocurrió en el Terciario, posiblemente relacionada

a la tectónica de la faja plegada, mientras que en el engolfamiento el soterramiento y la actividad volcánica condicionó la maduración y expulsión con drenajes a corta distancia a sus reservorios adyacentes (Mb. Avilé y Mb. Troncoso) y migraciones más extensas a la plataforma.

Es difícil muchas veces asignar a la Fm. Vaca Muerta o a la Fm. Agrio el origen de los petróleos encontrados en los reservorios del centro y oeste neuquino por presentar características geoquímicas similares (Gulisano *et al.* 2001).

Rocas Sello

La distribución areal y vertical de las acumulaciones de hidrocarburos presentes en la cuenca neuquina esta relacionada a la variabilidad de tipos de rocas existentes en la columna estratigráfica y especialmente a la presencia de rocas impermeables de amplia distribución regional. La eficiencia del sistema para entrapar fluidos depende en muchos de los casos de la persistencia de facies finas relacionadas a inundaciones marinas que abarcaron gran parte de la cuenca. En otros casos los sellos están circunscriptos a regiones menores donde variaciones de los sistemas depositacionales desarrollan sellos locales (Fig. 2).

La existencia de barreras a los fluidos obedece en primer lugar a características primarias de la roca, relacionadas a su litología, como la presencia de lutitas y/o evaporitas, ya sea ligadas a las ingresiones marinas iniciales de los ciclos sedimentarios, en estos casos, relacionadas muchas veces a las rocas generadoras, o en la finalización de los mismos en las etapas de desecación de la cuenca con depositación de rocas de origen evaporítico. Estos ejemplos caracterizan a muchos yacimientos del centro y norte de la cuenca.

En otros casos la presencia de rocas impermeables es producto de la diagénesis acaecida en la historia de soterramiento de las rocas, dependiendo de la región y edad de las unidades como sucede por ejemplo en parte de la columna jurásica en el ámbito de la Dorsal de Huincul o en el Engolfamiento Sur.

Otro tipo de rocas sello, especialmente laterales, tienen que ver con cambios petrofísicos en las rocas reservorio a veces ligados a condiciones primarias en la sedimentación o a su diagénesis posterior, característica de muchos yacimientos de la Plataforma o del Engolfamiento Sur y Oeste, tal es el caso de los yacimientos del borde oriental del Dorso de los Chihuidos (yacimientos Aguada Pichana o Sierra Chata).

Otro caso común de barreras a los fluidos son los diques de rocas volcánicas o de asfaltitas que se depositaron en las fallas relacionadas a eventos tectónicos distensivos terciarios, por donde ascendieron rocas magmáticas asociadas a pulsos volcánicos en superficie o por donde se produjo la fuga de hidrocarburos acumulados en

Roca Madre	Faja Plegada	Norte	Centro	Dorsal	Querógeno	COT (%)
	Comienzo de la generación de Hcs. en Millones de años					
Fm. Agrio	85 y 30	70 y 20			II	1-5
Fm. Vaca Muerta	120 y 90	95	70		I/II	2-10
Fm. Los Molles	140	120	120	120	II/III	1-7
Fm. Puesto Kauffman					I/II	2-8

Tabla 1: Principales rocas madre de la Cuenca Neuquina, Carbono Orgánico Total (COT), tipos de querógeno y comienzos de generación de hidrocarburos.

niveles inferiores que se alojaron como asfaltos en las fallas.

Finalmente existen sellos relacionados a diferencias de presión poral de las rocas que no se vinculan directamente a la estratigrafía y provocan acumulaciones normalmente relacionadas a yacimientos sobrepresionados, como es el caso de algunas acumulaciones en el norte de la Dorsal de Huinca o sur del Engolfamiento, en los yacimientos de Loma La Lata o Río Neuquén, por ejemplo.

Rocas Reservorio

De la misma manera que se mencionó la variabilidad litológica para las rocas sellantes de fluidos, se puede describir la presencia de muchos tipos de reservorios de hidrocarburos en la cuenca neuquina asociados a la variable columna estratigráfica presente en cada región. En primer lugar los principales reservorios de la cuenca neuquina son de rocas clásticas, fundamentalmente continentales, aunque también marinas pero de menor importancia. Están caracterizados por su porosidad de origen primario con diferente grado de influencia diagenética, siendo de menor importancia los de porosidad secundaria por fracturación de la roca.

En orden siguiente le siguen los reservorios carbonáticos originados fundamentalmente por procesos de dolomitización y en menor medida por fracturación. De menor distribución areal pero de gran importancia productiva se encuentran rocas de origen volcánico, relacionadas a intrusivos de edad terciaria y en otros casos a depósitos volcanoclásticos de edad triásico superior o jurásica, que producen principalmente por fracturación primaria y/o porosidad secundaria por enfriamiento de la roca extrusiva y disolución de minerales lábiles como sucede en el ciclo Precuyano.

En relación a la génesis de los reservorios sedimentarios se puede definir una preponderancia de rocas clásticas relacionadas a ambientes de origen eólico y fluvial. Este tipo de ambientes predominó en los intervalos regresivos de la sedimentación, en muchos casos ampliamente distribuidos y en otros restringidos al centro de la cuenca. Depósitos clásticos regresivos se encuentran en la Formación Lajas o Punta Rosada del Jurásico Medio a Tardío, en la Fm. Tordillo o Sierras Blancas del Jurásico Tardío, en la Fm. Mulichinco del Cretácico Temprano, en los Mbs. Avilé de la Fm. Agrío o Troncoso de la Fm. Huitrín, en la Fm. Centenario, ambas del Cretácico Temprano y en la Fm. Rayoso y Grupo Neuquén del Cretácico Tardío.

Una mención especial se debe hacer en el caso de los reservorios de origen eólico, que contienen las mayores reservas de hidrocarburos de la cuenca. Los ambientes desérticos formados por dunas, interdunas y planicies de arena (*sand sheet*), se encuentran en la Fm. Sierras Blancas, principal almacén de gas en el yacimiento Loma La Lata, mientras que el Mb. Avilé de la Fm. Agrío y el Mb. Troncoso inferior de la Fm. Huitrín contienen las principales acumulaciones de petróleo del norte neuquino en los yacimientos de Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial, Puesto Hernández y Filo Morado - El Portón.

En otro orden de importancia se encuentran las acumulaciones en rocas carbonáticas, depositadas en episodios marinos regresivos del Cretácico y ubicadas en el borde oriental de la cuenca. Su principal exponente es la Fm.

Quintuco, productora de petróleo en los yacimientos de Medanita, Entre Lomas y Río Neuquén entre los principales.

Finalmente las rocas jurásicas de origen turbidítico, muy conocidas y estudiadas en la zona aflorada del oeste, no son significativas en términos de las acumulaciones encontradas, debido a sus pobres condiciones petrofísicas y a su reducida extensión areal.

Trampas

Existe una gran variedad de acumulaciones de hidrocarburos en la cuenca motivadas por factores estratigráficos, estructurales o combinados (Levorsen 1956). El tipo dominante esta determinado por la región de la cuenca en que se localizan debido no solo al estilo estructural dominante sino a la columna estratigráfica asociada. A su vez existen yacimientos superpuestos en los cuales varía el tipo de entrapamiento, como pueden ser anticlinales con cierre en las cuatro direcciones, por yuxtaposición contra falla, acuíferos o barreras impermeables entre otras.

En la región de la Faja Plegada y Fallada predominan las de tipo estructural, como en los yacimientos Filo Morado y El Portón, con anticlinales con cierre en cuatro direcciones. En este tipo de trampas las acumulaciones se suceden en diferentes reservorios dependiendo de diversas causas como la fracturación de las rocas en la Fm. Mulichinco o la distribución primaria de arenas como es en el caso del Mb. Chorreado clástico o del Mb. Troncoso inferior (Selva *et al.* 2005).

En la región de la Dorsal de Huinca, y entre los yacimientos importantes predominan las trampas estructurales sobre las estratigráficas. Esta zona presenta una rica variedad de casos debido a su compleja estratigrafía e historia estructural. Por ejemplo la importante discontinuidad del Jurásico Tardío (Discordancia Intramálmica) es la responsable de muchas de las acumulaciones presentes en la zona (Fig. 3).

Entre los principales yacimientos de tipo estructural de esta región (pliegues o contra falla) se pueden señalar: Anticlinal Campamento, Cerro Bandera, Cupen Mahuida, Aguada Toledo-Meseta Barrosa, Cupen y Centenario, entre otros (Pángaro *et al.* 2005). Entre los estratigráficos (truncaciones contra discordancia, diagenéticos o sedimentarios) se pueden mencionar acumulaciones en Aguada Baguales, Puesto López, Huinca, Cutral Co, La Esperanza, Las Chivas, Los Bastos Sur o Bajo Barda Gonzalez entre otros, citados por los mismos autores.

El otro sector de la cuenca neuquina con entrapamientos de petróleo y gas se ubica en la región central del Engolfamiento, región que se ubica entre la Faja Plegada al oeste, la Dorsal de Huinca al sur y la Plataforma oriental al este. Importantes yacimientos se ubican en esta región, entre ellos los más grandes en reservas de gas.

Al sur de esta zona y en el ascenso hacia la Dorsal de Huinca (Alto de Sauzal Bonito) se encuentra Loma La Lata, acumulación en la Fm. Sierras Blancas de tipo estructural, que en su evolución geológica pasó a trampa combinada debido a su posición de flanco actual con un cierre lateral de tipo diagenético en la Fm. Sierras Blancas (Maretto *et al.* 2005; Maretto & Rodríguez 2005). Este fue el motivo por el cual se descubrió tardíamente en la historia exploratoria de la cuenca al haberse perforado en sus comienzos el



alto estructural donde no se presentan facies reservorio (Hechem & Veiga 2002).

Otros ejemplos de yacimientos estructurales son Río Neuquén (Berdini *et al.* 2005) y Lindero Atravesado (Martínez *et al.* 2005) con varios horizontes productivos en estructuras anticlinales puras o con cierres contra falla.

Dentro del sector occidental del Engolfamiento se localizan otros yacimientos de gas de importancia para la región como son los de Aguada Pichana, Aguada de la Arena y Sierra Chata que consisten en acumulaciones estratigráficas dadas por el cambio de condiciones de reservorio en una pendiente estructural que asciende hacia el oeste (Dorso de los Chihuidos), productivos de la Fm. Mulichinco.

En la misma región, más hacia el centro del Engolfamiento y en reservorios volcánicos, se encuentran las acumulaciones de Loma de las Yeguas y Aguada San Roque, donde las trampas son el resultado de rocas intrusivas alojadas en o cerca de la roca madre generadora que oficia de sello al mismo tiempo.

En el sector norte de la cubeta existen importantes yacimientos relacionados a anticlinales domales vinculados a intrusivos volcánicos inferiores surcados de diques e intrusivos que conectan diferentes reservorios originando entrampamientos de diferentes estilos. Chihuido de la Sierra Negra, El Trapial o Lomitas son ejemplos de esto.

Se encuentran asimismo espolones de basamento, ascendentes hacia el noreste asociados a fallas de desgarre que ofician de barreras a las acumulaciones del Mb. Avilé, vinculados con cambios petrofísicos. La Fm. Agrío, Mb. Superior y la Fm. Huitrín en el yacimiento Puesto Hernández se asocian a esta combinación de trampas.

Acumulaciones estratigráficas relacionadas a la discordancia interesenomaniana de la base del Grupo Neuquén, generan acumulaciones en la Fm. Rayoso en los yacimientos Puesto Hernández y Desfiladero Bayo en la provincia de Neuquén y en la Fm. Centenario, más al este, en el yacimiento El Corcobo, en las provincias de La Pampa y Mendoza.

En la Plataforma Oriental las acumulaciones se relacionan a estructuras de basamento que generan anticlinales en las capas superiores o trampas contra falla, permitiendo el entrampamiento de hidrocarburos, como es el caso de Entre Lomas, Medanito, Volcán Auca Mahuida o Señal Picada.

Entrampamientos no convencionales se encuentran en el centro de la cuenca actual con acumulaciones en las Fms. Vaca Muerta y Quintuco en donde no hay una relación directa con la estructura. Aquí juegan factores complejos relacionados a reservorios no tradicionales y de sello. Este tipo de acumulaciones en rocas compactas o muy finas (*tight gas* y *shale gas*) configuran el desafío más urgente que tienen los profesionales de geociencias y producción en el corto plazo para la renovación de nuevas reservas en la cuenca.

Preservación

Muchos de los yacimientos conocidos en la cuenca han sufrido pérdida de fluidos por ruptura de sus sellos, produciendo una remigración de los hidrocarburos. Estas generan nuevas acumulaciones en su camino a niveles estratigráficos más someros, como es el caso de acumulaciones encontradas en la Fm. Rayoso o Grupo Neuquén. A

veces directamente alcanzaron la superficie. Evidencias de estos procesos relacionados a rupturas de trampas pre-existentes se encuentran en varios ambientes geológicos de la cuenca.

En el caso de la Dorsal de Huincul son varios los manaderos de petróleo seco conocidos en afloramientos del Grupo Neuquén (Giusiano *et al.* 2008), interpretados como fugas de trampas ubicadas en el subsuelo a través de fallas que se reactivaron en los últimos movimientos estructurales ocurridos en esta zona. Menciones de remigración vertical de hidrocarburos son descriptas en varios yacimientos como Centenario, Cupén, Al Norte de la Dorsal, entre otros (Pángaro *et al.* 2005), en donde un sistema de fallas extensionales afectan a gran parte de la columna. En algunos casos esta remigración genera yacimientos de gas y petróleo donde los fluidos son generados tanto en la Fm. Vaca Muerta como en la Fm. Los Molles.

Otra región donde se encuentran rastros, vetas o rocas con impregnaciones de hidrocarburos en superficie es en la Faja Plegada, especialmente en el sector norte de la provincia. Muchas vetas de asfaltita en esta región (Parnell & Carey 1995), fueron explotadas en otra época, como las conocidas en la zona de San Eduardo, que son el resultado de exposiciones de petróleo biodegradado alojados en diferentes rocas de caja.

Muchas de las exposiciones de la Fms. Huitrín y Rayoso o del Grupo Neuquén del pie de la faja plegada de Neuquén y Mendoza, presentan impregnaciones en el flanco o núcleo de estructuras anticlinales exhumadas en recientes tiempos geológicos, por ejemplo en el Anticlinal Chihuido de la Salina en el sur de Mendoza. En otros casos manaderos de petróleo fresco son reportados desde épocas históricas y conocidos en la faja plegada, como se observa en el volcán Tromen o en el río Barrancas, en el límite con la provincia de Mendoza.

Ya en el ámbito de la Plataforma Oriental o en el Engolfamiento neuquino se reconocen fugas de hidrocarburos hacia reservorios más jóvenes por causas estructurales. En la región de Chihuido de la Sierra Negra y en Puesto Hernández, son mapeadas fallas recientes que alcanzan en muchos casos la superficie y son las responsables de la movilización de los fluidos hacia niveles superiores. Varias de estas fallas, enraizadas en basamento, fueron vías de ascenso de rocas volcánicas modernas, permitiendo a este sistema la remigración de petróleo entrampado más abajo.

La mayoría de estos eventos intrusivos a modo de lacolitos conforman interesantes reservorios. La presencia de petróleo biodegradado o pirobitumen, interpretados como remigraciones de acumulaciones previas, se mencionan en Puesto Hernández (Marteau & De La Cruz Olmos 2005) y en Señal Cerro Bayo (Vottero *et al.* 2005).

En el sector sur del Engolfamiento se mencionan remigraciones de fluidos desde acumulaciones existentes hacia reservorios más someros a través de fallas de relajamiento modernas en los yacimientos de Loma La Lata, Sierra Barrosa o Río Neuquén (Maretto *et al.* 2005).

PLAYS Y YACIMIENTOS

Debido a la gran cantidad de tipos de entrampamiento en la cuenca es muy útil agruparlos por región y en tipos de

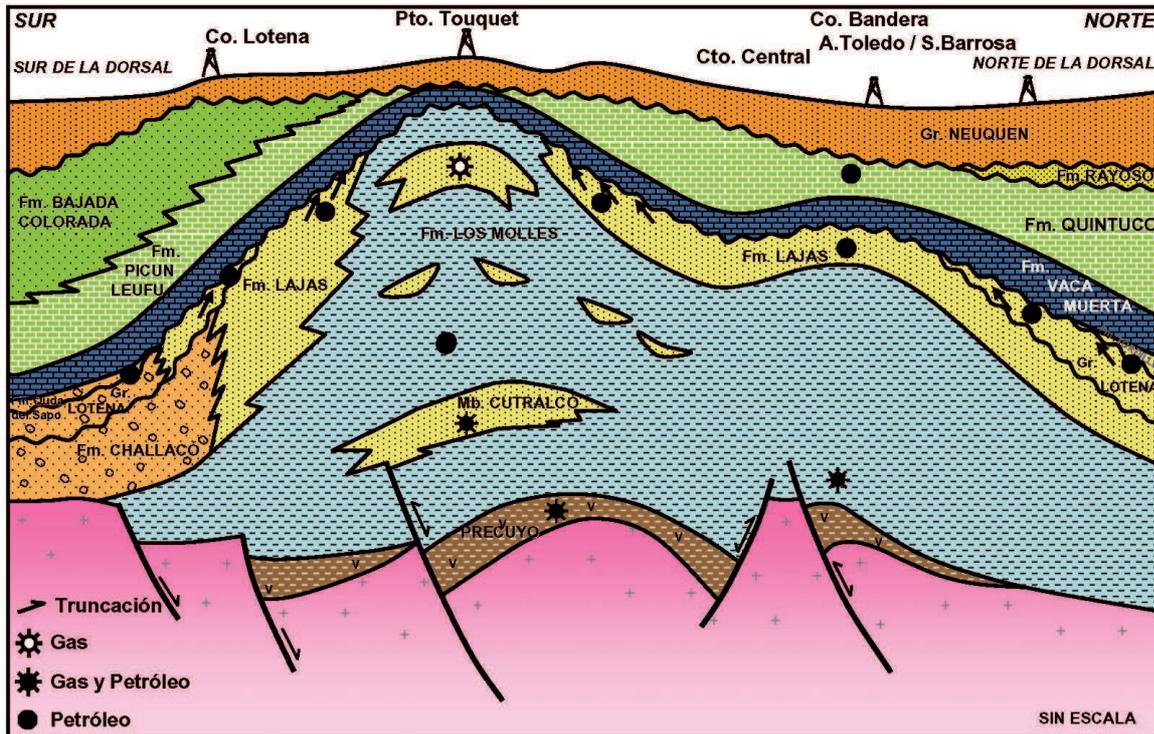


Figura 3: Sección geológica esquemática de la Dorsal de Huincul, con los principales plays productivos.

plays. De esta manera en la provincia de Neuquén se los agrupa en las siguientes regiones: Dorsal de Huincul, Faja Plegada, Engolfamiento y Plataforma oriental, Fig. 1.

Región de la Dorsal de Huincul

Podemos sintetizar a las trampas de este play como todas aquellas acumulaciones ligadas a reservorios predominantes del intervalo sedimentario jurásico en estructuras preterciarias con generación en rocas del Grupo Cuyo

(Fm. Los Molles) y del Grupo Mendoza Inferior (Fm. Vaca Muerta). Dentro de esta generalización se pueden reconocer muchas variantes relacionadas a sus trampas, fluidos y reservorios.

La variedad de yacimientos de esta región obliga a la necesidad de sintetizar su descripción (Fig. 3). Representa la región donde se inició la historia de descubrimientos de hidrocarburos de la cuenca, donde aún no cesó su prospección pese a considerarse una región exploratoriamente madura.

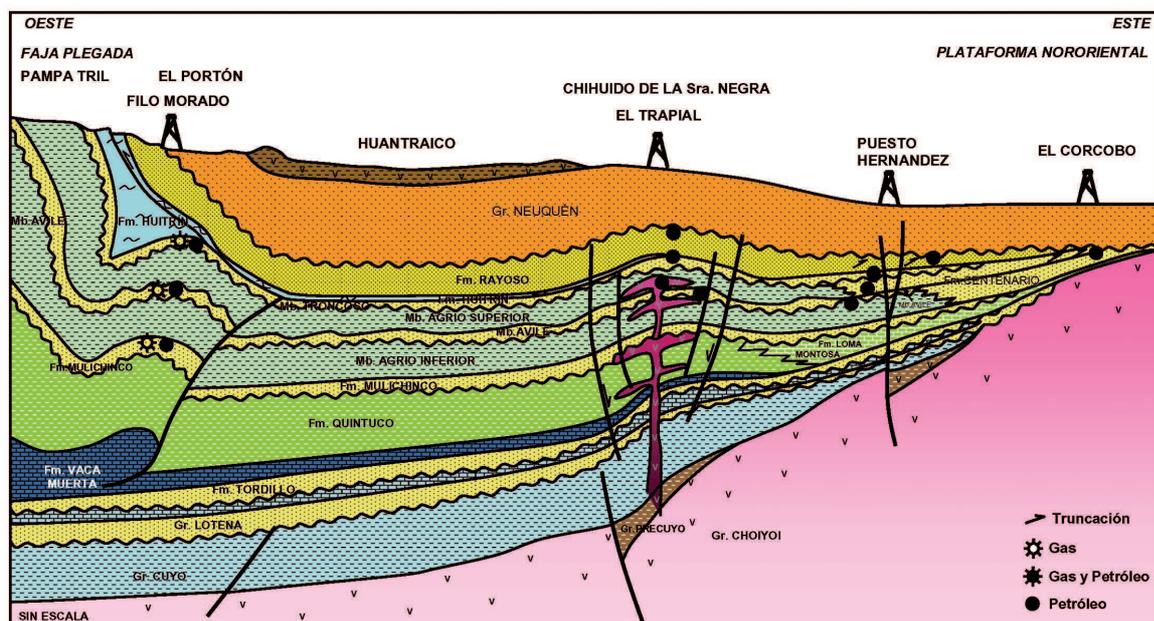


Figura 4: Sección geológica esquemática entre la Faja Plegada y la Plataforma Oriental, con los principales plays productivos.

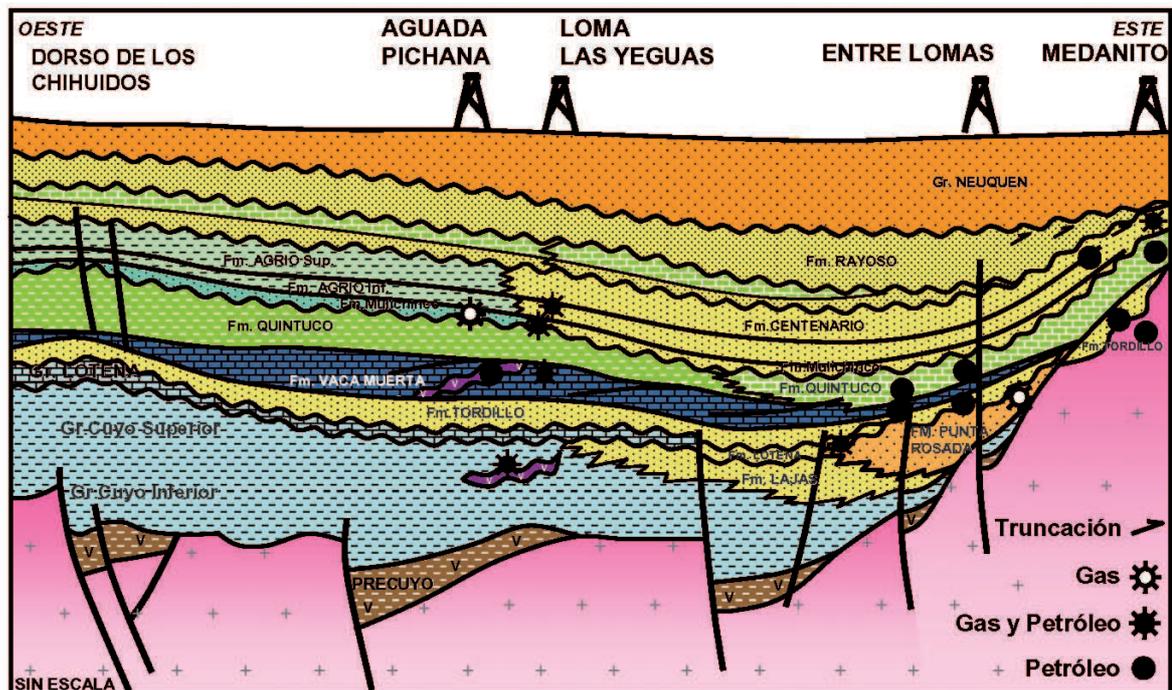


Figura 5: Sección geológica esquemática entre el oeste del Engolfamiento y la Plataforma Oriental, con los principales plays productivos.

Esto se relaciona a la complejidad geológica existente debido a la existencia de varias discordancias estratigráficas en combinación con la estructura.

Los yacimientos son de petróleo y gas, normalmente superpuestos con acumulaciones someras e intermedias en profundidad en la mayoría de ellas o en otros casos más profundas, sobre todo en las encontradas en los últimos años en secuencias del Precuyano (Fig. 3).

Esta región tiene una gran cobertura de sísmica 3D que ayudó en la definición y entendimiento de trampas sutiles o combinadas y que permitió incorporar nuevos yacimientos y desarrollar más eficientemente los existentes. Actualmente es una región con importante actividad de perforación.

Región de la Faja Plegada

El play Faja Plegada reúne yacimientos donde los reservorios son de edad cretácica (Fig. 4), verticalmente drenados, la trampa es de tipo estructural y edad terciaria y la generación proveniente del ciclo Mendociano (Fms. Vaca Muerta y Agrio).

Si bien esta región comprende una extensa área en la provincia, no existen gran cantidad de yacimientos encontrados pese a haberse explorado con varios pozos especialmente a partir de la década del 70.

Los yacimientos se ubican en el pie de sierra en el extremo oriental de la faja plegada y fallada. Se relacionan a una zona triangular y comprenden acumulaciones superpuestas de tipo estructural (Fig. 4). Son yacimientos de petróleo y gas relacionados a reservorios principalmente clásticos, actualmente en declinación. La actividad de perforación de esta región a la fecha es escasa, considerando su gran extensión areal, con gran cantidad de sísmica 2D efectuada y en menor medida sísmica 3D, especialmente sobre los yacimientos.

Región del Engolfamiento

Comprende una importante superficie en la provincia coincidente con el actual depocentro de la cuenca. La deformación es moderada y relacionada a los últimos eventos estructurales acaecidos en el neógeno de tipo compresivo y extensivo, donde se suma la actividad volcánica con efectos importantes en la existencia de los yacimientos. La región se puede subdividir en tres sectores: norte, centro y sur.

El play característico de la región norte puede ser descrito como aquellos yacimientos ubicados en reservorios del Cretácico, dominados por estructuras terciarias de tipo domo o espolones, lateralmente drenados con generación en el ciclo Mendociano (Fms. Vaca Muerta y Agrio) (Figs. 5 y 6).

Es la más rica en yacimientos de petróleo en la cuenca y tuvo su pico de actividad en la década del 90. Agrupa yacimientos ubicados en altos estructurales mayores o espolones con diferentes reservorios superpuestos y múltiples contactos de agua debido a la partición del entrapamiento relacionadas a fallas en los flancos. Las profundidades de las acumulaciones son intermedias, menores a 2.000 m en promedio, y la producción se encuentra en declinación, sostenida por métodos de recuperación secundaria y terciaria. La actividad de perforación es moderada a la fecha. Presenta una cobertura sísmica 3D importante.

El tipo de play de la región central se caracteriza por múltiples reservorios principalmente cretácicos en estructuras terciarias relacionadas a anticlinales con migración corta y vertical, en algunos casos vulcanitas, o lateral en otros, proveniente de la Fm. Vaca Muerta.

Esta región posee yacimientos de gas y petróleo algo más profundos donde las trampas se relacionan a cuerpos volcánicos, variaciones en la permeabilidad de are-

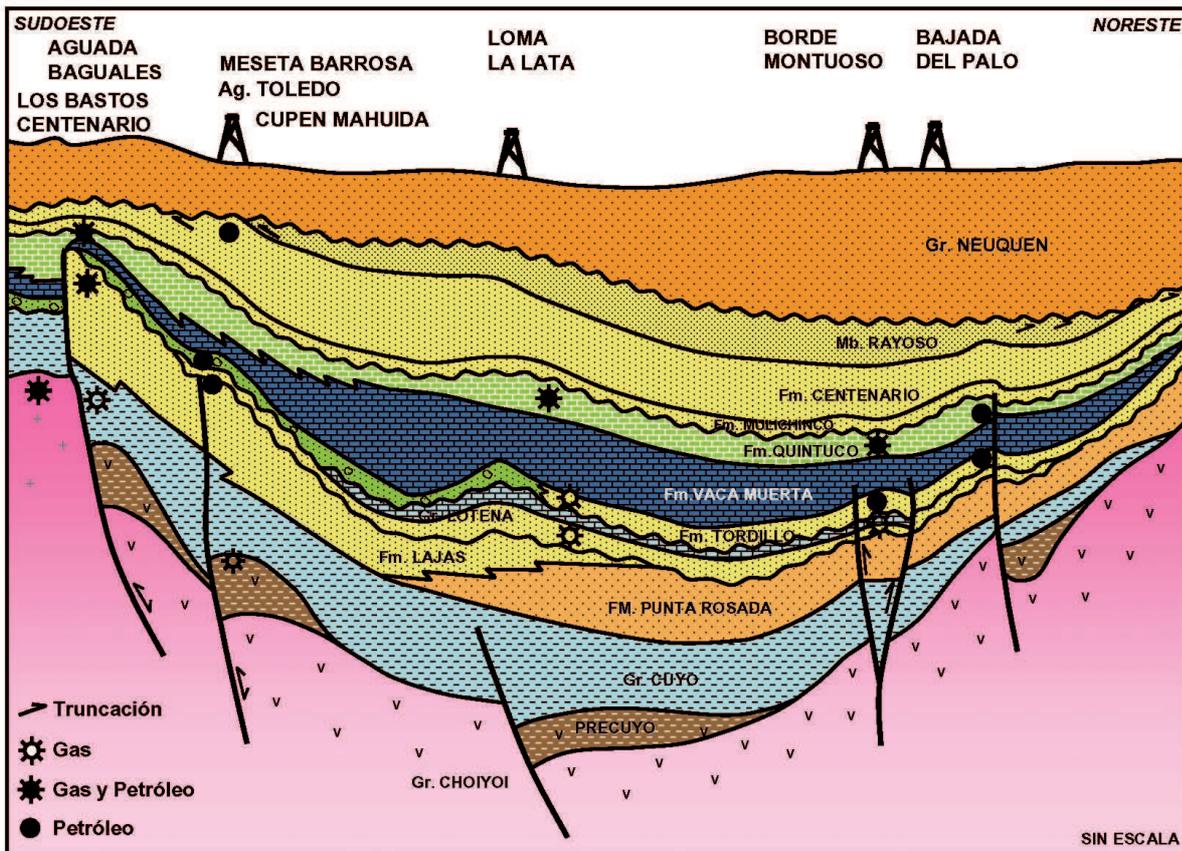


Figura 6: Sección geológica esquemática entre la Dorsal de Huincul y la Plataforma Oriental, con los principales *plays* productivos.

niscas o fracturación de rocas carbonáticas en menor medida. Hacia el este las acumulaciones comienzan a asociarse a reservorios clásticos con porosidad secundaria en anticlinales relacionados a estructuras con fallas de basamento. La actividad exploratoria es importante a la fecha, con amplia cobertura de sísmica 2D y 3D en gran parte de la zona.

En el límite oriental se desarrolla un eje de anticlinales (Charco Bayo – El Caracol) con llenado principalmente lateral del sistema petrolero de Fm. Vaca Muerta y múltiples reservorios jurásico-cretácicos y una pequeña contribución de gas de Fm. Molles en reservorios jurásicos (Fig. 5).

La región sur del engolfamiento presenta un tipo de play caracterizado por reservorios principalmente del ciclo Mendociano, con migración lateral y vertical de hidrocarburos de las Fms. Los Molles y Vaca Muerta, en estructuras jurásicas reactivadas en el Terciario. Esta zona muestra importantes yacimientos de gas como es el de Loma La Lata, relacionado a una pérdida de permeabilidad en el reservorio de la Fm. Sierras Blancas en dirección sur y oeste.

Acumulaciones menores pero importantes tanto por debajo (Grupo Lotena) o por encima (Fm. Quintuco) del reservorio principal producen gas y petróleo en reservorios sobrepresionados. Asociados en este tren sur del Engolfamiento y en transición al ámbito de la Dorsal de Huincul, aparecen acumulaciones en Lindero Atravesado y Río Neuquén con producciones de gas y petróleo de varios reservorios de los Grupos Cuyo y Mendoza.

Todo este lineamiento de yacimientos presenta importantes recursos de gas en las denominadas areniscas

compactas (*tight gas*) en proceso de investigación para su incorporación a la producción en la actualidad. Esta región presenta importante cobertura de sísmica 2D y 3D además de una moderada actividad de perforación, a la fecha.

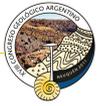
Plataforma Oriental

El tipo de play predominante en esta región se caracteriza por reservorios cretácicos lateralmente drenados en trampas asociadas a estructuras en espolón o anticlinales con mucha participación del basamento, de edades jurásicas reactivadas en el Terciario. Los yacimientos, en gran parte fuera de la provincia de Neuquén, son de petróleo y de poca profundidad, en reservorios clásticos y carbonáticos, donde la removilización de hidrocarburos permite el entrapamiento estratigráfico contra discordancias hacia el borde de cuenca (Figs. 5 y 6). La zona presenta intensa actividad productiva con relevamientos sísmicos de 3D en gran parte de los yacimientos y la exploración actualmente esta enfocada hacia el este de la plataforma con resultados positivos.

Recientes aportes de Mosquera *et al.* (2008) citan migraciones combinadas de la Fm. Los Molles y la Fm. Vaca Muerta para acumulaciones en esta área.

RESUMEN Y PERSPECTIVAS

Los casi 100 años de exploración y desarrollo hacen que extensas regiones de la cuenca posean un elevado



grado de conocimiento de su geología del petróleo y pueden ser consideradas como maduras debido a su densidad de perforaciones por unidad de superficie y su evolución en la producción y reservas de hidrocarburos.

Pasaremos una rápida visión de las regiones en que se subdividió en este trabajo la descripción de los tipos de plays, para resaltar, a juicio de los autores, las perspectivas en términos de futuro de la prospección y desarrollo de hidrocarburos.

Región de la Dorsal de Huincul

Es el sector donde se descubrió por primera vez petróleo en la Cuenca Neuquina y el que ha sido más explorado para sus horizontes someros (Fig. 3).

Sin duda el impacto de la sísmica 3-D en los últimos quince años resultó de suma importancia en el detalle con que se pudieron reconstruir las características geológicas y por ende se produjeron nuevos descubrimientos y ampliación de otros yacimientos ya conocidos.

La característica principal es la existencia de migración vertical predominante dada la combinación de la fuerte deformación estructural y la asimetría en los espesores de la Fm. Los Molles. Existe un remanente de migración lateral que no esta debidamente conocido y que si bien se presume de escasa magnitud podría ser un objetivo a tener en cuenta.

El sistema Los Molles - Precuyano deberá continuar su estudio que generó interesantes descubrimientos, pero también nuevos problemas geológicos que deberán ser atacados con entusiasmo e ingenio.

El sistema Los Molles- Lajas - Challacó - Punta Rosada, muy conocido en su parte mas somera, contiene aún importantes reservas conocidas y por conocer, en rocas de condiciones petrofísicas mediocres a pobres (*tight*) en profundidades mayores, que presentan un desafío, donde el conocimiento geológico y la tecnología deberán evolucionar para enfrentar dificultades mas complejas.

El sistema Vaca Muerta asociado a reservorios jurásicos y cretácicos deberá ser reevaluado en las posiciones de borde de cuenca, con migraciones un poco más largas que las tradicionales para este sector, pero con interesantes posibilidades de descubrimientos de magnitudes probablemente pequeñas.

Región de la Faja Plegada

Este sector solo ha aportado hidrocarburos en un reducido ámbito ubicado al noroeste de la provincia del Neuquén en plays donde se asocian las Fms. Vaca Muerta y Agrio como generadoras y diversos reservorios de edad cretácica. La característica principal aquí es la predominancia de migración vertical dada la intensidad de la deformación estructural generadora de trampas (Fig. 4).

Dos regiones dentro de este ámbito presentan grandes incógnitas en cuanto a su verdadero potencial y fueron escasamente exploradas. Una es la fosa de Loncopué, en la zona andina occidental, con escasa información de subsuelo por problemas de su cobertura volcánica. La otra ubicada entre el límite de la Faja Plegada y el sector del Engolfamiento, hacia el este, donde reservorios cerrados *tight* jurásico-cretácicos podrían contener significativas reservas de gas.

Región del Engolfamiento

El modelo que se propone de carga de hidrocarburos es una combinación de migración vertical y lateral a través de los horizontes de transporte de fluidos o «carriers» que tiene como ejemplo los grandes volúmenes de gas atrapados en la Fm. Mulichinco en el flanco oriental del Dorso de los Chihuidos (Fig. 5 y 6). También la migración vertical debe haber sido importante en los casos de Aguada San Roque y Loma de la Lata que constituyen antiguas estructuras posteriormente reactivadas.

Esta región sin duda alguna constituye la principal área con potencial en el sistema Los Molles y Vaca Muerta, tipo *tight gas*, del Jurásico Tardío y Cretácico, con una enorme estructura anticlinal como el Dorso de Chihuidos con muchas evidencias de hidrocarburos.

También aquí quedan todavía numerosos trabajos dentro de las acumulaciones conocidas para poner en actividad los sectores marginales de los yacimientos a medida que vayan disminuyendo los recursos principales y para mejorar el rendimiento de las recuperaciones asistidas.

Plataforma Oriental

Este sector de la cuenca es el que manifiesta la existencia de una migración lateral de inusual extensión (más de 50 km) que predomina ampliamente como sistema de llenado de las trampas (Figs. 5 y 6). Posee todavía un interesante potencial en áreas de borde de cuenca que ya han demostrado en forma fehaciente la existencia de una eficiente migración de hidrocarburos de gran extensión que permite albergar aún importantes expectativas en el principal play entre la fuente de hidrocarburos provenientes de la Fm. Vaca Muerta y los reservorios del Jurásico Tardío y Cretácico de esa región.

CONCLUSIONES

La Cuenca Neuquina se destaca como una de las principales productoras de hidrocarburos de la República Argentina. Este lugar de privilegio se basa en que existieron en su historia, como depocentro receptor de sedimentos, condiciones favorables que se repitieron cíclicamente durante toda su etapa evolutiva generando cinco intervalos de rocas generadoras de edades que van desde el límite Triásico-Jurásico hasta el Cretácico Temprano.

Los intervalos descriptos depositaron rocas con características porosas que favorecieron la migración y acumulación de hidrocarburos. Las diversas características geológicas de la cuenca permiten subdividir regiones morfoestructurales con características propias en cuanto a su historia tectosedimentaria que le imprimen condiciones particulares a la geología de sus acumulaciones de hidrocarburos.

A pesar de casi un siglo de exploración y producción, la Cuenca Neuquina aún mantiene desafíos para encontrar trampas de regular tamaño. La mayor perspectiva en el corto plazo lo constituyen los *plays* no convencionales tipo *tight gas* y *gas shale* donde seguramente se focalizará la actividad exploratoria y productiva en el futuro más inmediato.



Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a las autoridades de Pluspetrol SA y Petrobras Energía SA por la autorización a publicar este trabajo. A María Silvia Castro por su colaboración en las figuras.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Berdini O. & Arregui, C. 2005. Influencia de la evolución tectónica en el sistema petrolero Pliensbaquiano-Caloviano del yacimiento Río Neuquén. 10º Simposio Nacional de Estudios Tectónicos, 4º International Symposium on Tectonics. Actas en CD Curitiba, Brasil.
- Cruz C.E., Robles, F., Sylwan, C. & Villar, H. 1999. Los sistemas petroleros jurásicos de la Dorsal de Huinacul, Cuenca Neuquina, Argentina. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG), Actas 1: 177-195. Mar del Plata.
- Giusiano, A., Franchini, M., Impiccini, A. & Pons, J. 2008. Mineralización de Cu en rocas sedimentarias asociada a la migración de los hidrocarburos en la Dorsal de Huinacul, Neuquén, Argentina. 17º Congreso Geológico Argentino, Poster. Jujuy.
- Gulisano, C., Minniti, S., Rossi, G. & Villar, H.J. 2001. The Agrio Petroleum System: Hydrocarbon Contribution and Key Elements. Neuquén Basin, Argentina. En: Kluth, Ch. & Legarreta, L. (Eds.): AAPG 2001 Hedberg Research Conference, New Technologies and New Play Concepts in Latin America, Abstracts:114-115, Mendoza.
- Hechem, J. & Veiga, R. 2002. Loma La Lata, enseñanzas del pasado y algunas preguntas para el futuro. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG), CD Trabajos Técnicos. Mar del Plata.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales 11(2): 145-184. Buenos Aires.
- Legarreta, L., Cruz, C.E., Vergani, G., Laffitte, G.A. & Villar, H.J. 2004. Petroleum Mass-Balance of the Neuquén Basin, Argentina: A comparative assessment of the productive districts and non-Productive Trenes. International Congreso and Exhibition of the American Association of Petroleum Geologist, Expanded Abstract, 88(13): 6 Cancún, México.
- Legarreta, L., Villar, H.J., Laffitte, G.A., Cruz, C.E. & Vergani, G. 2005. Cuenca Neuquina. En: Chebli, G.A., Cortiñas, J.S., Spalletti, L.A., Legarreta, L. & Vallejo, E.L. (Eds.): Frontera Exploratoria de la Argentina, Simposio del 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG). 233-250. Buenos Aires.
- Levorsen A.L. 1956. Geología del Petróleo. Editorial EUDEBA. Buenos Aires.
- Magoon L.B. & Dow, W.G. 1994. The Petroleum System, Chapter 1, Part 1. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 60: 3-24.
- Maretto, H., Martínez Lampe, J., Rodríguez, L., Berdini, O., Schachner, G., Castellarini, P., Arregui, C., Quinteros, J., Martínez, E., LaSalle, D. & Pecuch, D. 2005. Condiciones de entrapamiento en el sector sur del Engolfamiento Neuquino. Introducción. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & A. Boll, A. (Eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 261-270. Mar del Plata.
- Maretto, H. & Rodríguez, L. 2005. Yacimiento Loma La Lata: Descripción de las Condiciones de Acumulación en la Formación Sierras Blancas. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 271-288. Mar del Plata.
- Marteau V.M. & De la Cruz Olmos, M. 2005. Yacimiento Puesto Hernández. Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 163-171. Mar del Plata.
- Martínez E.A., LaSalle, D.D. & Pecuch, D.E. 2005. Entrampamiento en el yacimiento Lindero Atravesado. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 317-330. Mar del Plata.
- Mendiberry H. & Carbone, O. 2002. Cuenca Neuquina: Marco geológico y reseña histórica de la actividad petrolera. En: Schiuma, M., Hinterwimer, G. & Vergani, G. (Eds.): Rocas reservorio de las cuencas productivas argentinas. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 201-211. Mar del Plata.
- Mosquera, A., Alonso, J., Boll, A., Alarcón, M., Zavala, C., Arcuri, M. & Villar, H. 2008. Migración lateral y evidencias de hidrocarburos cuyanos en yacimientos de la Plataforma de Catriel, Cuenca Neuquina. 7º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas: 491-526.
- Pángaro, F., Melli, A.T., Malone, P., Cevallos, M., Soraci, A., Mosquera, A. & Hyung Joo Kim. 2005. Modelos de entrapamiento de la Dorsal de Huinacul, Cuenca Neuquina, Argentina. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 331-368. Mar del Plata.
- Parnell, J. & Carey, P. 1995. Emplacement of bitumen (Asphaltite) veins in the Neuquén Basin, Argentina. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin 79: 12.
- Selva, G., Vittone, J. & Vergani, G. 2005. Trampas Estructurales en el Pie de Sierra de la Faja Plegada Neuquina, Argentina. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 141-156. Mar del Plata.
- Uliana, M., Legarreta, L., Laffitte, G. & Villar, H. 1999. Estratigrafía y geoquímica de las facies generadoras de hidrocarburos en las Cuencas Petrolíferas de Argentina. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 12-25. Mar del Plata.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and Paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Suárez, R., Soruco, R. & Welsink, H.J. (Eds.): Petroleum Basins of South America. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Vottero A.J., Rodríguez Arias, L. & Vela, R. 2005. Trampas de hidrocarburos en el centro este de la Cuenca Neuquina. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. Simposio 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 191-208. Mar del Plata.