

## **CUERPOS INTRUSIVOS LAMINARES EMPLAZADOS EN SHALES DEL ANTICLINAL PICÚN LEUFÚ, CUENCA NEUQUINA**

Macarena Martínez<sup>1</sup>, Lucas Nicolás Urrutía<sup>1</sup>, Carlos Arregui<sup>1</sup>, Samanta Serra-Varela<sup>1,2</sup>, Santiago N. González<sup>2</sup>

1: Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería. Departamento Geología y Petróleo.  
martinezmacarenageo@gmail.com, lucas.u16@hotmail.com, carlosarregui52@gmail.com, s.serravarela@gmail.com

2: Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología  
(IIPG; UNRN-CONICET). sgonzalez@unrn.edu.ar

Palabras clave: Basaltos, Intrusivos, Anticlinal Picún Leufú, *Shales*

### **ABSTRACT**

On the southern flank of the Picún Leufú anticline, a sedimentary sequence of Cuyo, Lotena and Mendoza groups hosts igneous laminar, intrusive bodies. They are emplaced in Los Molles, Challacó, Tordillo and Vaca Muerta Formations. Los Molles F. and Vaca Muerta F. are important hydrocarbon source rocks of the Neuquén Basin. The igneous bodies are concordant with the stratification, and sometimes fragments of the host rock are incorporated into the igneous rocks. In addition, there is a thermal effect in the shales of Los Molles Formation where incipient mineralogical changes are identified next to the intrusive. The igneous rocks have a lamprophyric texture with olivine phenocrysts surrounded by a groundmass composed of plagioclases and pyroxenes. Amygdaloidal texture is also present where vesicles are total or partial filled with zeolites. According to their mineralogical composition, and despite the lack of geochemical information, the igneous rocks can be classified as basalts. Previous subsurface studies of the basal sections of the Vaca Muerta Formation near the study area indicate early stages of organic matter maturity. Moreover, some sections of Los Molles Formation have shown adequate maturation of kerogene. The igneous bodies described in this contribution seems not to have a particular roll in the thermal generation of oil in this area. However, further investigations about the relation between the igneous bodies and their host rocks, might bring new insight for the evaluation of hydrocarbon systems in the Picún Leufú anticline area.

### **INTRODUCCIÓN**

La cuenca Neuquina abarca las provincias de Neuquén, sur de Mendoza, parte del extremo oeste de Río Negro y sudoeste de La Pampa, enmarcándose entre los paralelos 41°1' y 36° 5' LS y meridianos 70° 33' y 66° 43' LO. Esta cuenca fue definida por Braccini (1970) como un depocentro subandino con aproximadamente 7000 m de espesor de rocas sedimentarias del Jurásico y Cretácico. La sucesión sedimentaria está representada por una ciclicidad de eventos de

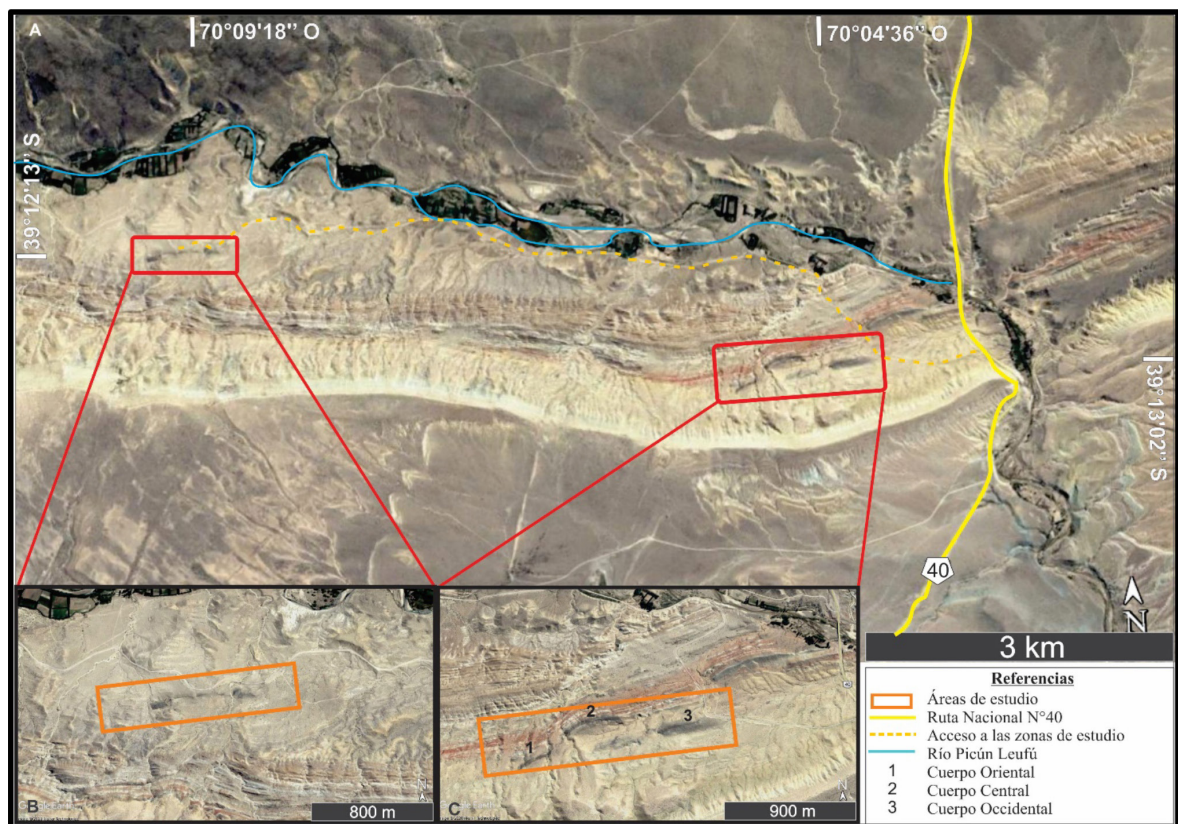


Figura 1. A. Imagen satelital del área de estudio tomada de Google Earth. B. Intrusivo en la Formación Los Molles. C. Intrusivos en la Formaciones Challacó, Tordillo y Vaca Muerta.

sedimentación marina alternantes con etapas de continentalización durante el Jurásico y Cretácico temprano (Arregui *et al.* 2011).

Intercalados en el relleno sedimentario de esta cuenca se encuentran tanto en afloramientos como en subsuelo, intrusivos ígneos de diferentes morfologías entre los que se incluyen cuerpos laminares y transicionales algunos de los cuales constituyen reservorios de hidrocarburos (Comeron *et al.* 2002).

En el flanco sur del anticlinal de Picún Leufú, aflora una secuencia sedimentaria que incluye los grupos Cuyo, Lotena, y Mendoza que sirven como roca de caja a cuerpos ígneos laminares, que pueden ser considerados como un pequeño enjambre. Estos intrusivos (Fig. 1) se extienden por cientos de metros con rumbo ENE-OSO, presentando espesores entre 1 y 10 metros. El análisis de estos intrusivos podría permitir establecer analogías para unidades similares que alojen cuerpos intrusivos en esta y otras áreas de la cuenca. El estudio de estos cuerpos ígneos se realizó como parte del trabajo de grado de los dos primeros autores de esta contribución la cual constituye una síntesis del trabajo realizado.

## METODOLOGÍA

Se realizó una recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos sobre la geología de los lugares de estudio. Se confeccionaron mapas geológicos preliminares de las áreas de interés en escala 1:10000 y 1:15000, en base a interpretaciones de imágenes satelitales tanto de Google Earth® como de Sentinel-2, utilizando el programa libre QGIS. Sobre la cartografía preliminar se determinaron los sitios de mayor interés para las observaciones geológicas de campo, considerando calidad de las exposiciones, accesibilidad y representatividad de los objetivos del trabajo.

Durante los trabajos de campo se relevaron las áreas de estudio, obteniendo datos geológicos de rumbo e inclinación de capas, como así también posición, dimensión, y geometría de los cuerpos ígneos. Además, se realizó una identificación de la relación primaria entre las rocas de caja y los cuerpos ígneos intrusivos. Se levantaron perfiles transversales en ambos intrusivos, a escala 1:25. Se utilizaron los elementos mencionados anteriormente para poder definir y establecer su relación estratigráfica con la roca de caja.

Se recolectaron muestras tanto de los cuerpos ígneos como de sus rocas de caja, a fin de realizar la caracterización petrográfica de las unidades de estudio.

## RESULTADOS

A fin de ordenar las descripciones de los cuerpos ígneos y sus encajantes se separará esta sección considerando las dos localidades de estudio principales (Fig. 1b-c).

### Cuerpo intrusivo en la Formación Los Molles

En este sector la Formación Los Molles, compuesta de lutitas negras y grises finamente laminadas que alternan con delgados niveles de areniscas y limolitas de tonalidades castaño amarillento, tiene un espesor parcial de casi 400 m. En esta sección se encuentran intruídos los cuerpos ígneos laminares (Fig. 2). Microscópicamente se puede ver que las lutitas presentan clastos angulosos de cuarzo y feldespatos de menos de 50  $\mu\text{m}$  en una matriz arcillosa con abundante materia orgánica. En el contacto con el cuerpo ígneo la roca de caja experimenta un efecto térmico, de escasos centímetros, evidenciado por la formación de nuevos minerales que se disponen en máculas de pocos milímetros, de color blanco subredondeado, y que crecen de forma mimética con la laminación sedimentaria. Los minerales que conforman las máculas no pudieron ser determinados por métodos ópticos, pero se presume en base a la composición mineralógica de la roca que podría tratarse de aluminosilicatos. Además, en estas máculas se observa un leve aumento en el tamaño de grano respecto a la roca sedimentaria original.

Los cuerpos ígneos laminares intruídos en esta sección podrían considerarse como un pequeño enjambre cuya extensión alcanzaría aproximadamente los 800 metros. Estos cuerpos se emplazan de forma armónica y pseudoconcordante con la estratificación, por lo cual se los interpreta como filones capa. Se ha identificado un cuerpo principal en la sección basal de dicha formación, el cual se extiende por 700 metros de rumbo ENE-OSO acuñaéndose en sus extremos, cuyo espesor varía entre 1,30 y 2,35 metros. El contacto con la roca de caja al techo está mal expuesto, por el contrario, en la base se reconocen procesos de asimilación con un comportamiento frágil de la roca de caja. Cuerpos de menor espesor fueron reconocidos por debajo del intrusivo principal, los cuales presentan espesores variables entre 5 a 30 centímetros. Estos cuerpos menores afloran siguiendo la laminación de la roca de caja que en esa zona presenta una inclinación entre los 35° y 49° hacia el sur. Hacia el extremo occidental se reconoce un cuerpo ígneo que presenta en planta una sección circular de 6 m de diámetro y forma un promontorio subredondeado que sobresale respecto a la estratificación y laminación de la Formación Los Molles. Este cuerpo podría ser interpretado como un conducto de alimentación o bien una zona de abultamiento dentro del cuerpo laminar principal.

Considerado al filón capa principal como representativo del enjambre, macroscópicamente presenta una pasta de color negro-grisáceo en la que resaltan fenocristales de olivino y una gran cantidad de vesículas, de diferentes formas y tamaños. La textura general del intrusivo es lamproffrica, con fenocristales de olivina, inmersos en una pasta afánítica de textura transicional entre pilotáxica e intersertal, Esta pasta se compone de tablillas de plagioclasa, olivina y piroxeno, con proporciones variables de vidrio. Los cristales de olivina y piroxeno están parcial o totalmente alterados a saponita. Las vesículas son de pocos milímetros hasta 5 cm de diámetro con formas redondeadas a ovaladas/aplanadas, y están rellenas parcial o totalmente con zeolitas blancas de hábito fibroso radial. Acorde a su composición mineralógica, ya que no se dispone de datos de química de roca total, estas rocas se clasificarían como basaltos (Le Maitre *et al.* 2002).



Figura 2. Fotografía de campo del cuerpo intrusivo en la Fm. Los Molles.



## Cuerpos intrusivos en las formaciones Challacó, Tordillo y Vaca Muerta

En este sector la Formación Challacó está compuesta por niveles pelíticos rojizos con intercalaciones de bancos arenosos de grano medio a grueso y arenas conglomerádicas de tonalidad blanquecina. Por otra parte, la Formación Tordillo está representada por niveles conglomerádicos finos a medios con matriz arenosa en su sección basal, de tonalidades amarillentas a ocre. En los niveles superiores predominan las arenas de variado tamaño de grano por sobre los conglomerados. La Formación Vaca Muerta está compuesta predominantemente por lutitas de tonalidades amarillentas, ocre y grisáceas con laminación fina horizontal. Alternando con las lutitas hay pequeños niveles carbonáticos y areniscas finas castañas. A lo largo de toda la sección hay gran cantidad de materia orgánica y restos fósiles de amonites y otros invertebrados. En estas secciones se hayan los intrusivos (Fig. 3).

Los cuerpos ígneos en estas unidades se dividen en tres sectores (oriental, central y occidental), presentan techos y bases con límites planos y paralelos entre sí, conformando una morfología aproximadamente tabular, acuñándose hacia los extremos. Estos intrusivos son armónicos y predominantemente concordantes con la estratificación de la roca de caja. Los espesores pueden variar desde unas decenas de centímetros hasta alcanzar el espesor máximo observado de 9,5 metros. Lateralmente alcanzan hasta los 350 metros de largo en el rumbo. Según sus contactos con las rocas de caja los tres cuerpos intrusivos principales se clasifican como filones capa.

Petrográficamente las rocas que componen los cuerpos son rocas masivas, de color gris oscuro y textura lamprofírica, observándose también texturas amigdaloides y vesicular. El olivino y el piroxeno son los minerales que se encuentran como fenocristales, conformando así la textura lamprofírica encontrándose el piroxeno en baja proporción. Además, estos minerales en ocasiones se encuentran como grupos de cristales que constituyen una textura glomeroporfírica. Conformando la textura intergranular observada en la pasta de las rocas, se encuentran olivino junto con clinopiroxeno y plagioclasa, esta última restringida únicamente a la pasta de las rocas. En

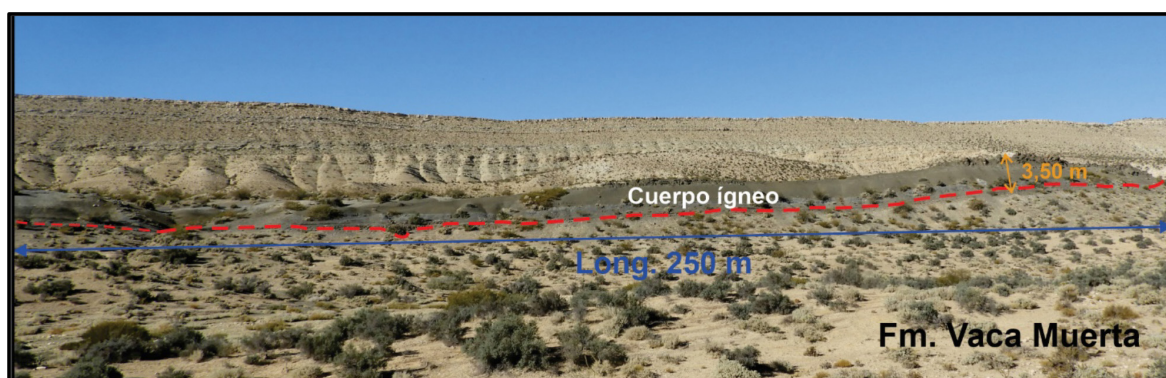


Figura 3. Fotografía de campo del cuerpo ígneo intruído en la Fm. Vaca Muerta.

una única muestra se identificó escaso vidrio volcánico, que junto con la plagioclasa conforman la textura intersertal. Tanto la biotita, como el cuarzo son accesorios muy escasos en todas las muestras observadas. En base a la mineralogía y las diferentes texturas observadas se puede determinar que las rocas que conforman los cuerpos ígneos de este sector pueden clasificarse como basaltos (Le Maitre *et al.*, 2002). La textura amigdaloides está conformada por vesículas rellenas por zeolitas de hábito fibroso y color blanco que alcanzan 1,5 cm de diámetro. Este mineral se podría asociar a un estadio posterior al emplazamiento de los cuerpos intrusivos. Es muy frecuente encontrar olivinos alterados, transformándose en *iddingsita*, esta última se observa como reemplazo total o parcial del olivino en todas las muestras analizadas.

### Comportamiento de los intrusivos frente a los *shales*

Las formaciones Los Molles y Vaca Muerta, además ser el encajante de los cuerpos ígneos previamente descritos, son importantes rocas madre de los sistemas petroleros de la Cuenca Neuquina. Datos de subsuelo en las secciones basales de la Formación Vaca Muerta para zonas aledañas al área de estudio indican etapas tempranas de madurez de la materia orgánica (Utge *et al.* 2020; Mapas de la secretaria hidrocarburo de Neuquén). Por otro lado, estudios previos en el área del Anticlinal Picún Leufú indican que parte de la Formación Los Molles se encontraría en ventana de petróleo. Si consideramos las rocas de caja de los intrusivos de la Formación Los Molles, éstas presentan una gran cantidad de materia orgánica la cual no parece haber sido afectada por la perturbación térmica de los intrusivos. Si bien la roca sedimentaria muestra algunos indicios del efecto térmico del contacto con el cuerpo magmático, la alta relación axial de éstos no habría sido suficiente para impactar en el gran volumen de roca que constituyen sus encajantes. Por otra parte, no se ha observado ninguna red de fisuras ni tampoco porosidad secundaria por disolución de sus minerales inestables, por lo que no parece tener posibilidad de actuar como una roca reservorio. La única porosidad de estas rocas ígneas correspondería a las vesículas, la cuales se encuentran rellenas por zeolitas, y su permeabilidad sería virtualmente nula ya que las vesículas no se conectan entre sí.

Si bien en la Cuenca Neuquina los intrusivos han cumplido roles como roca reservorio y contribuyentes locales a la maduración en rocas generadoras, este no parece ser el caso de los intrusivos estudiados en este sector del anticlinal Picún Leufú. Sin embargo, consideramos que un estudio en profundidad sobre la relación de estos intrusivos con sus encajantes, tanto en superficie como en subsuelo, podría aportar nuevas herramientas para la evaluación de los sistemas petroleros del área.

## CONCLUSIONES

En base a las características morfológicas y las relaciones con las rocas de caja, los cuerpos ígneos intrusivos del área de estudio pueden ser clasificados como laminares, más precisamente filones capa.

Los cuerpos ígneos laminares que se intruyen en las formaciones Los Molles, Vaca Muerta, Challacó y Tordillo, presentan textura lamprofírica y composición basáltica. Los fenocristales son casi exclusivamente de olivinos, y presentan abundantes amígdalas rellenas de zeolitas.

Para los intrusivos en la Formación Los Molles, Vaca Muerta, Challacó y Tordillo, podría establecerse una edad de forma amplia en un intervalo entre el Jurásico medio a Holoceno. A partir de la comparación con otras unidades ígneas de composición basálticas aflorantes en los alrededores de la zona de estudio, se infiere que estos cuerpos laminares se podrían haber intruído durante el Cenozoico posiblemente entre el Mioceno medio y el Holoceno.

No existen evidencias que permitan inferir la generación de un efecto térmico de interés, por parte de los intrusivos estudiados, para la maduración de materia orgánica y consecuente generación de hidrocarburos sobre las lutitas orgánicas de las Formaciones Los Molles y Vaca Muerta.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Gastón Domanico y Ariel Marticorena por el acompañamiento en los trabajos de campo, a Alberto Garrido por la información proporcionada, y a todos los que aportaron información para el desarrollo del presente trabajo.

## REFERENCIAS CITADAS

- Arregui, C., Carbone, O., Leanza, H., A. 2011. Contexto tectosedimentario. En C. Arregui, O. Carbone, J.C Danielli, H.A Leanza, J.M Valles. eds. Geología y Recursos naturales de la Provincia de Neuquén. 18° Congreso Geológico Argentino Relatorio: 29-37, Neuquén.
- Braccacini, I. O., 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 25(2): 275-282.
- Comeron, R., González, J. M. y Schiuma, M. 2002. Los reservorios de las rocas ígneas intrusivas. En: Schiuma, M., Hinterwimmer, G., Vergani, G. eds. Rocas reservorio de las cuencas productivas de Argentina. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, p. 559-582, Mar del Plata.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sørensen, H. y Wool-

ley, A.R., 2002. Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, 2nd Edition. Cambridge University Press, 236 p., Cambridge.

Utge, S., D'Angiola, M., Dominguez, F., García, D., Ruiz, R., Rodríguez, J. y Pérez, G. 2020. A Systematic Volcanic Intrusive Characterization Model for Exploration and Production of Vaca Muerta Formation. In SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference.