

# PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DEL CUERPO ÍGNEO EL RENEGADO, SIERRA GRANDE DE SAN LUIS

Francisco E. CACACE<sup>1,2</sup>, Carolina FERNÁNDEZ IHIGO<sup>2</sup>, Gabriela R. FERRACUTTI<sup>1,2</sup> y Ernesto E. BJERG<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> INGEOSUR-CONICET, Bahía Blanca. E-mail: gferrac@uns.edu.ar

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

## RESUMEN

El Renegado es un cuerpo ígneo situado en el sector Sur de la faja de rocas máficas-ultramáficas La Jovita-Las Águilas emplazada en el faldeo oriental de la Sierra Grande de San Luis, la cual se extiende aproximadamente 100 km con rumbo NNE, con un ancho que oscila entre 3 y 5 km. Si bien este cuerpo carece de estudios previos a la presente contribución, se encuentra próximo a diversos cuerpos máficos-ultramáficos ampliamente estudiados tales como Las Águilas, Las Higueras, Virorco, Escuela Las Pircas y El Fierro, los cuales son de gran interés por ser portadores de una mineralización de sulfuros de Fe-Ni-Cu-Co y minerales del grupo del platino. El Renegado es un cuerpo de composición máfica, presentando en diversos sectores textura magmática primaria de tipo estratificada modal. Los resultados de los análisis geoquímicos de elementos mayoritarios, elementos traza y elementos de tierras raras, permitieron definir para El Renegado un proceso de evolución magmática por cristalización fraccionada, con un grado de evolución que aumenta de este a oeste. Cuando estos resultados son comparados mediante diagramas de elementos mayoritarios, elementos traza y elementos de tierras raras con los cuerpos máficos-ultramáficos Virorco, Las Águilas y Las Higueras, es posible determinar que todos ellos pertenecen a una misma secuencia magmática controlada por cristalización fraccionada, en la cual las rocas aflorantes en El Renegado representarían las de mayor grado de evolución dentro de esta secuencia estratigráfica ígnea.

**Palabras clave:** Rocas máficas-ultramáficas, Estratificación magmática, Cristalización fraccionada, Sierras Pampeanas

## ABSTRACT

*Petrography and geochemistry of the El Renegado igneous body, Sierra Grande of San Luis*

The igneous body El Renegado is located in the southern portion of the La Jovita-Las Águilas mafic-ultramafic belt outcropping on the Eastern slope of the Sierra Grande of San Luis. This NNE belt extends for about 100 km and its width varies between 3 and 5 km. Although it is located close to several well studied mafic-ultramafic bodies, as is the case of Las Águilas, Las Higueras, Virorco, Escuela Las Pircas and El Fierro, it has not been the subject of previous studies. The neighboring bodies are known to carry an associated mineralization of Fe-Ni-Cu-Co sulfides and platinum group minerals. Magmatic modal layering has been recognized in several outcrops of El Renegado mafic rocks. Geochemical data (major and trace elements and REE) indicate this body is the result of a fractional crystallization process, which increased from east to west. Virorco, Las Águilas and Las Higueras mafic-ultramafic rocks are also the result of a fractional crystallization process and the comparison of their geochemistry with that of El Renegado shows that it is part of the same magmatic sequence and would represent the most evolved member of the group.

**Keywords:** Mafic-ultramafic rocks, Magmatic layering, Fractional crystallization, Sierras Pampeanas

## INTRODUCCIÓN

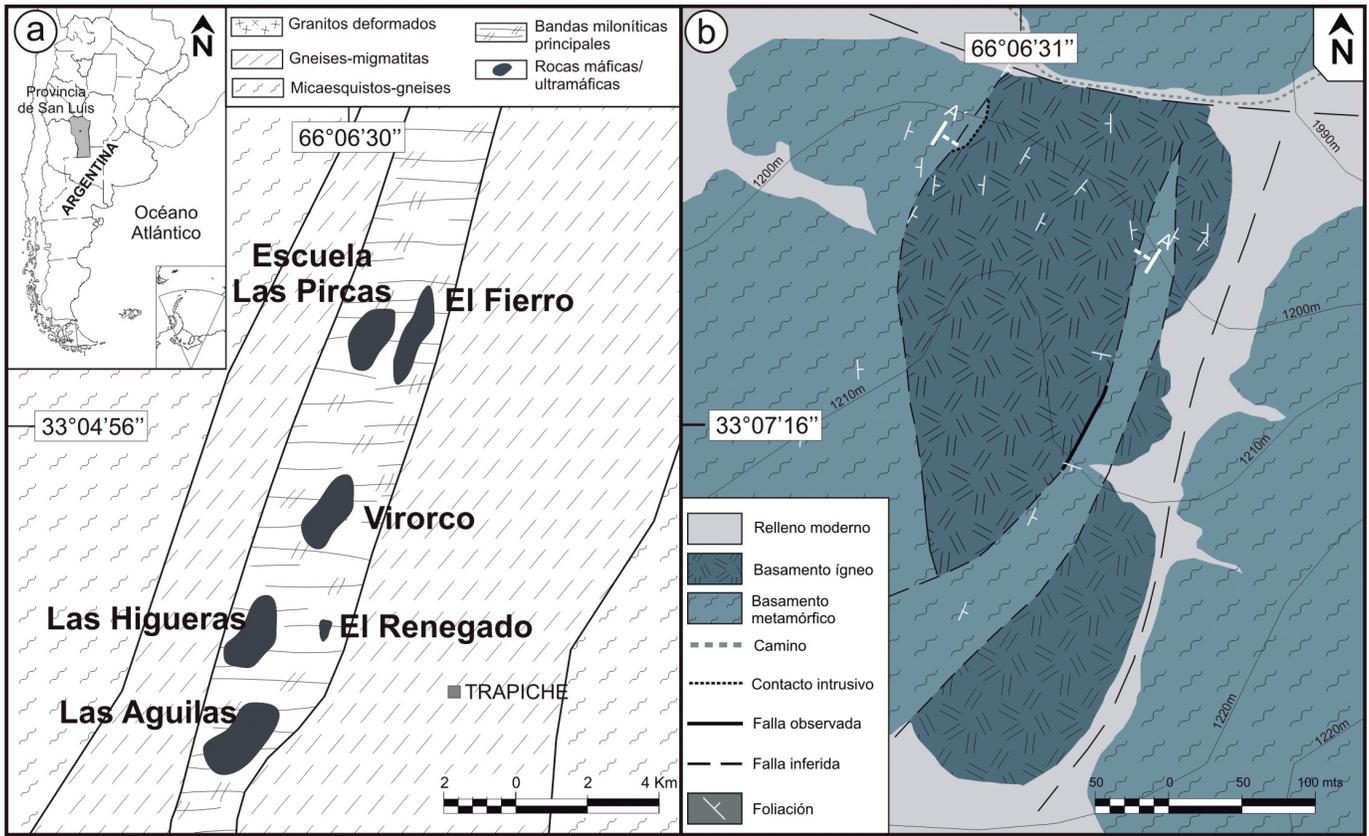
Los afloramientos del cuerpo ígneo El Renegado están localizados 35 km al NE de la ciudad de San Luis, más precisamente 4,5 km al oeste de la localidad de El Trapiche. Dicho cuerpo se sitúa en el sector Sur de la faja de rocas máficas-ultramáficas La Jovita-Las Águilas, que se extiende aproximadamente 100 km con rumbo NNE, con un ancho que oscila entre 3 y 5 km, emplazada en el faldeo oriental de la

Sierra de Grande de San Luis en la unidad morfoestructural de las Sierras Pampeanas (Fig. 1a).

La denominación del cuerpo está basada en su posición geográfica, dado que si bien pertenece a dicha faja, el mismo aflora unos 2 km al este de la misma. Si bien El Renegado carece de estudios previos a la presente contribución, se encuentra próximo a diversos cuerpos máficos-ultramáficos que han sido ampliamente estudiados como es el caso de Las Águilas y

Las Higueras, ubicados al oeste del cuerpo en cuestión, y Virorco, Escuela Las Pircas y El Fierro, ubicados al norte del mismo (Fig. 1a, b). Estos cuerpos son de gran interés, debido a que son portadores de una mineralización de sulfuros de Fe-Ni-Cu-Co y minerales del grupo del platino.

Tal como se menciona en el párrafo anterior, son numerosos los trabajos publicados por diversos autores referentes a los cuerpos máficos y ultramáficos



**Figura 1:** a) Mapa geológico del área de estudio con indicaciones de los principales cuerpos de rocas máficas-ultramáficas (modificado de von Gosen y Prozzi 1998); b) Mapa geológico del cuerpo El Renegado en el cual se indica el perfil de muestreo A-A'.

de San Luis. Entre ellos se encuentran los de Kilmurray y Villar (1981), Gervilla *et al.* (1993,1997), Brogioni (1994, 2001), Sabalúa *et al.* (1981), Malvicini y Brogioni (1993,1996), Mogessie *et al.* (1995, 1998, 2000), Hauzenberger *et al.* (2001), Bjerg *et al.* (1996), Delpino *et al.* (2001, 2007), Zaffarana *et al.* (2011), Ferracutti *et al.* (2007a, b, 2013) y las referencias en ellos citadas. Estas contribuciones se han ocupado de diversos aspectos, tales como el estudio del basamento metamórfico de alto grado, las mineralizaciones de metales base y minerales del grupo del platino y la estructura de los cuerpos máficos-ultramáficos mencionados. Por otra parte, los trabajos geofísicos realizados por Kostadinoff *et al.* (1998) permitieron definir la magnitud de estos cuerpos máficos-ultramáficos en subsuelo.

El basamento de las Sierras de San Luis se encuentra compuesto principalmente por metasedimentitas y metavolcanitas de alto grado metamórfico, donde se

destaca la presencia de cuerpos intrusivos de composición máfica-ultramáfica. Si bien se carece de datos isotópicos que permitan asignarle una edad precisa a los cuerpos máficos-ultramáficos próximos a El Renegado, Sims *et al.* (1998) obtuvieron una edad U-Pb SHRIMP de  $478 \pm 6$  Ma, a partir de una segregación ácida de una piroxenita perteneciente al cuerpo máfico-ultramáfico Las Águilas y más recientemente Steeken *et al.* (2008) en base a la isocrona Sm-Nd determinaron una edad de  $506 \pm 19$  Ma en una diorita ubicada aproximadamente a unos 20 km al NNE de la zona de estudio. Por otra parte Sato *et al.* (2001) obtuvieron una edad de  $1502 \pm 95$  Ma con una isocrona Sm-Nd en roca total en anfibolitas y komatitas pertenecientes la faja máfica-ultramáfica San Francisco del Monte de Oro.

Las rocas de la faja máfica-ultramáfica La Jovita-Las Águilas están compuestas principalmente por dioritas, noritas, piroxenitas, gabros, melagabros, harzburg-

gitas, dunitas, melanoritas, gabronoritas, broncinitas y peridotitas (Kilmurray y Villar 1981, Gervilla *et al.* 1993, 1997, Brogioni 1992, 1994, 2001, Brogioni y Ribot 1994, Sabalúa *et al.* 1981, Sabalúa 1986, Mallimacci 1985, Malvicini y Brogioni 1992, 1993, 1996, Ferracutti y Bjerg 2001). Según Hauzenberger *et al.* (1996, 1997a,b), Felfernig *et al.* (1997), Mogessie, *et al.* (1994, 1995) y Ferracutti (2005), las rocas máficas-ultramáficas aflorantes en la Sierra de San Luis se encuentran compuestas por 1) ortopiroxeno (opx) + anfíbol (amp) + plagioclasa (pl) ± clinopiroxeno (cpx) ± biotita (bt) ± espinelo (spl) ± sulfuros ± minerales del grupo del platino y accesorios como apatito y, 2) olivino (ol) + espinelo (spl) + sulfuros ± minerales del grupo del platino.

Mogessie *et al.* (1998, 2000), Hauzenberger (1997), Hauzenberger *et al.* (1997b), Ferracutti (2005) y Ferracutti *et al.* (2006) determinaron que los cuerpos que integran la faja de rocas máficas-ultramáficas

fueron generados en un ambiente tectónico extensional. En Las Higueras y Virorco Ferracutti *et al.* (2013) identificaron texturas magmáticas primarias de tipo estratificadas.

Debido a la carencia de información del cuerpo ígneo El Renegado, este trabajo tiene por objetivo dar a conocer diversas características del mismo, tales como sus dimensiones, rasgos estructurales, características petrográficas y geoquímicas. Asimismo, se efectúa una comparación con los cuerpos ya estudiados con la finalidad de determinar similitudes y diferencias con los mismos y establecer cuál es la posición estratigráfica de El Renegado en relación a los cuerpos situados en las cercanías.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Sims *et al.* (1997) y Hauzenberger *et al.* (2001) determinaron que el basamento cristalino de la parte sur de las Sierras de San Luis está compuesto por tres bloques principales, los cuales se encuentran separados por zonas de cizalla dúctil. Tales bloques son: el bloque este o Complejo metamórfico Conlara, constituido principalmente por gneises y migmatitas de alto grado; el bloque central o Complejo metamórfico Pringles, compuesto principalmente por filitas, micaesquistos, gneises y migmatitas, con un grado metamórfico que varía de facies esquistos verdes a facies de anfibolitas, pudiendo llegar a facies de granulita en los contactos con cuerpos intrusivos máficos-ultramáficos que se intercalan con la secuencia metamórfica, cuerpos tonalíticos-granodioríticos y pegmatitas; y el bloque oeste o Complejo metamórfico Nogolí, formado principalmente por ortogneises migmatíticos y gneises de alto grado con lentes de anfibolitas. Según Sato *et al.* (2003), los tres bloques o complejos metamórficos mencionados presentan una estructuración penetrativa subvertical en dirección NNE, la cual comparten con los cuerpos máficos-ultramáficos, que habría sido originada por la deformación principal Famatiniana, de edad ordovícica; los

mismos autores reconocen también rasgos remanentes de una estructuración anterior en dirección NO, atribuida al ciclo Pampeano (Criado Roqué *et al.* 1981, Kilmurray y Dalla Salda 1977).

Por su parte Delpino *et al.* (2001) definen para el sector central de la Sierra Grande de San Luis dos eventos de deformación principales: T2 y T3. El evento de deformación T2, asociado a las fases finales del ciclo orogénico Pampeano (Sims *et al.* 1998), genera una foliación de plano axial (S2), observada en los cuerpos máficos-ultramáficos, la cual es subvertical y fuertemente buzante, mayormente hacia el oeste. Por su parte, el evento de deformación T3 es un evento más joven correspondiente al ciclo orogénico Famatiniano (Ortiz Suárez y Ramos 1990, Ortiz Suárez *et al.* 1992, von Gosen y Prozzi 1996 y referencias en ellos citadas), el cual genera una foliación milonítica (Sm) regular y bien desarrollada, fuertemente buzante, generalmente hacia el este.

## MARCO GEOLÓGICO LOCAL

Tal como se mencionó previamente, los cuerpos máficos-ultramáficos más estudiados y más próximos a El Renegado son Las Águilas y Virorco, ubicados al SO y NO del mismo respectivamente (Fig. 1a). Ferracutti *et al.* (2007a), en base a la paragénesis mineral y a las proporciones modales determinaron que en los citados cuerpos el clan de las rocas máficas está compuesto por norritas (opx+pl±hornblenda±opacos) y norritas clinopiroxénicas (opx+pl±cpx±hornblenda±opacos); metagabroides (opx±cpx+pl±hornblenda±bt) y milonitas máficas (opx+amp+pl±granate±bt); mientras que las rocas ultramáficas comprenden dunitas (ol+sulfuros+spl±opx), harzburgitas (ol+opx±cpx+sulfuros+spl), ortopiroxenitas (opx±pl±hornblenda±spl±sulfuros) y websteritas (opx+cpx±pl±spl±sulfuros). Hauzenberger *et al.* (1997) determinaron que los cuerpos máficos-ultramáficos son geoquímicamente similares a los de complejos estratificados. Basados en la composición de los espinelos provenientes de

testigos de perforaciones del cuerpo Las Águilas, Ferracutti *et al.* (2006) clasificaron a estos cuerpos como intrusivos máficos-ultramáficos estratificados.

Posteriormente Ferracutti *et al.* (2013) establecieron que los cuerpos máficos-ultramáficos son derivados de un magma parental toleítico rico en MgO y en base a la química de roca total, la concentración de metales base y elementos del grupo del platino y rasgos texturales estudiados, indicaron que los cuerpos de San Luis serían comparables a otros depósitos desarrollados en regímenes de tectónica extensional tales como Jinchuan (China), Kabanga (Tanzania) y Fiambalá (Argentina).

## METODOLOGÍA

El relevamiento efectuado durante los trabajos de campo se realizó mediante el posicionamiento de puntos de interés con un equipo GPS Garmin modelo etrex Vista, utilizando el datum de referencia WGS84. Dichos puntos corresponden a los principales rasgos petrográficos y estructurales identificados, en los cuales se tomaron fotografías y se efectuó el correspondiente muestreo de rocas.

Diversos tipos de software posibilitaron el tratamiento gráfico y analítico de los datos obtenidos a partir de los trabajos de campo y para la confección del mapa se utilizó el software de licencia libre Quantum Gis (QGIS), versión 1.8.0 "Lisboa". La confección de las secciones pulidas fue llevada a cabo en el Laboratorio de Petrotomía del Departamento de Geología-INGEOSUR, Universidad Nacional del Sur. El análisis y estudio de dichas secciones se efectuó con un microscopio Nikon Eclipse E400Pol equipado con una cámara Nikon.

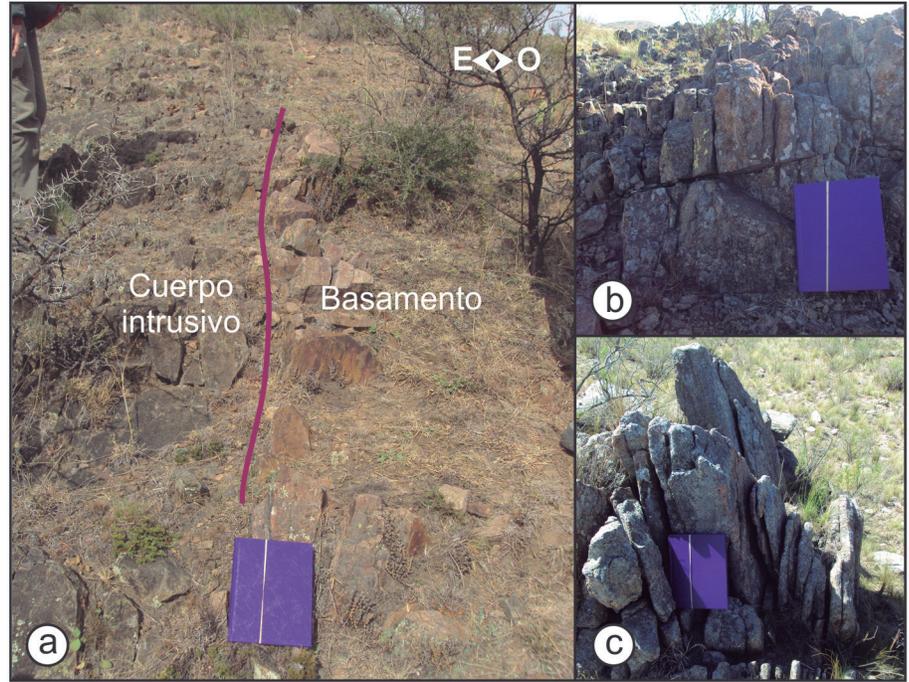
Los análisis químicos de roca total de elementos mayoritarios y trazas fueron realizados en el laboratorio Actlabs (Activation Laboratories) en Canadá, mediante la aplicación del método WRA+trace 4 Lithoresearch, para lo cual se aplicaron las siguientes técnicas: fluorescencia de rayos-x (XRF), activación neutrónica (INAA) y espectrometría de masas

de plasma acoplado por inducción (ICP-MS), previa preparación de la muestra con molienda CODE RX2, con el cual se minimiza la contaminación. Los resultados de estos análisis están expresados en porcentaje en peso de óxidos (% en peso) para los elementos mayoritarios y en partes por millón (ppm) para los elementos traza (Cuadro 1). Por último, cabe destacar que se utilizaron las abreviaturas sugeridas por Whitney y Evans (2010) para hacer referencia a los silicatos y óxidos.

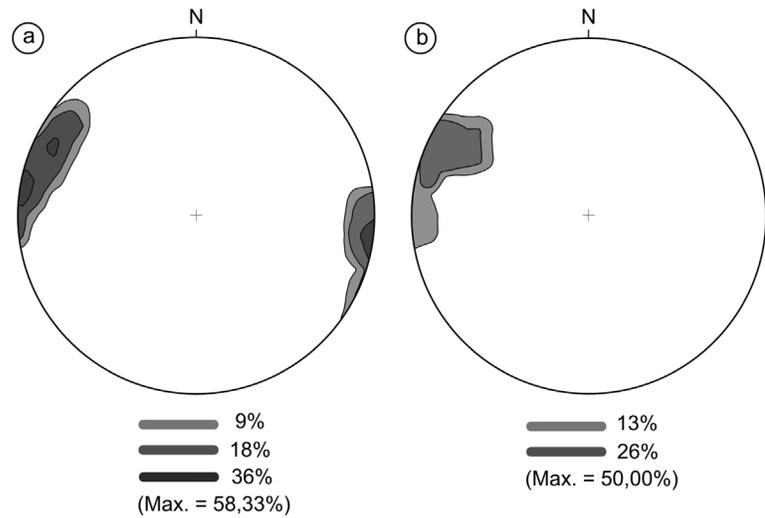
### ESTRUCTURA

Los afloramientos estudiados del cuerpo ígneo El Renegado presentan una extensión aproximada de 500 m en dirección NNE y 200 m en dirección ONO (Fig. 1b). Hacia el norte estos afloramientos se encuentran limitados por una falla regional inferida de rumbo ONO, la cual pone a las rocas ígneas en contacto con el basamento metamórfico, mientras que en otros sectores del cuerpo estos contactos están dados por fallas de rumbo NNE y NNO, y en escasos sectores se observaron contactos intrusivos (Figs. 1b y 2a). En aquellos sectores con presencia de brechas de fallas y sin relleno moderno se pudieron realizar mediciones de estas estructuras, las cuales arrojaron valores de rumbo NNE y ángulos de buzamiento superiores a los 60° (119°/66°; 124°/63°). En cuanto al extremo sur del cuerpo, el mismo se presenta cubierto por suelos, los cuales imposibilitan establecer la continuidad del cuerpo y/o la presencia de rocas del basamento metamórfico.

El rasgo estructural predominante en el área de estudio está dado por planos de foliación de rumbo NE y altos ángulos de buzamiento, que se reconocieron tanto en el cuerpo ígneo como en las metamorfitas próximas al mismo (Fig. 2b, c). Los datos de las mediciones correspondientes a los planos de foliación del cuerpo ígneo se hallan representados en el diagrama de polos de la figura 3a, en el cual se diferencian dos sectores, correspondientes a planos buzantes al este y al oeste pero con una mayor concentración de polos cuyos planos son buzantes hacia el este. Por su



**Figura 2:** a) Fotografía del contacto intrusivo entre el basamento metamórfico y el cuerpo intrusivo; b) Foliación del cuerpo ígneo; c) Foliación del basamento metamórfico.



**Figura 3:** Diagramas de polos de los planos de foliación medidos: a) En el cuerpo ígneo; b) En el basamento metamórfico.

parte, los datos obtenidos a partir de las mediciones correspondientes a los planos de foliación del basamento metamórfico fueron representados en la figura 3b, en la cual se puede definir mediante el diagrama de polos, un máximo bien diferenciado, con polos levemente buzantes hacia el oeste.

Otro rasgo estructural identificado en el cuerpo es la presencia de diaclasas sub-

verticales a verticales, las cuales presentan principalmente un rumbo ONO y de manera subordinada un rumbo NNE, estructuras que también fueron observadas en el basamento metamórfico.

### PETROGRAFÍA

En base al estudio macroscópico y microscópico de las rocas ígneas afloran-

tes en el cuerpo El Renegado se realizó la clasificación modal de las mismas según los diagramas px-pl-hornblenda (hbl) y pl-opx-cpx (clasificación de rocas ígneas según Le Maitre 2002) (Fig. 4). Esto permitió clasificar a las muestras estudiadas como rocas máficas gabronoríticas diferenciándose dos variedades principales de rocas, gabros ortopiroxénicos hornblendíferos (cpx+pl+hbl±opx±óxidos±ulfuros) y noritas clinopiroxénicas hornblendíferas (opx+pl+hbl±cpx±óxidos±ulfuros). Otra variedad de rocas reconocidas en este cuerpo son los metagabroides (cpx+pl+hbl±opx±antofilita±clorita±cuarzo±óxidos±sulfuros), cuyo protolito ígneo correspondería a rocas de tipo gabros ortopiroxénicos hornblendíferos.

### Gabros ortopiroxénicos hornblendíferos

Son rocas de color gris oscuro con un tamaño de grano fino a medio. Microscópicamente presentan una textura holocristalina, inequigranular, hipidiomorfa. Su composición mineralógica está dada principalmente por clinopiroxeno, plagioclasa y hornblenda, con cantidades variables de ortopiroxeno.

Los cristales de clinopiroxeno presentan un hábito subhedral a anhedral, con tamaños que varían entre 0,2 y 2,4 mm, pudiendo presentar inclusiones de plagioclasa, hornblenda y óxidos, bordes levemente alterados a antofilita (ath) y clorita (chl), y fracturas rellenas por clorita.

Los cristales de plagioclasa ( $An_{68-72}-Ab_{32-28}$ ) presentan un hábito subhedral a anhedral con tamaños que varían entre 0,2 y 2,2 mm y maclas. También es posible reconocer la presencia de inclusiones de apatito y la presencia de fracturas rellenas con clorita.

La hornblenda tiene hábito subhedral, con un tamaño que varía entre 0,2 y 2,8 mm y un pleocroísmo pardo amarillento a pardo verdoso oscuro. Presenta fracturas rellenas principalmente por antofilita y clorita (Fig. 5a) y se reconocen inclusiones de plagioclasa y clinopiroxeno. En ocasiones se encuentra reemplazando pseudomórficamente a los cristales de clinopiroxeno (Fig. 5b, c) reconociéndose casos

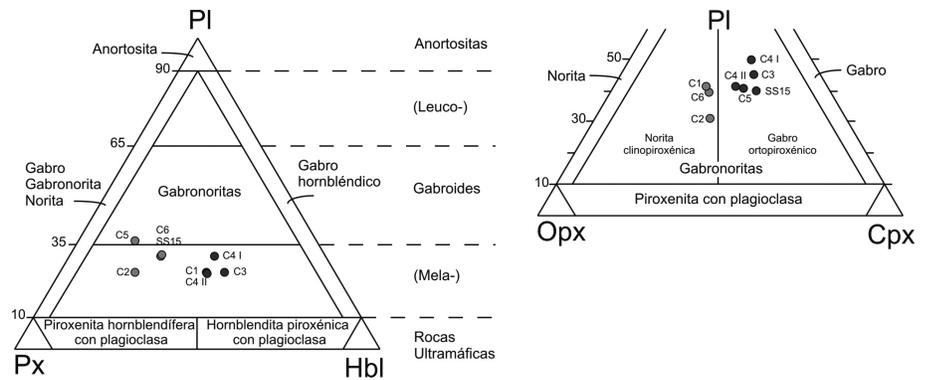


Figura 4: Diagramas de clasificación de las rocas ígneas aflorantes según la composición modal px-pl-hbl y pl-opx-cpx (clasificación de rocas ígneas según Le Maitre 2002).

en los que es reemplazada pseudomórficamente por antofilita (Fig. 5d).

Los cristales de ortopiroxeno se caracterizan por presentar un hábito subhedral a anhedral, con una variación de tamaños que va desde 0,2 a 2 mm. Estos minerales pueden presentar inclusiones de plagioclasa, anfíbol, clinopiroxenos y óxidos, fracturas intracristalinas y una leve alteración a clorita.

En lo referente a los óxidos y los sulfuros, cabe destacar que los mismos se encuentran en muy escasa proporción, siendo los primeros los de mayor abundancia. Los óxidos corresponden a ilmenita y hematita, representados por cristales intersticiales, de hábito anhedral con un tamaño que varía entre 0,05 y 0,5 mm. En menor proporción, los sulfuros están representados por cristales intersticiales de pirrotina, de hábito anhedral, con tamaños variables entre 0,02 y 0,08 mm, que están reemplazados pseudomórficamente, parcial o totalmente, por cristales de magnetita.

### Noritas clinopiroxénicas hornblendíferas

Son rocas de color gris oscuro con un tamaño de grano fino a medio. Microscópicamente presentan una textura holocristalina, inequigranular, hipidiomorfa y una paragénesis mineral compuesta principalmente por ortopiroxeno, plagioclasa, hornblenda y cantidades variables de clinopiroxeno.

Los cristales de ortopiroxeno presentan un hábito subhedral a anhedral y un tamaño que varía entre 0,1 y 4,8 mm. En

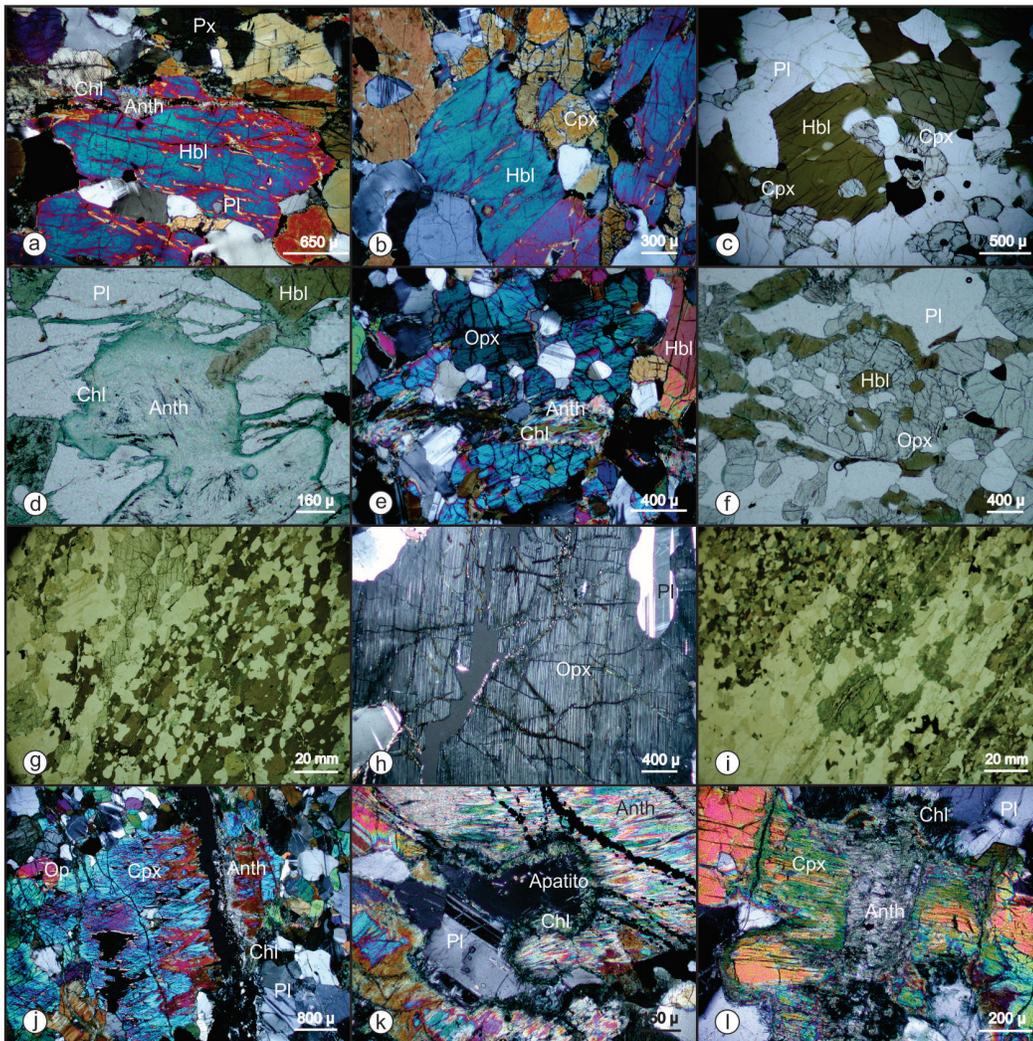
ellos es común la presencia de inclusiones poiquilíticas de plagioclasa y hornblenda, fracturas rellenas por antofilita y clorita (Fig. 5e), y algunos cristales que en sus bordes están alterados con formación de clorita.

Los cristales de plagioclasa ( $An_{68-72}-Ab_{32-28}$ ) presentan un hábito subhedral a anhedral, con tamaños que varían entre 0,2 y 3,6 mm, siendo posible observar en algunos cristales la presencia de inclusiones de apatito.

Los cristales de hornblenda presentan hábito subhedral a anhedral, tamaños que varían entre 0,2 y 2,4 mm y pleocroísmo que varía de pardo amarillento a pardo oscuro verdoso. Es posible observar cristales de hornblenda reemplazando pseudomórficamente a los cristales de ortopiroxeno (Fig. 5f) y cristales con inclusiones de plagioclasa y óxidos.

Los cristales de clinopiroxeno presentan un hábito subhedral a anhedral, con tamaños que varían entre 0,2 y 1 mm, pudiendo presentar inclusiones de plagioclasa y hornblenda, y bordes cristalinos alterados a antofilita y clorita.

Los minerales opacos están presentes en menor proporción que en los gabros hornblendíferos, siendo la ilmenita y la hematita los óxidos presentes en mayor proporción, bajo la forma de cristales anhedrales intersticiales de tamaño variable entre 0,08 y 0,6 mm. Por su parte los sulfuros están representados por cristales intersticiales de calcopirita, de hábito anhedral, con un tamaño que varía entre 0,01 y 0,08 mm, que generalmente están reemplaza-



**Figura 5:** Gabros ortopiroxénicos hornblendíferos de El Renegado: a) Fracturas en cristales de hornblenda rellenas por antofilita y clorita; b-c) Hornblenda reemplazando pseudomórficamente al clinopiroxeno; d) Antofilita reemplazando pseudomórficamente a hornblenda. Noritas clinopiroxénicas hornblendíferas: e) Ortopiroxeno fracturado y alterado a antofilita y clorita; f) Hornblenda reemplazando pseudomórficamente al ortopiroxeno; g) Bandedo modal compuesto por láminas claras y oscuras; h) Ortopiroxeno con exsolución de clinopiroxeno. Metagabroides: i) Bandedo modal compuesto de láminas claras y oscuras; j) Clinopiroxeno fracturado y alterado a antofilita; k) Reemplazo total de hornblenda por antofilita, y reemplazo parcial de plagioclasa por antofilita y clorita; l) Antofilita y clorita reemplazando clinopiroxeno.

dos pseudomórficamente por magnetita. Asociada a esta litología en particular, se determinó la presencia de rocas con bandedo modal y bandedo según los tamaños de los cristales, con intercalaciones de láminas claras y oscuras (Fig. 5g). Estas láminas (definidas así según lo establecido por Irvine 1982 por ser capas delgadas, inferiores a los 3 cm, bien definidas), se diferencian principalmente por las modas de sus minerales constituyentes, dado que las bandas oscuras presentan mayor contenido de hornblenda, mientras que las bandas claras tienen mayor contenido de plagioclasa. En lo que respecta a la diferencia de tamaño de los cristales de cada banda, los cristales de hornblenda son de mayor tamaño en las bandas oscuras, y los cristales de plagioclasa y ortopiroxeno de mayor tamaño en

las bandas claras. Una característica frecuente en estas rocas es la presencia de cristales de ortopiroxeno en los que se reconoce exsolución de clinopiroxeno en su estructura (Fig. 5h).

#### Metagabroides

En este grupo se incluye y se describe un conjunto de rocas con importante presencia de minerales de alteración. En los sectores menos alterados estas rocas conservan una textura relictica holocristalina inequigranular hipidiomórfica, cuya paragénesis mineral permite atribuirle a este tipo de rocas un protolito de composición gabro ortopiroxénica hornblendífera, el cual poseía estratificación modal de láminas similar al descrito anteriormente. Estas rocas son de color gris oscuro con un tamaño de grano fino a medio, com-

puestas por  $cpx+pl+hbl\pm opx\pm ath\pm chl\pm cuarzo\pm \text{óxidos}\pm \text{sulfuros}$ . Presentan un bandedo de tipo modal compuesto por láminas claras y oscuras (Fig. 5i), donde las láminas claras se conforman principalmente por plagioclasa ( $An_{60-64}-Ab_{40-36}$ ) y las láminas oscuras por hornblenda, ortopiroxeno, clinopiroxeno y plagioclasa. Paralelamente al bandedo presente en estas rocas se desarrollan fracturas longitudinales rellenas por clorita, antofilita y óxidos (Fig. 5j). Como principales rasgos de alteración se destaca la presencia de cristales de clinopiroxeno, ortopiroxeno, plagioclasa y hornblenda, alterados y reemplazados parcial o casi totalmente por antofilita y clorita (Fig. 5k, l), así como un gran número de cristales de plagioclasa homogeneizados o con presencia de macas de deformación.

**CUADRO 1:** Análisis geoquímicos de roca total correspondientes a las muestras seleccionadas del cuerpo El Renegado.

Muestra	C3	C5	C6	SS15
Roca	Gabro	Metagabroide	Norita	Gabro
SiO <sub>2</sub>	47,16	46,88	48,23	49,99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,15	11,84	13,83	14,66
FeO	14,78	14,29	11,13	12,18
MnO	0,23	0,24	0,18	0,20
MgO	8,87	8,70	10,51	6,87
CaO	11,85	11,16	12,09	11,39
Na <sub>2</sub> O	1,57	1,35	1,33	2,22
K <sub>2</sub> O	0,12	0,39	0,35	0,41
TiO <sub>2</sub>	1,38	1,35	0,78	1,29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,08	0,04	0,11
LOI	0,25	1,53	0,29	0,25
Total	100,10	99,42	100,00	100,91
V	431,00	406,00	290,00	382,00
Cr	270,00	300,00	510,00	210,00
Co	59,00	60,00	62,00	47,00
Ni	140,00	150,00	200,00	100,00
Sr	117,00	107,00	125,00	143,00
Y	27,10	25,40	16,50	26,00
Zr	57,00	61,00	39,00	70,00
Nb	2,00	2,90	1,00	2,90
La	3,46	4,79	4,71	9,72
Ce	11,70	13,70	12,60	26,00
Pr	1,99	2,22	1,85	3,23
Nd	10,70	11,40	8,55	13,40
Sm	3,65	3,62	2,55	3,82
Eu	1,19	1,10	0,87	1,14
Gd	4,10	4,06	2,69	4,35
Tb	0,78	0,76	0,50	0,78
Dy	4,97	4,90	3,15	4,91
Ho	1,04	1,01	0,64	1,01
Er	3,12	2,95	1,85	2,93
Tm	0,47	0,44	0,27	0,44
Yb	2,99	2,86	1,73	2,87
Lu	0,45	0,43	0,25	0,45
Hf	1,40	1,60	1,00	1,80
Ta	0,17	0,28	0,17	0,34
(La/Yb) <sub>N</sub>	0,83	1,20	1,95	2,43
Eu/Eu* = Eu <sub>N</sub> /√[(Sm <sub>N</sub> )*(Gd <sub>N</sub> )]	0,94	0,88	1,01	0,85

Nota: Los óxidos mayoritarios están expresados en % en peso y los elementos traza y tierras raras en ppm.

Tanto asociado a las fracturas como de manera intersticial se encuentran óxidos en muy escasa proporción representados por cristales de ilmenita y hematita, de hábito anhedral, con un tamaño que varía entre 0,08 y 0,6 mm, mientras que los sulfuros son de tipo intersticial o se encuentran como inclusiones en silicatos, siendo su abundancia inferior a la correspondiente a los óxidos. Entre los sulfuros observados se presentan cristales de cal-

copirita y pirrotina, ambos con hábito anhedral, tamaño entre 0,04 y 0,1 mm, que en general están reemplazados pseudomórficamente a partir de sus bordes por magnetita, aunque la calcopirita también puede estar reemplazada por covelina.

## GEOQUÍMICA DE ROCA TOTAL

Los resultados de los análisis geoquími-

cos de roca total de las muestras obtenidas en el cuerpo El Renegado se muestran en el cuadro 1. Estas muestras corresponden a un perfil de muestreo (A-A') efectuado sobre el cuerpo (Fig. 1b), donde de SE a NO, se obtuvieron las muestras C6, C3, SS15 y C5.

### Elementos mayoritarios

En la figura 6, se representan los contenidos de CaO, Na<sub>2</sub>O, FeO<sub>total</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, vs. MgO. En estos gráficos se observa que el MgO varía entre 6,87 % en peso y 10,51 % en peso y presenta una tendencia positiva con respecto al CaO (Fig. 6a), cuyo contenido fluctúa entre 11,16 y 12,09% en peso. La correlación del MgO con respecto al Na<sub>2</sub>O muestra una pendiente negativa (Fig. 6b), donde los contenidos de Na<sub>2</sub>O tienen valores comprendidos entre 2,22 y 1,33 % en peso.

Finalmente, las relaciones entre FeO<sub>total</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, vs. MgO (Fig. 6c, d) no muestran tendencias definidas, debido a que las muestras C3 y C5 presentan valores dispares respecto de las muestras C6 y SS15, mayores en el caso del FeO<sub>total</sub> y menores en el caso del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### Elementos traza

En la figura 7 se representaron los contenidos de los elementos traza compatibles Ni, Co y Cr vs. MgO y los valores de Eu vs. MgO. De esta manera, se pudo definir para el Ni, el Co y el Cr una fuerte tendencia positiva con tenores entre 100 y 200 ppm para el níquel, entre 47 y 62 ppm para el Co y entre 210 y 510 ppm para el Cr. También se determinó que el Eu, con contenidos entre 1,19 y 0,87 ppm, presenta una marcada correlación negativa con el MgO.

Por otra parte, los elementos traza incompatibles tales como Zr, Ta, Y, Hf y Nb vs. MgO fueron representados en la figura 8. En dicha figura puede observarse que todos los elementos presentan pendientes negativas y que los contenidos de los mismos fluctúan entre 39 y 70 ppm para el Zr, 0,17 y 0,34 ppm para el Ta, 16,5 y 27,1 ppm para el Y, 1 y 1,8 ppm para el Hf y 1 y 2,9 ppm para el Nb.

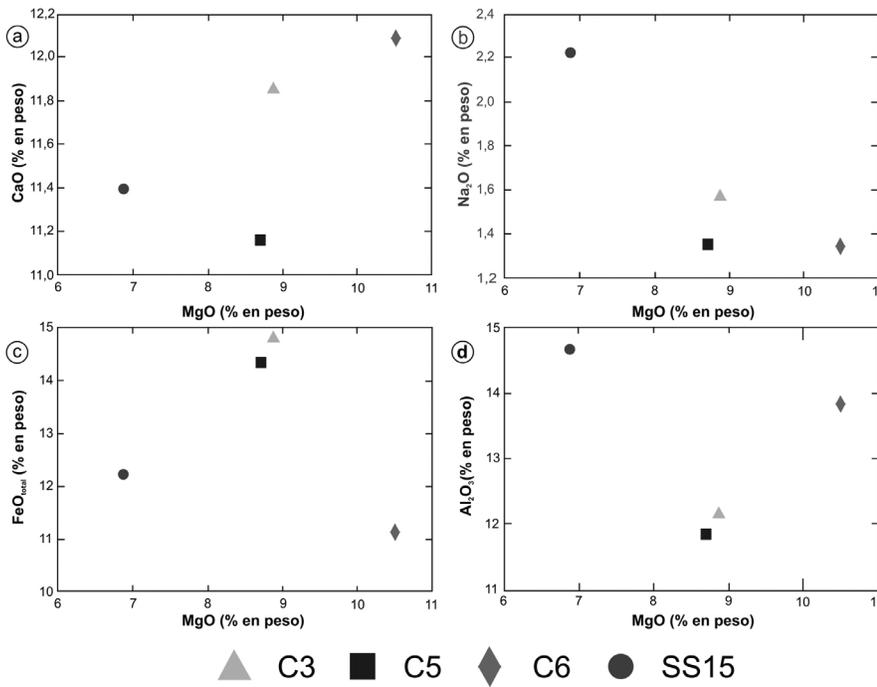


Figura 6: Diagramas bivariantes de elementos mayoritarios vs. MgO.

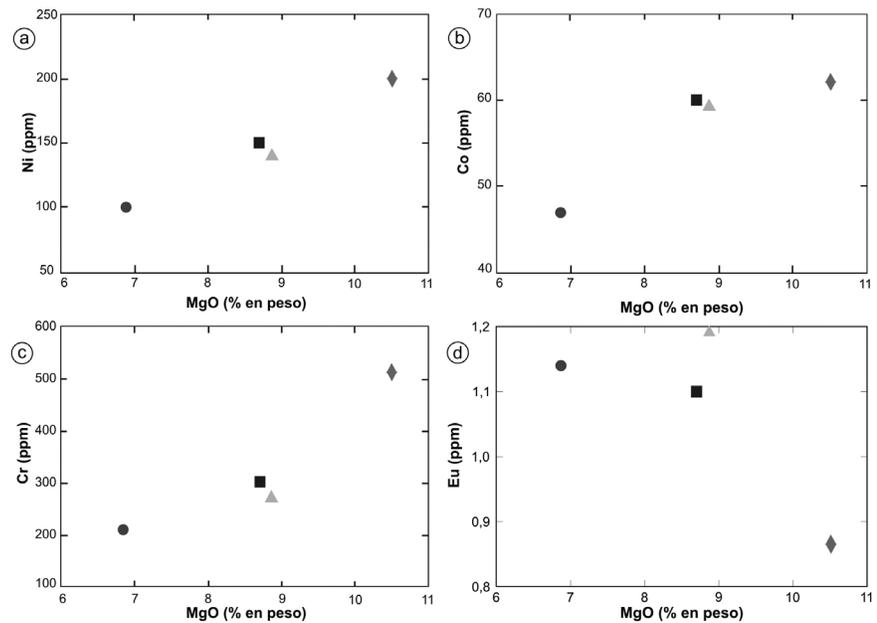


Figura 7: Diagramas bivariantes de elementos traza compatibles y Eu vs. MgO. Símbolos indicados en la figura 6.

**Elementos de tierras raras**

La figura 9 corresponde al diagrama de elementos de tierras raras normalizado a condrito (Sun y McDonough 1989). En este diagrama se observa que los patrones normalizados de todas las muestras analizadas se encuentran enriquecidos (en más de diez veces) con respecto al condrito.

Dentro de este conjunto de muestras cabe destacar que la muestra C6, correspondiente a una Norita clinopiroxénica hornblendífera es la muestra más empobrecida en tierras raras respecto a las muestras C3 y SS15 correspondientes a Gabros ortopiroxénicos hornblendíferos y también con respecto a la muestra C5 correspondiente

a un metagabroide derivado de un gabro ortopiroxénico hornblendífero.

A excepción de diferencias en el tenor de enriquecimiento de elementos de tierras raras livianas, evidenciado por una relación LaN/YbN que varía entre 0,83 y 2,43, las muestras analizadas presentan tendencias similares con valores de anomalía de Eu\* (Eu/Eu\*=Eu<sub>N</sub>/√(Sm<sub>N</sub>\*Gd<sub>N</sub>)) que varían entre 0,85 y 1,01 (cuadro 1).

**INTERPRETACIÓN Y DISCUSIONES**

El Renegado presenta una morfología elipsoidal, elongada en dirección NNE, lo cual es coincidente con la orientación general definida por diversos autores para la faja de rocas máficas-ultramáficas (Kilmurray y Villar 1981, Villar 1985, González Bonorino 1961, Sabulúa *et al.* 1981, entre otros). Asimismo, la relación observada entre el cuerpo ígneo y la roca de caja es minoritariamente a través de contactos intrusivos y mayoritariamente asociada a fallas con alto buzamiento, lo cual ya fue reconocido anteriormente por Ferracutti *et al.* (2007a) en otros cuerpos máficos-ultramáficos de la faja.

El rasgo estructural dominante del cuerpo estudiado está representado por planos de foliación de rumbo NE fuertemente buzantes hacia el este. Rasgos similares fueron descritos por Sato *et al.* (2003) en diversos cuerpos máficos-ultramáficos de la región, quienes mencionan una estructuración penetrativa subvertical en dirección NNE, atribuida a la deformación principal Famatiniana de edad ordovícica. Por otra parte Delpino *et al.* (2001) describen para los cuerpos máficos-ultramáficos más próximos a El Renegado planos de foliación de plano axial (S2) de rumbo NNE, fuertemente buzantes, en su mayoría hacia el oeste, atribuidos al evento de deformacional (T2) y asociados a las fases finales del ciclo orogénico Pampeano (Sims *et al.* 1998).

Otro atributo estructural está dado por la presencia de diaclasas de rumbo NO dominante y subordinado NNE, con buzamiento de alto grado. En base a las mediciones de las diaclasas conjugadas que

afectan a las rocas máficas-ultramáficas se determinó un esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ) que se desarrolló en dirección NNO a NO, tal como se observa en las figuras 10a y 10b. Esta característica es coincidente con lo propuesto por Delpino *et al.* (2001, fig. 8.2), quienes asignan para el evento compresional T2 un esfuerzo principal en dirección ONO.

La petrografía definida para El Renegado, compuesta por rocas máficas de tipo gabros ortopiroxénicos honblendíferos (cpx+pl+hbl±opx±óxidos±sulfuros), noritas clinopiroxénicas honblendíferas (opx+pl+hbl±cpx±óxidos±sulfuros) y metagabroides (cpx+pl+hbl±opx±ath±chl±cuarzo±óxidos±sulfuros), estaría enmarcada dentro de la paragénesis general definida por Hauzenberger *et al.* (1996-1997 a-b), Felfernig *et al.* (1997), Mogessie *et al.* (1994-1995) y Ferracutti (2005) para los cuerpos máficos-ultramáficos aflorantes en la sierra de San Luis, compuesta por opx+amp+pl±cpx±bt±spl±sulfuros±MGP±accesorios como apatito. La paragénesis definida para El Renegado tiene a su vez numerosas similitudes con la definida por Ferracutti *et al.* (2007a) para el conjunto de rocas máficas del área río Las Águilas-arroyo Los Manantiales, la cual está constituida por noritas (opx+pl±hbl±opacos) y noritas clinopiroxénicas (opx+pl±cpx±hbl±opacos); metagabroides (opx±cpx+pl+hbl±bt) y milonitas máficas (opx+amp+pl+grt±bt). Además, Ferracutti *et al.* (2007a) determinaron en base a muestras de superficie así como de testigos de perforación, que los cuerpos ígneos ubicados entre el río Las Águilas y el arroyo Los Manantiales, están compuestos tanto por rocas máficas como ultramáficas, siendo estas últimas más abundantes en niveles estratigráficos más profundos, y generalmente asociadas a sulfuros y en menor medida a minerales del grupo del platino. Si bien las muestras de superficie de El Renegado son de composición máfica, la comparación de sus características petrográficas con las definidas por Hauzenberger *et al.* (1996,1997a, b), Felfernig *et al.* (1997), Mogessie, *et al.* (1994, 1995), Ferracutti (2005) y Ferracutti *et al.* (2007a y 2013),

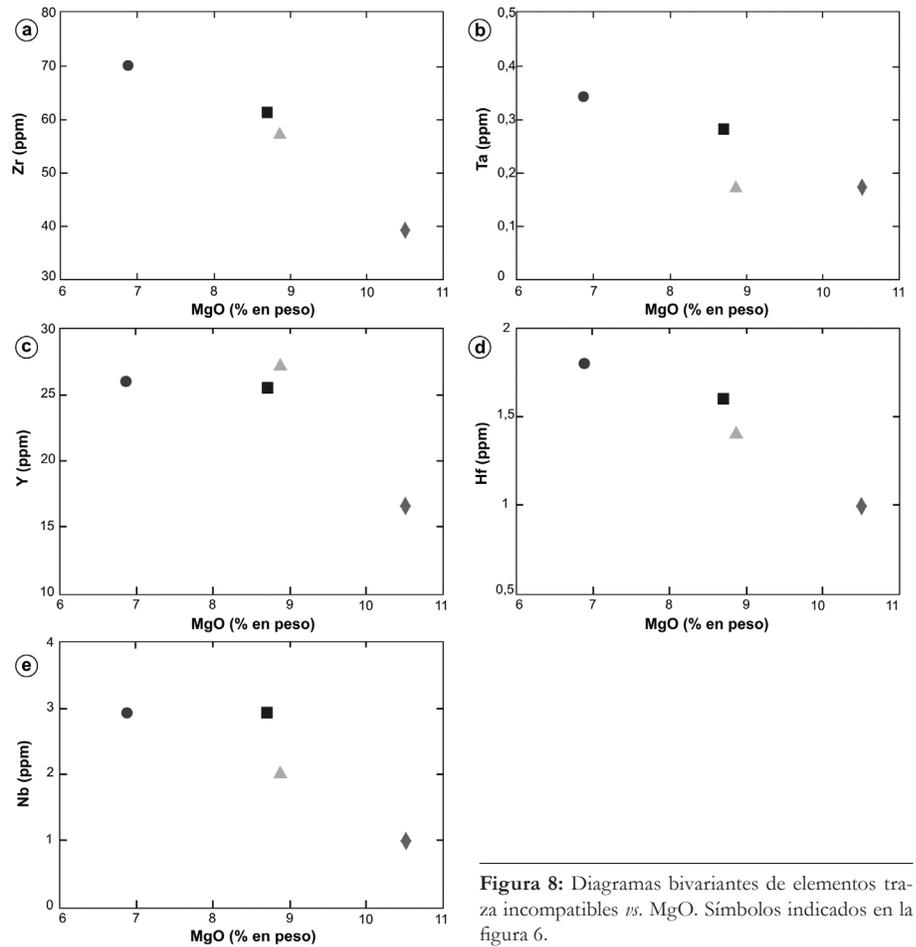


Figura 8: Diagramas bivalentes de elementos traza incompatibles vs. MgO. Símbolos indicados en la figura 6.

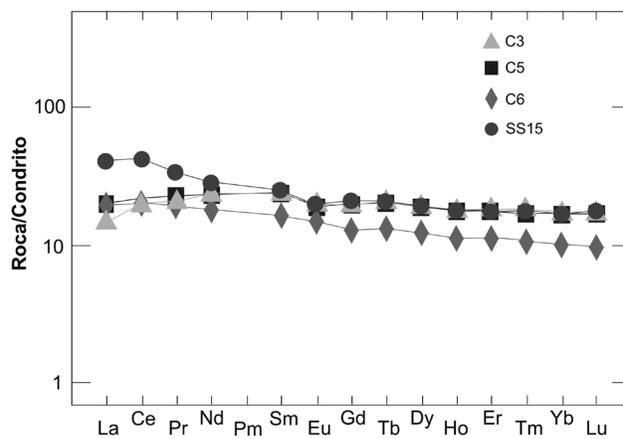


Figura 9: Diagrama de elementos de tierras raras normalizados a condrito (Sun y McDonough 1989).

permiten inferir que en el área del cuerpo El Renegado existe una alta probabilidad de encontrar, en niveles estratigráficos más profundos, rocas ultramáficas con mineralización de sulfuros asociada. Otro rasgo importante es la presencia de rocas en las que se destaca un bandeo modal compuesto por láminas, sin rasgos

de alteración significativos, en las que los minerales constituyentes no presentan orientaciones preferenciales. Según Irvine (1982), el bandeo modal tiende a destacarse en las rocas pertenecientes al grupo de los gabroides, debido a la diferencia de coloración dada por el contraste entre las bandas que presen-

tan mayor proporción de plagioclasa respecto de aquellas que presentan mayor proporción de minerales máficos. Dicho autor también resalta otro tipo de bandeamiento, el cual es generado por la gradación del tamaño de los cristales.

Por otra parte Shelley (1993), indica la existencia de dos tipos de bandeamientos principales en las rocas máficas-ultramáficas, el bandeamiento modal, el cual consiste en una variación de los minerales constituyentes entre una capa y otra, y el bandeamiento críptico, que consiste en diferencias en la química mineral de una banda respecto de otra.

Teniendo en cuenta lo indicado en los párrafos anteriores y las descripciones petrográficas realizadas, es posible determinar en diversos sectores de El Renegado la presencia de textura magmática primaria de tipo estratificada modal. Asimismo cabe destacar que las texturas aquí observadas también han sido reconocidas por Ferracutti *et al.* (2013) en los cuerpos de Las Higueras y Virorco, los cuales se encuentran muy próximos a El Renegado.

Las correlaciones positivas en los diagramas CaO *vs.* MgO (Fig. 6a) y elementos traza compatibles Co, Cr y Ni *vs.* MgO (Figs. 7a, b, c), y las correlaciones negativas en las relaciones Na<sub>2</sub>O *vs.* MgO (véase Fig. 6b), Eu *vs.* MgO (Fig. 7d) y elementos traza incompatibles Zr, Ta, Y, Hf y Nb *vs.* MgO (Fig. 8), sugiere para el cuerpo El Renegado un proceso de evolución magmática por cristalización fraccionada.

En el caso particular del diagrama de elementos mayoritarios FeO<sub>total</sub> *vs.* MgO (Fig. 6c), la ausencia de tendencias definidas se atribuyen a que los elevados valores de FeO<sub>total</sub> responden a la presencia de óxidos de hierro tales como ilmenita y hematita en las muestras C3 y C5, correspondientes a gabros hornblendíferos, respecto de las muestras SS15 y C6, correspondientes a noritas hornblendíferas. Por otra parte, en el diagrama Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *vs.* MgO (Fig. 6d) no se observa una clara tendencia negativa típica para un fraccionamiento ígneo. Sin embargo cuando las muestras estudiadas son comparadas con los resultados análisis geoquímicos de roca total obtenidos por Ferracutti (2005)

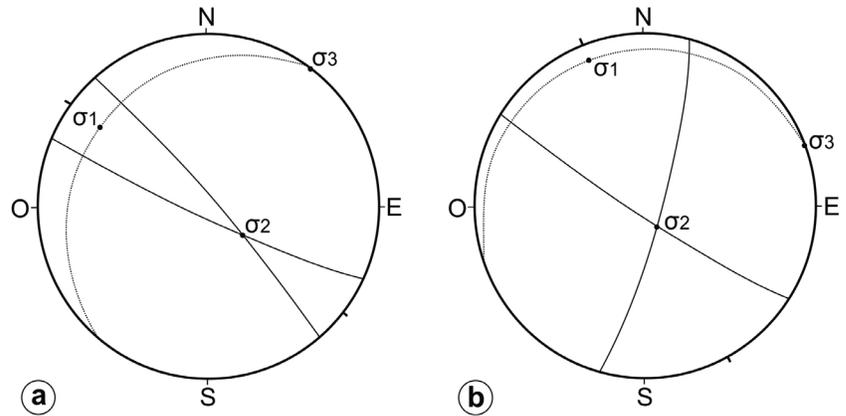


Figura 10: (a, b) Diagramas de trazas ciclográficas correspondientes a diaclasas conjugadas presentes en las rocas máficas-ultramáficas.

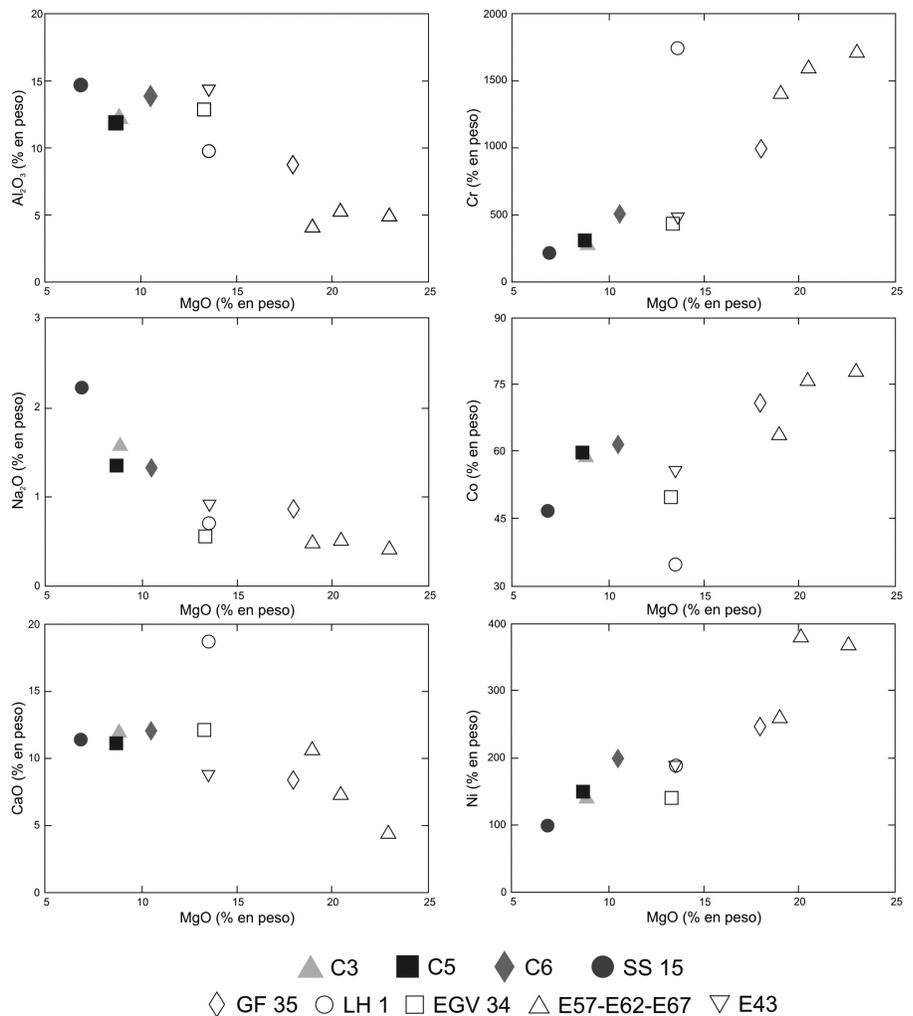


Figura 11: Diagramas bivariate de elementos mayoritarios Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y Na<sub>2</sub>O *vs.* MgO y de elementos traza compatibles Ni, Co y Cr *vs.* MgO mediante el cual se comparan las muestras extraídas de El Renegado (C3, C5, C6, SS15), Virorco (E57, E62, E67, EGV 34, E43), Las Águilas (GF3) y Las Higueras (LH1).

y Ferracutti *et al.* (2013) (Cuadro 2) mediante diagramas (Fig. 11) de elementos mayoritarios Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y Na<sub>2</sub>O *vs.* MgO y elementos trazas compatibles Ni,

**CUADRO 2:** Análisis geoquímicos de roca total de muestras seleccionadas correspondientes a diversos cuerpos máficos-ultramáficos aflorantes en las cercanías de El Renegado.

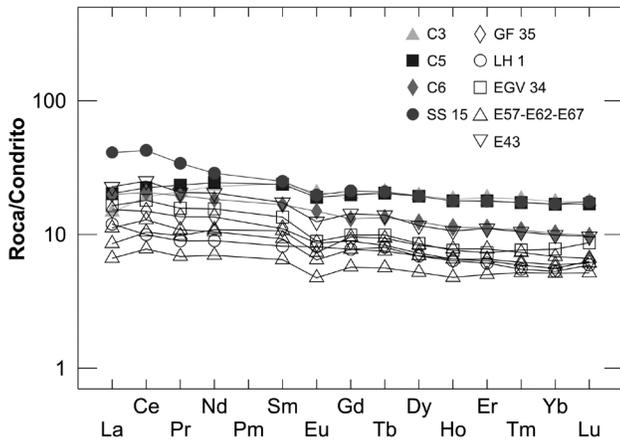
Muestra	E57	E62	E67	EGV34	GF 35	LH 1	E43
Roca	Piroxenita	Piroxenita	Piroxenita	Gabroide	Gabroide	Gabroide	CM
SiO <sub>2</sub>	52,03	52,76	51,64	49,79	49,78	49,70	48,76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,19	4,84	4,01	12,83	8,72	9,73	14,37
FeO	11,60	12,78	10,22	9,13	10,64	6,08	10,83
MnO	0,24	0,27	0,23	0,20	0,21	0,14	0,21
MgO	20,41	22,96	18,95	13,30	17,93	13,55	13,55
CaO	7,29	4,43	10,60	12,15	8,37	18,69	8,85
Na <sub>2</sub> O	0,51	0,41	0,48	0,56	0,86	0,70	0,92
K <sub>2</sub> O	0,24	0,18	0,20	0,12	0,37	0,22	0,47
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,35	0,39	0,24	0,44	0,32	0,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04	0,03
LOI	0,51	v.d.l.d.	0,43	0,59	1,14	0,49	0,37
<b>Total</b>	99,70	100,30	98,29	99,95	99,68	100,35	100,10
Sc	55,00	45,00	71,00	58,00	55,00	64,00	41,00
V	210,00	176,00	239,00	214,00	238,51	217,96	188,00
Cr	1590,00	1710,00	1400,00	430,00	992,99	1740,00	480,00
Co	76,00	78,00	64,00	50,00	70,63	35,17	56,00
Ni	380,00	370,00	260,00	140,00	247,30	189,39	190,00
Cu	240,00	170,00	140,00	60,00	120,71	192,20	140,00
Zn	90,00	110,00	80,00	80,00	91,14	v.d.l.d.	100,00
Ga	8,00	8,00	7,00	12,00	10,20	8,26	14,00
Rb	2,00	2,00	2,00	1,00	2,03	4,63	8,00
Sr	61,00	60,00	48,00	118,00	81,73	82,99	180,00
Y	9,60	7,60	11,70	10,60	10,21	9,55	16,50
Zr	19,00	15,00	17,00	20,00	27,95	19,39	24,00
Nb	1,10	0,90	0,20	3,20	1,20	v.d.l.d.	1,60
Sb	0,40	4,40	2,60	v.d.l.d.	v.d.l.d.	v.d.l.d.	1,70
Cs	0,70	0,30	0,30	v.d.l.d.	v.d.l.d.	v.d.l.d.	0,20
Ba	31,00	102,00	32,00	31,00	25,00	44,00	47,00
La	2,65	1,57	2,02	3,89	3,63	2,83	5,37
Ce	7,87	4,76	6,36	11,00	9,14	6,09	15,30
Pr	1,03	0,65	0,93	1,49	1,29	0,85	1,95
Nd	4,89	3,26	5,07	7,25	6,31	4,20	9,54
Sm	1,42	0,99	1,63	2,06	1,69	1,25	2,65
Eu	0,37	0,28	0,43	0,52	0,50	0,47	0,72
Gd	1,59	1,17	1,97	2,03	1,83	1,59	2,93
Tb	0,28	0,21	0,35	0,37	0,31	0,30	0,52
Dy	1,76	1,32	2,11	2,17	1,84	1,75	2,95
Ho	0,37	0,27	0,44	0,43	0,37	0,36	0,60
Er	1,08	0,83	1,29	1,21	1,05	1,01	1,83
Tm	0,16	0,13	0,19	0,20	0,15	0,14	0,27
Yb	1,01	0,87	1,16	1,32	0,95	0,90	1,68
Lu	0,16	0,13	0,17	0,22	0,16	0,15	0,25
Hf	0,70	0,50	0,70	0,70	1,02	0,80	1,00
Ta	0,10	0,10	0,15	6,20	v.d.l.d.	v.d.l.d.	0,13
(La/Yb) <sub>N</sub>	1,88	1,29	1,25	2,11	2,73	2,26	2,29
Eu/Eu*	0,76	0,78	0,73	0,77	0,88	1,01	0,79

Nota: Muestras correspondientes a los cuerpos máficos-ultramáficos Virorco (E57, E62, E67, EGV 34 y E43), Las Águilas (GF35) y Las Higueras (LH1). Los óxidos mayoritarios están expresados en % en peso y los elementos traza y tierras raras en ppm. CM: *Chilled margin*. v.d.l.d.: Valores por debajo del límite de detección.

Co y Cr *vs.* MgO, correspondientes a piroxenitas (E57, E62, E67), gabronoritas hornblendicas (EGV34) y de borde de

cuerpo-*chilled margin* (E43), reportadas por Ferracutti *et al.* (2013) para el cuerpo máfico-ultramáfico de Virorco, y con

los correspondientes a gabronoritas de los cuerpos de Las Águilas y Las Higueras (GF35 y LH1, respectivamente, Fe-



**Figura 12:** Diagrama de elementos de tierras raras normalizados a condrito (Sun y McDonough 1989) con muestras de El Renegado (C3, C5, C6, SS15), Virorco (E57, E62, E67, EGV 34, E43), Las Águilas (GF3) y Las Higueras (LH1).

Asimismo, en el Renegado se han identificado diversos sectores con textura magmática primaria de tipo estratificada, la cual también fue reconocida en Las Higueras y Virorco.

Las similares características litológicas, mineralógicas y estructurales identificadas sugieren que en el área de El Renegado podrían existir, en niveles estratigráficos más profundos, rocas ultramáficas asociadas a sulfuros, lo cual también se sustenta en los estudios geofísicos previos que muestran claramente la presencia de anomalías gravimétricas y magnéticas muy próximas al intrusivo El Renegado y otros cuerpos estudiados de la faja máfica-ultramáfica.

El análisis de la información geoquímica de elementos mayoritarios, elementos traza y elementos de tierras raras permiten determinar que el cuerpo ígneo estudiado estuvo controlado por un proceso de cristalización fraccionada y que en El Renegado el grado de evolución geoquímica aumenta de este a oeste.

En base a los diagramas de los elementos mayoritarios  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  y  $Na_2O$  vs.  $MgO$ , de elementos traza compatibles Ni, Co y Cr vs.  $MgO$  y a la comparación de los patrones de elementos tierras raras obtenidos para el cuerpo estudiado con los correspondientes a los cuerpos máficos-ultramáficos de Virorco, Las Águilas y Las Higueras, se infiere que El Renegado y los cuerpos antes mencionados formarían parte de una misma secuencia magmática controlada por cristalización fraccionada, en la cual El Renegado representaría el mayor grado de evolución en la secuencia estratigráfica ígnea.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos 24/H131 de la SGCYT-UNS, y PIP 112-201101-00285/12 del CONICET, otorgados a E. Bjerg y el proyecto PICT2014-1721 de la ANPCYT otorgado a G. Ferracutti. Los autores agradecen las observaciones, comentarios y sugerencias de los arbitros, Dra. Mónica Escayola y anónimo.

rracutti 2005), es posible inferir que tanto El Renegado como los cuerpos cercanos corresponden a una misma secuencia magmática derivada del mismo magma parental y controlada por cristalización fraccionada, donde el cuerpo El Renegado representaría el mayor grado de evolución dentro de esta secuencia estratigráfica ígnea.

En el diagrama de elementos de tierras raras (Fig. 9) es posible observar que las muestras analizadas presentan tendencias similares, con un enriquecimiento gradual desde la muestra C6, correspondiente a norita hornblendífera más empobrecida, a las muestras C3 y SS15, y C5 correspondientes a gabros hornblendíferos y metagabroides respectivamente. Estas muestras presentan una tendencia similar a las correspondientes a los cuerpos ígneos máficos-ultramáficos cercanos a El Renegado, tal como se observa en la figura 12, pero con un enriquecimiento notablemente mayor en las muestras correspondientes al cuerpo El Renegado. Esto permitiría reforzar la hipótesis de evolución por cristalización fraccionada sugerida para los cuerpos máficos-ultramáficos presentes en la región, donde El Renegado representaría un mayor grado de evolución respecto a los cuerpos mencionados. En base a una serie de perfiles geofísicos de detalle realizados, Kostadinoff *et al.* (1998) identificaron cinco anomalías magnéticas: El Fierro, Virorco, Las Águilas, Roxette y El Durazno. Según el mapa de anomalías magnéticas presentado por los autores, la anomalía Roxette

se encuentra exactamente 600 metros al sur de los afloramientos correspondientes al cuerpo El Renegado. Dado que el límite sur del cuerpo se presenta cubierto por relleno moderno, se interpreta que la anomalía Roxette responde a la prolongación austral de El Renegado, lo cual evidencia que dicho cuerpo podría tener dimensiones significativamente mayores a lo sugerido por las dimensiones de las rocas aflorantes.

## CONCLUSIONES

El Renegado es un intrusivo magmático elongado en dirección NNE, lo cual es coincidente con la orientación general NNE de los cuerpos máficos-ultramáficos aflorantes en la sierra Grande de San Luis. Las relaciones entre este cuerpo y la roca de caja están dadas por fallas de alto buzamiento y en menor proporción por contactos intrusivos.

En base a la presencia de diaclasas conjugadas se pudo determinar que el esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ) que afectó el área estudiada durante fases finales del ciclo orogénico Pampeano se desarrolló dirección NNO a NO.

Los afloramientos del cuerpo ígneo El Renegado son de composición máfica, con una petrografía similar a las rocas máficas presentes en los cuerpos máficos-ultramáficos aflorantes en la Sierra Grande de San Luis, más precisamente en el área río Las Águilas-arroyo Los Manantiales, la cual se compone de rocas como noritas, noritas clinopiroxénicas y metagabroides.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpff, E.F. y Hauzenberger, Ch.A. 1996. Faja de rocas ultramáficas de las Sierras de San Luis: nuevos hallazgos de minerales del Grupo del Platino. 3° Jornadas de Mineralogía, Petrografía y metalogénesis de rocas máficas y ultramáficas, Actas 5: 303-310, La Plata.
- Brogioni, N. 1992. El cuerpo máfico-ultramáfico de Las Águilas, Provincia de San Luis. Mineralogía de los silicatos. 1° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 1° Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas, Actas 379-392, La Plata.
- Brogioni, N. 1994. Petrología de la Faja de Rocas Máficas y Ultramáficas de la Sierra de San Luis, Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 967-971, Concepción.
- Brogioni, N. 2001. Petrología de los cuerpos Virorco y El Fierro, faja máfica-ultramáfica del borde oriental de la sierra de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56: 535-547.
- Brogioni, N. y Ribot, A. 1994. Petrología de los cuerpos La Melada y La Gruta, faja máfica-ultramáfica del borde oriental de la Sierra de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 49: 269-283.
- Criado Roqué, P., Momburá, C. y Ramos, V. 1981. Estructura e interpretación tectónica. En: Yrigoyen, M. (ed.), Geología y Recursos Minerales de la Provincia de San Luis. Relatorio 8° Congreso Geológico Argentino, 155-192, San Luis.
- Delpino, S.H., Dimieri, L., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch.A. y Felfernig, A. 2001. Geometric analysis and timing of structures on mafic-ultramafic bodies and high grade metamorphic rocks in the Sierras Grandes of San Luis Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 101-112.
- Delpino, S.H., Bjerg, E. A., Ferracutti, G.R. y Mogessie, A. 2007. Counterclockwise tectonometamorphic evolution of the Pringles Metamorphic Complex, Sierras Pampeanas of San Luis (Argentina). *Journal of South America Earth Science* 23: 147-175.
- Ferracutti, G. 2005. Geología y mineralizaciones asociadas a la faja de rocas máficas-ultramáficas de las Sierras Pampeanas de San Luis. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (inédita), 260 p., Bahía Blanca.
- Ferracutti, G.R. y Bjerg, E.A. 2001. Estudio Petrográfico- Calcográfico de las rocas máficas-ultramáficas del yacimiento Las Águilas, Provincia de San Luis, Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo, CD-ROM, 171, Montevideo.
- Ferracutti, G., Mogessie, A. y Bjerg, E.A. 2006. Chrome spinels from the Las Águilas mafic-ultramafic intrusion, San Luis province, Argentina. *Neues Jahrbuch für Mineralogie* 183: 63-77.
- Ferracutti, G., Bjerg, E. y Mogessie, A. 2007a. Petrología y geoquímica de las rocas máficas-ultramáficas del área Río Las Águilas-Arroyo de Los Manantiales, Provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62: 406-416.
- Ferracutti, G., Bjerg, E. y Mogessie, A. 2007b. Metales base y preciosos en Las Águilas, Argentina: génesis y evolución. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62: 434-446.
- Ferracutti, G., Bjerg, E. y Mogessie, A. 2013. Petrology, geochemistry and mineralization of the Las Águilas and Virorco mafic-ultramafic bodies, San Luis Province, Argentina. *International Journal of Earth Sciences* 102: 701-720.
- Felfernig, A., Mogessie, A., Hauzenberger, Ch.A., Hoinkes, G., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 1997. Petrology and mineralization of the Las Águilas ultramafic body, San Luis province, Argentina. *Terra Nova* 9: 532-533.
- Gervilla, F., Sabalúa, J., Carrillo, R., Fenoll Hach-Alí, P. y Acevedo, R.D. 1993. Mineralogy and mineral chemistry of the Las Águilas Ni-Cu deposit (province of San Luis, Argentina). *Current research in geology applied to ore deposits*, Universidad de Granada, 461-464, Granada.
- Gervilla, F., Sanchez-Anguita, A., Acevedo, R.D., Fenoll Hach-Alí, P. y Paniagua, A. 1997. Platinum-group element sulpharsenides and Pd bismuthotellurides in the metamorphosed Ni-Cu deposit at Las Águilas (province of San Luis, Argentina). *Mineralogical Magazine* 61: 861-877.
- González Bonorino, F. 1961. Petrología de algunos cuerpos básicos de San Luis y las granulitas asociadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19: 135-150.
- Hauzenberger, Ch. 1997. The Sierras de San Luis, Central-Argentina- metamorphic, metallogenic, and geochemical investigations. Tesis Doctoral, University of Graz (inédita), 200 p., Graz.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E. A. y Kostadinoff, J. 1996. Granulite facies metamorphism in crystalline basement and ultramafic rocks in the Sierras Pampeanas Range, Province of San Luis, Argentina. *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* 141: 110-111.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Bjerg, E. A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 1997a. Platinum group minerals in the basic to ultrabasic complex of the Sierras de San Luis, Argentine. *Mineral Deposits: Research and Exploration-Where Do They Meet?* A. A. Balkema Publishers, 439-442, Brookfield.
- Hauzenberger, Ch.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 1997b. Granulite facies metamorphism of the basement of the Sierras de San Luis, Argentina-An Anticlockwise P-T path. *Terra Nova* 9: 678.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 2001. Metamorphic evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: granulite facies metamorphism related to mafic intrusions. *Mineralogy and Petrology* 71: 95-126.
- Irvine, T.N. 1982. Terminology for layered Intrusions. *Journal of Petrology* 23: 127-162.
- Kilmurray, J. y Dalla Salda, L.H. 1977. Caracteres estructurales y petrológicos de la región central y sur de la Sierra de San Luis. *Obra del Centenario del Museo de La Plata, Sección Geología*: 167-178, La Plata.
- Kilmurray, J. O. y Villar, L. M. 1981. El basamento de la Sierra de San Luis y su petrología. En: Yrigoyen, M. (eds.), *Geología y recursos naturales de la provincia de San Luis*, 8° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 33-54, San Luis.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E.A., Delpino, S., Dimieri, L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch. y Felfernig A. 1998. Gravimetric and magnetometric anomalies in the Sierras Pampeanas of San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 549-552.
- Le Maitre, R.W. 2002. *Igneous Rocks. A Classifi-*

- cation and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Second Edition. Cambridge University Press, 236 p., Oxford
- Mallimacci, H.S. 1985. Informe de prospección sector rocas básicas, Provincia de San Luis. Informe, Dirección General de Fabricaciones Militares, Centro de Exploración Geológico-Minera (CEGM), (inédito), 15 p, Mendoza.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1992. El depósito hidrotermal de Ni, Cu y metales del "Grupo del Platino", Las Águilas Este, Provincia de San Luis. 4° Congreso Nacional y 1° Congreso Latinoamericano de Geología Económica, Actas: 93-102, Córdoba.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1993. Petrología y génesis del yacimiento de sulfuros de Ni, Cu y platinoideos Las Águilas Este, Provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48: 3-20.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1996. Las Águilas Este Deposit: shear zone hosted hydrothermal Cu-Ni sulfide and platinum-group elements mineralization in the mafic-ultramafic complex of San Luis Range, Argentina. *Geology and Ore Deposits of the American Cordillera Symposium, Proceedings 1475-1485*, Reno/Sparks, Nevada.
- Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E.F., Bjerg, E.A. y Kostadinoff, J. 1994. The petrology and mineralization of the basement and associated mafic-ultramafic rocks, San Luis province, Argentina. *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* 139: 347-348.
- Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E.F., Bjerg, E.A. y Kostadinoff, J. 1995. Occurrence of platinum group minerals in the Las Águilas ultramafic unit within a granulite facies basement, San Luis province, central Argentina. *Mineral Deposits: from Their Origin to Their Environmental Impact*, Balkema Publishers 897-900, Brookfield.
- Mogessie, A., Hauzenberger, Ch., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E. A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 1998. Platinum mineralization in the Las Águilas Body, San Luis province, Argentina. 8° International Platinum Symposium, Abstracts: 271-273, Johannesburg.
- Mogessie, A., Hauzenberger, Ch.A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Stumpfl, E.F., Bjerg, E.A. y Kostadinoff, J. 2000. Genesis of platinum-group minerals in the Las Águilas mafic-ultramafic rocks, San Luis Province, Argentina: textural, chemical and mineralogical evidence. *Mineralogy and Petrology* 68: 85-114.
- Ortiz Suárez, A. y Ramos, G. 1990. Estructura del perfil Santo Domingo-La Arenilla, Provincia de San Luis, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 452-455, San Juan.
- Ortiz Suárez, A., Prozzi, C. y Llambías, E. 1992. Geología de la parte sur de la Sierra de San Luis y granitoides asociados, Argentina. *Estudios Geológicos (Argentina)* 48: 269-277.
- Sabalúa, J. 1986. Yacimiento Las Águilas. Mineralización Ni-Cu-Co, Departamento Pringles, Provincia de San Luis, República Argentina. Informe final, DGMF, Subdirección de Desarrollo Minero, Centro de Exploración Geológico Minero, (inédito) 32 p., Mendoza.
- Sabalúa, J., Chabert, M. y Santamaria, G. 1981. Mineralización de sulfuros de hierro, cobre y níquel, en el cuerpo básico de Las Águilas, Provincia de San Luis. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 497-507, San Luis.
- Sato, A.M., González, P.D. y Sato, K. 2001. First indication of Mesoproterozoic age from the western basement of Sierra de San Luis, Argentina. 3° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, volumen de resúmenes extendidos (CD): 620-623, Santiago.
- Sato, A. M., González, P.D. y Llambías, E. 2003. Evolución del orógeno Famatiniano en la Sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfismo de bajo a alto grado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 487-504.
- Shelley, D. 1993. Igneous and metamorphic rocks under the microscope: classification, textures, microstructures and mineral preferred-orientations. Chapman & Hall, 445p, London.
- Sims, J., Stuart Smith, P., Lyons, P. y Skirrow, R. 1997. Informe Geológico y Metalogénico de las Sierras de San Luis y Comechingones, provincias de San Luis y Córdoba. *Geológico Minero Argentino, Anales* 28: 1-148, Buenos Aires.
- Sims, J. P., Ireland, T. R., Camacho A., Lyons, P., Pieters, P. E., Skirrow, R. G., Stuart-Smith, P. G. y Miró R. 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina. Implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin, implications for the Proterozoic margin of Gondwana, Geological Society of London, Special Publication 142: 259-281, London.
- Steenken, A., Siegesmund, S., Wemmer, K., López de Luchi, M. 2008. Time constraints on the Famatinian and Achalian structural evolution of the basement of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 25: 336-358.
- Sun, S. y McDonough, W. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in ocean basin*, Geological Society, Special Publication 42: 313-345, London.
- Villar, L.M. 1985. Las fajas ultrabásicas argentina, tipos de ultramáficas, metalogenia. 4° Congreso Geológico Chileno 4: 610-633, Antofagasta.
- Von Gosen, W. y Prozzi, C. 1996. Geology, structure and metamorphism in the area south of La Carolina (Sierras de San Luis, Argentina). 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 301-314, Buenos Aires.
- Whitney y Evans 2010. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277-279.
- Zaffarana, C., Geuna, S., Poma, S. y Patiño Douce, A. 2011. Reassessment of the volume of the Las Águilas mafic-ultramafic intrusive, San Luis, Argentina, based on an alternative geophysical model. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 183-195.

Recibido: 10 de julio, 2015  
 Aceptado: 3 de abril, 2016