

# **CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO**

## **Informe Científico<sup>1</sup>**

**PERIODO <sup>2</sup>: 2013-2014**

Legajo N°:

### **1. DATOS PERSONALES**

*APELLIDO: FERNÁNDEZ*

*NOMBRES: RAÚL ROBERTO*

*Dirección Particular:*

*Localidad: La Plata*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): rfernand@inremi.unlp.edu.ar*

### **2. TEMA DE INVESTIGACION**

*Procesos geológicos vinculados con la formación de mineralizaciones*

### **3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA**

*INGRESO: Categoría: Adjunto Fecha: Agosto de 1988*

*ACTUAL: Categoría: Independiente desde fecha: Agosto de 2004*

### **4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA**

*Universidad y/o Centro: Instituto de Recursos Minerales (centro Asociado CICBA).*

*Universidad Nacional de La Plata*

*Facultad: Facultad de Ciencias Naturales y Museo*

*Departamento:*

*Cátedra: Geología de Minas*

*Otros:*

*Dirección: Calle: 64 N°: 3*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: 0221 422 5648*

*Cargo que ocupa: Profesor Titular. Subdirector*

### **5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)**

*Apellido y Nombres:*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: CP: Tel:*

*Dirección electrónica:*

<sup>1</sup> Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

<sup>2</sup> El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

.....  
 Firma del Director (si corresponde)

.....  
 Firma del Investigador

**6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.**

Los trabajos realizados se orientaron hacia los procesos formadores de concentraciones de minerales metalíferos e industriales. Como metodología básica se empleó el relevamiento geológico de detalle y la confección de bases de datos espacialmente geo-referenciados. Esta información y su organización sistemática es fundamental para analizar los procesos ocurridos en ambientes geológicos particulares y su vinculación con la formación de minerales.

Los relevamientos de campo incluyen la obtención de muestras representativas de las diversas unidades geológicas sobre las que se realizaron estudios mineralógicos y geoquímicos utilizando microscopía óptica, difracción de rayos X y análisis químicos, con el objeto de caracterizar los fenómenos que produjeron la formación/transformación de minerales y, en ocasiones, la edad en la que se formaron.

Durante el periodo que se informa, los trabajos de investigación se realizaron en el Sistema de Tandilia (provincia de Buenos Aires) y en la región patagónica (provincia de Santa Cruz):

- Sistema de Tandilia

Se llevaron a cabo investigaciones de la cobertura sedimentaria Neoproterozoica-Paleozoico inferior del basamento ígneo-metamórfico, particularmente de la zona de Barker-Villa Cacique. Como director del Lic. Joaquín Nigro, este becario de la CICBA llevó a cabo muestreos de detalle en los niveles ricos en hierro, principalmente de la Formación Las Águilas, con el objetivo de caracterizar estas notables concentraciones de hierro sedimentario y analizar sus posibles usos industriales, además del actual para la industria cementera.

Con el fin de establecer los patrones geoquímicos de distintas unidades sedimentarias, se utilizaron los elementos de las Tierras Raras (Lantánidos) debido a que son relativamente inmóviles y poseen un comportamiento similar en los ambientes naturales. El objetivo es comprender la influencia del basamento como área de aporte y/o los procesos paleoclimáticos o hidrotermales ocurridos durante o posteriormente a la sedimentación. Se pretende además, a partir de estos elementos, establecer guías quimioestratigráficas, lograr una mejor definición de la secuencia sedimentaria y establecer la posible existencia de niveles paraconcordantes y erosivos. Se han obtenido resultados de los niveles carbonáticos y de óxidos de hierro probablemente vinculados, pertenecientes a la Formación Villa Mónica, pero desde el punto de vista científico se reconoció la dificultad de definir esos patrones cuando provienen de distintas fuentes (por ejemplo: agua de mar y terrígena) y se está trabajando para poder refinar los resultados.

Debe señalarse la dificultad para acceder a los sitios que deben ser reconocidos en el terreno, debido a la reticencia por parte de algunos propietarios de campos. En los trabajos geológicos las observaciones de campo pueden homologarse a los ensayos de laboratorio que conforman parte de la investigación de otras disciplinas científicas, por lo que de producirse una rotunda negativa al acceso, podría verse perjudicada la investigación.

- Región Patagónica

Se publicaron resultados de las investigaciones sobre la edad de rocas metamórficas de bajo grado que constituyen el basamento de las volcanitas jurásicas del Macizo del Deseado el cual contribuye al conocimiento sobre la evolución y el marco geotectónico (Paleozoico) de esta región del sur de nuestro país. En el 2014 se completó la revisión de un trabajo sobre mineralizaciones vetiformes de Au-Ag, el cual con las correcciones

basadas en las sugerencias de los árbitros, fue aceptada su publicación en una revista internacional.

## **7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.**

### **7.1 PUBLICACIONES.**

1) Correlación mineralógica y geoquímica de la Formación Las Águilas entre Sierra de la Juanita y Cuchilla de Las Águilas, Barker, Buenos Aires. Nigro, J., Delgado, M.L., Tessone, M., Fernández, R.R., Etcheverry, R. y Carlini, M. 2013. X Congreso de Geología Económica, Actas 119-126 (en soporte electrónico)

#### **RESUMEN**

La Formación Las Águilas en la región Barker, Buenos Aires, se encuentra distribuida entre la Sierra de La Juanita y Cuchilla de Las Águilas, presentando niveles pelíticos con altos contenidos en hierro. Esta contribución trata de comparar estos niveles entre ambas sierras, tanto mineralógica como geoquímicamente. Los estudios no solo permitieron comprobar que existe una correlación, sino que también se detectaron importantes anomalías en Tierras Raras y la presencia de Parisita-(Ce) como portadora de dichos elementos.

2) Detrital zircons U-Pb SHRIMP ages and provenance of La Modesta Formation, Patagonia Argentina. Moreira, P., Fernández, R., Hervé, F., Fanning, M.C., Schalamuk, I.A. 2013. Journal of South American Earth Sciences, 47: 32-46.

#### **ABSTRACT**

This paper summarizes the geology of the Paleozoic La Modesta Formation in Patagonia, Argentina, and presents new SHRIMP UePb dating of detrital zircons from muscovite-chlorite schist and tourmalinite. Also complementary geochemical and lead isotopic data are presented, indicating that the protoliths were formed from upper crustal rocks by the contribution of a large input from recycled (or felsic) sources. The maximum age of sedimentation of La Modesta Formation is about  $446 \pm 6$  Ma. The basin closure (or eventually a paleocurrent shift) occurs at Lower Devonian before the exhumation of the Middle-Devonian granitoids of the Rio Deseado Complex (Deseado Massif). Many of the detrital zircons are igneous and record Ordovician ages, with a prominent Lower Ordovician-age peak at approximately 473 Ma. Most favourable candidates to provide the younger zircons in the basin would Ordovician granites of the Rio Deseado Complex (Deseado Massif) and Punta Sierra Plutonic Complex (Somun Cura Massif). Older zircons have peaks of different importance (including Brasiliano and Grenvillian ages) between 530 and 700, 750-1500, 1750-2000 and 2550-2700 Ma. La Modesta Formation is also a potential area of materials (detrital zircon) to the basin where the rocks of the Eastern Andean Metamorphic Complex and equivalent formations of the Andean region were generated.

### **7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN..**

3) La Josefina Au–Ag deposit (Patagonia, Argentina): A Jurassic epithermal deposit formed in a hot spring environment. Moreira, P. y Fernández, R.R. 2015. Ore Geology Reviews, 297-313.

#### **ABSTRACT**

The La Josefina Jurassic epithermal Au–Ag deposit located in Patagonia, Argentina, developed in an extensional setting of a back-arc environment, associated with a widespread Middle–Late Jurassic calc-alkaline volcanism. Block faulting has juxtaposed shallow level features evidenced by hot spring manifestations, hydrothermal eruption breccias and Au-rich veins, which suggest that mineralization in these veins, could extend far below the depths already tested by core drilling. Veins are filled by quartz, chalcedony, opal and minor adularia and barite with

massive, comb, cockade, colloform–crustiform bandings and lattice-bladed textures. Ore minerals include electrum, Ag-rich sulfosalts (freibergite), pyrite, galena, sphalerite, chalcopyrite and specular hematite with minor arsenopyrite, marcasite, tetrahedrite and bornite. Four mineralizing stages have been identified, the first two (S1 and S2) are Au and Ag-rich, with temperatures ranging from 225 to 290° and salinities from up to 15 wt.% in S1 decreasing to ~1 wt.% NaCl in S2. The third stage (S3) displays higher base metal contents at lower temperatures (~200 °C). Finally, the last stage (S4) is barren with temperatures lower than 100 °C. Veins are surrounded by a proximal alteration halo of quartz + pyrite ± adularia ± illite followed outwards by illite/smectite interstratified clays and smectites (with less chlorite) to a propylitic zone. Stable isotope values calculated for the fluids show a mostly meteoric origin for mineralization fluids. Such distinct features place the La Josefina deposits in a hot spring environment with evidences of being formed at a proximal position of the Jurassic paleosurface and paleowater leve

### **7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.**

4) Elementos de las Tierras Raras e Ytrio en dolomías y concentraciones ferríferas de la Formación Villa Mónica. provincia de Buenos Aires. Nigro, J., Fernández, R., Tessone, M., Echeveste, H., Etcheverry, R., Gómez Peral, L. Este trabajo se encuentra en re-elaboración debido a la opinión de un árbitro de la Revista de la Asociación Geológica Argentina, donde fue enviado.

#### **RESUMEN**

En el Sistema de Tandilia el Grupo Sierras Bayas (Neoproterozoico) conformado por una serie sedimentaria silicoclástica-carbonática, apoya discordantemente sobre el basamento ígneo-metamórfico paleoproterozoico (Complejo Buenos Aires). La unidad inferior del Grupo es la Formación Villa Mónica (Criogénico) que en la zona de Sierras Bayas está constituida por un miembro inferior de areniscas y uno superior dolomítico que culmina con niveles de pelitas y arenitas. Esta sucesión, con espesor más reducido, se repite en la zona de Barker, donde en un nivel estratigráfico equivalente al de las dolomías se presentan pequeñas concentraciones de óxidos e hidróxidos de hierro de alta ley. Se analizan la distribuciones de los elementos de Tierras Raras e Ytrio (ETR+Y) de las dolomías de Sierras Bayas y Barker y de las concentraciones ferríferas de Barker y, además la de arcillas ferruginosas de una unidad superior, que en Barker se incluyen en la Formación Las Águilas. Las dolomías presentan una distribución de ETR+Y similar a la del agua de mar, con elementos de las Tierras Raras livianos empobrecidos respecto a las pesadas; esta característica también se mantiene en las concentraciones ferríferas, indicando la influencia del agua de mar durante la precipitación de ambas litologías, probablemente mezclada con fluidos hidrotermales a los que puede deberse la anomalía positiva de Europio. Leves diferencias con la composición típica del agua de mar, se atribuyen a aportes terrígenos. Las arcillas ferruginosas de la Formación Las Águilas presentan una distribución de ETR+Y distinta, semejante a la de detritos de la corteza superior.

### **7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.**

### **7.5 COMUNICACIONES.**

### **7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS.**

## **8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

### **8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS**

**8.2 PATENTES O EQUIVALENTES.**

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO.**

**8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES**

*8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.*

**9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS.**

**10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

**10.1 DOCENCIA**

Serie de Apuntes Didácticos de Geología de Minas (FCNyM-UNLP):

- Investigación Minera. Riesgo y análisis de regiones: 28 pp.
- Perforaciones: 17 pp.
- Actividades de exploración minera: 17 pp.
- Estadística aplicada a la exploración minera: 30 pp
- Geoestadística aplicada a la exploración minera. Parte I: distribuciones espaciales y variograma: 19 pp.
- Geoestadística aplicada a la exploración minera. Parte II: Técnicas de estimación. Krigeado: 19 pp.
- Proyectos Mineros: en preparación

Esta serie está en la etapa de sistematización en el “blog de cátedras” de la UNLP: <http://blogs.unlp.edu.ar/geominas/>

**10.2 DIVULGACIÓN**

**11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.**

Director de Beca CICPBA del Lic. Joaquín Nigro. Tema: Estudio de depósitos de arcillas ferruginosas de la región de Barker, provincia de Buenos Aires. Relaciones genéticas con Formaciones de Hierro (Iron Formations). Abril de 2011/actual.

Co-dirección de la Dra. Pilar Moreira. Investigadora Asistente CONICET. Tema: Geología y metalogenia de depósitos epitermales de metales preciosos. Abril 2010/actual.

**12. DIRECCION DE TESIS.**

Dra. María Eugenia Rodriguez. Tema: Alteración hidrotermal en volcanitas jurásicas del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz: implicancia de los fluidos Institución. Tesis Doctoral: Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Univ. Nacional de La Plata. Defensa: 10/03/2013. Calificación: Sobresaliente 10, con recomendación de publicación. Director: Raúl Fernández. Co-director: Leandro Echavarría

Lic. Joaquín Nigro. Tema: Estudio de depósitos de arcillas ferruginosas de la región de Barker, provincia de Buenos Aires. Relaciones genéticas con Formaciones de Hierro (Iron Formations). Becario CICBA. Director Dr. Raúl Fernández, Co-directora: Dra. Lucía Gómez Peral (Tesis Doctoral en ejecución).

**13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.**

**14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.**

**15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.**

Subsidios institucionales para Investigadores. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires

Subsidio proyecto 11 N/685. Universidad Nacional de La Plata. Año 2013, monto: \$15.800

**16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

**18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.**

Subdirector del Instituto de Recursos Minerales: INREMI (FCNyM-UNLP-CICBA). Dedicación en tiempo ~ 20 %

**19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.**

Profesor Titular de la Cátedra Geología de Minas. Materia optativa de grado y de postgrado. Dedicación en tiempo ~ 20 %

**20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES..**

Miembro de la Comisión Asesora Técnica de la UNLP (2010-2014). Arbitro de la Revista AUGM-Domus (2013). Evaluador de Proyectos de Investigación de la UNSur (2013). Jurado de concursos de la FCNyM-UNLP (2013).

**21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.**

Procesos geológicos vinculados con la formación de mineralizaciones

El desarrollo del tema será la continuación de los trabajos que el suscripto viene abordando desde hace varios años. El objetivo general es el de incrementar el conocimiento sobre los fenómenos geológicos que generan actividad hidrotermal y su relación con la formación de minerales (metálicos y no metálicos) que pueden ser aprovechables. Se proseguirán los estudios en el basamento ígneo-metamórfico de la provincia de Buenos Aires y en la cobertura sedimentaria Precámbrica, orientados a la individualización de procesos que pueden haber construido concentraciones minerales de interés económico. Asimismo sobre la base de acuerdos institucionales del Instituto de Recursos Minerales, se continuarán las investigaciones sobre el volcanismo de la Patagonia y sus relaciones con la formación de depósitos de metales preciosos.

En el ámbito de la provincia de Buenos Aires, el objetivo particular es el reconocimiento de las diversas situaciones geológicas que presenta el Complejo Buenos Aires, tanto por los eventos ígneo-metamórficos que formaron las distintas litologías como por los fenómenos de deformación dúctil y frágil que las afectaron durante su historia geológica que comprende un lapso temporal superior a los 2200 millones de años.

También debe considerarse que el Complejo Buenos Aires, en sectores localizados, fue alterado hidrotermalmente por fluidos cuyo origen aún se desconoce; además, sufrió procesos de meteorización antes de la depositación de las primeras unidades sedimentarias que lo cubren (800-900? Ma), que en ciertos casos se superponen, tal como se interpretó para los niveles de alteración arcillosa-pirofílica del cerro Reconquista (zona de San Manuel).

La complejidad y/o diversidad de los procesos mencionados constituye un verdadero desafío acerca de la definición del ambiente tectono-magmático y climático en que tuvieron lugar y su ubicación temporal. Los estudios de campo y muestreos, junto a análisis mineralógicos y geoquímicos, serán las herramientas básicas de la investigación. La aplicación de modernas y precisas técnicas geocronológicas (p.ej SHRIMP), no se han podido realizar hasta el momento (particularmente por su costo sumamente elevado) y sólo podrían implementarse en el futuro por acuerdos con instituciones extranjeras que poseen el equipamiento para ello.

Los minerales de las arcillas pueden ser generados por alteración hidrotermal o por acción supergénica (meteorización) y bajo ciertas condiciones de calidad y cantidad suelen ser aprovechables por la industria. Estos materiales son o fueron explotados en diversos sitios de las Sierras Septentrionales, tanto en el basamento alterado como en la secuencia sedimentaria que lo cubre. Por lo tanto se continuarán los muestreos para análisis geoquímicos y mineralógicos, especialmente de elementos traza que permitan establecer movilidades diferenciales de dichos elementos en ambientes de alteración; con el objetivo de establecer el o los procesos que actuaron durante estas transformaciones. Las áreas seleccionadas para estos estudios la constituyen las serranías vecinas a las poblaciones de San Manuel (donde ya se realizaron investigaciones de este tipo), López y Barker, debido a que presentan una fuerte alteración arcillosa. La hipótesis de trabajo es que el grupo de elementos traza denominados “inmóviles” (Tierras Raras, Zr, Ti, entre otros) puede aportar información para definir la alteración y permitir analogías con otras unidades del basamento o su cubierta sedimentaria Precámbrica.

Por otra parte, también serán analizados niveles definidos de la sucesión silico-clástica y carbonática Neoproterozoica que cubre al Complejo Buenos Aires. Estudios efectuados por otros investigadores indicaron fuentes de aporte distintas para las secuencias basales (Fm Villa Mónica) y cuspidales (Fm Balcarce). Además para estas unidades distintos autores han propuesto diversas transformaciones diagenéticas y también por alteración hidrotermal. Se llevarán a cabo investigaciones geoquímicas con el objetivo de aportar información sobre la proveniencia de los sedimentos, la influencia del basamento (alterado o “fresco”), definir la participación de aportes hidrotermales al agua de mar, aspectos paleoclimáticos, las condiciones de precipitación de determinados elementos (especialmente en niveles arcillosos ricos en hierro) y definir “señales” geoquímicas características de algún nivel sedimentario en particular.

En cada una de las zonas señaladas para su estudio, o en aquellas nuevas que puedan surgir, se realizarán mapeos geológicos de detalle y muestreos con diversos objetivos, por lo que deberán planificarse y efectuarse diversos viajes de campaña.

Los trabajos mencionados, en gran parte son realizados en el marco de la investigación de un becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (Lic. Joaquín Nigro) bajo la dirección de quien suscribe.

Si bien el conocimiento geológico del “basamento cristalino” actualmente integrado en el Complejo Buenos Aires y de su cubierta sedimentaria Proterozoica a Paleozoica inferior, se ha incrementado con los sucesivos aportes de investigaciones científicas y se han reconocido fenómenos –como la actividad hidrotermal– que pueden generar concentraciones minerales aprovechables económicamente, hasta el momento no se ha podido precisar alguna ocurrencia mineral o área potencial que indique la presencia de depósitos del tipo de los hallados en ambientes geológicos similares de otros lugares

del mundo. Tanto el conocimiento básico como sobre la posibilidad que se hayan generado depósitos minerales en determinados ambientes geológicos y la caracterización mineralógica, geoquímica y tecnológica de esos depósitos, resultará de interés para organismos del ámbito estatal que pueden promocionar su desarrollo de manera sostenible, y también para empresas privadas con interés en emprendimientos mineros y por lo tanto su continuo incremento debe ser impulsado por la provincia de Buenos Aires.

El Instituto de Recursos Minerales: INREMI (FCNyM-UNLP, CICBA) integra el proyecto multidisciplinario trianual (2015-2017) "Remoción de arsénico del agua subterránea a través de una tecnología de bajo costo, para la atención de un grave problema socio-sanitario y productivo" (FONARSEC 27/2013) coordinado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA). Como miembro del INREMI e investigador de la CICBA quien suscribe forma parte de este proyecto La principal actividad que desarrollará, será la caracterización de los yacimientos minerales de donde provendrán las materias primas y estudios mineralógicos de los geomateriales a emplear.

Asimismo y en el marco institucional del INREMI se continuarán los trabajos emprendidos en la región patagónica, que consisten en relevamientos geológicos detallados orientados a comprender las relaciones entre procesos volcánicos (explosivos y efusivos) con los sistemas epitermales portadores de metales preciosos y el conocimiento de los mecanismos que han controlado dichos sistemas. Los estudios realizados hasta el momento, si bien arrojaron interesantes resultados para avanzar en el conocimiento geológico de la región, deben proseguirse a la escala de trabajo de detalle y se deben completar muestreos con objetivos geoquímicos (petrológicos y de prospección minera) y de estudios isotópicos, así como el reconocimiento de mayor detalle de zonas con productos hidrotermales (hasta escala 1:500). Asimismo, desde 2011 y junto a científicos de Chile y Australia, se trabaja en estudios geocronológicos del basamento metamórfico del Macizo del Deseado; los primeros resultados han sido publicados en una revista internacional en 2013. Ya se han enviado nuevas muestras para su procesamiento y se espera contar próximamente con los resultados de estas dataciones de alta precisión. Estos estudios son de importancia para comprender la evolución geológica durante el Paleozoico del extremo sur de Sudamérica.