

# RESULTADOS PALEOMAGNÉTICOS PRELIMINARES EN LAS SEDIMENTITAS NEO-PALEOZOICAS DE LA FORMACIÓN EL IMPERIAL, BLOQUE DE SAN RAFAEL, MENDOZA

Renata N. TOMEZZOLI<sup>1,2</sup> y María Silvia JAPAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, 1428, Pabellón II. Buenos Aires. E-mails: renata@gl.fcen.uba.ar - msjapas@gl.fcen.uba.ar

## RESUMEN

Durante el Pérmico Temprano se desarrolló, en el margen sudoccidental del Gondwana, una extensa faja de deformación contraccional conocida con el nombre de cordón de las Gondwánides. En el extremo occidental de esta faja se instaló, durante el Carbonífero Tardío-Pérmico Temprano, una cuenca de antepaís cuyo relleno se encuentra representado por las sedimentitas de la Formación El Imperial aflorante en el bloque de San Rafael. Esta unidad presenta una sección superior que registra una inversión de las paleopendientes, la cual ha sido interpretada como la primera evidencia de la migración del frente de deformación hacia el antepaís. Se ha encarado un estudio paleomagnético de esta unidad en busca de elementos que permitan acotar la deformación en el tiempo para poder evaluar así el posible carácter diacrónico de la misma. Se presentan y discuten los primeros resultados paleomagnéticos obtenidos en sedimentitas del miembro inferior (Represa Agua del Toro) y superior (Puesto La Josefa) de la Formación El Imperial. Estas rocas son portadoras de magnetizaciones remanentes reversas portadas principalmente por hematita, de posible edad pérmica. Las posiciones paleopolares obtenidas en ambas localidades no coinciden con las esperadas según la edad de estas rocas, lo que se podría explicar o bien por que no se ha cancelado correctamente la variación secular, por rotaciones según ejes verticales en los bloques de las localidades de muestreo, o bien por la combinación de algunos o de todos estos factores.

Palabras clave: *Gondwana, América del Sur, Bloque de San Rafael, Paleozoico Tardío, Paleomagnetismo.*

**ABSTRACT:** *Preliminary paleomagnetic results from the Carboniferous-Permian El Imperial Formation sedimentary rocks in the San Rafael Block, Mendoza province.*

During the Early Permian an extensive deformation belt well-known as Gondwánides developed in the southwest Gondwana margin. A foreland basin has been settled during the Late Carboniferous – Early Permian in the western end of this strip, and is represented by the El Imperial Formation, which crops out in the San Rafael Block. The upper section of this unit records an inversion of the ancient slopes, which has been interpreted as the first evidence of the migration of the orogenic front towards the foreland. Therefore, a paleomagnetic study has been carried out on this unit, searching for elements that allow to constraint the deformation age to evaluate the possible diachronism of it. First paleomagnetic results obtained in El Imperial Formation, from the lower member in the Represa Agua del Toro and from the upper member in the Puesto La Josefa, are presented and discussed. These rocks have reverse magnetizations carried by hematite, of possible Permian age. Pole positions are discordant with the apparent polar wander path from South America. These differences could be explained because: secular variation was not properly averaged; rotations about vertical axes of the sampling localities; or the combination of these factors.

Keywords: *Gondwana, South America, San Rafael Block, Late Paleozoic, Paleomagnetism.*

## INTRODUCCIÓN

Durante el Pérmico Temprano se desarrolló, en el margen sudoccidental del Gondwana, una extensa faja de deformación contraccional conocida con el nombre de cordón de las Gondwánides (Keidel 1916, Fig. 1), cuya traza coincide con el geosinclinal del Samfrau (Du Toit 1927). Varios escenarios geodinámicos han sido delineados para dar explicación a esta importante faja de deformación neopaleozoica desarrollada en la periferia del núcleo cratónico: desplazamiento de rumbo paralelo al margen (Martínez 1980, Dalmayrac *et al.* 1980), subducción paleopacífica oblicua (Lock 1980; Forsythe 1982; Cobbold *et al.* 1992), colisión de una Patagonia alóctona (Ramos 1984; von Gosen 2003; 2005), somerización de la losa debido a subplacado de los productos de una pluma mantélica (Dalziel *et al.* 2000), colisión de un terreno para-autóctono (Pankhurst *et al.* 2005; Rapalini 2005), etc.

En el extremo occidental de esta faja (Fig. 1) se instaló, durante el Carbonífero Tardío - Pérmico Temprano, una cuenca de antepaís cuyo relleno se encuentra representado por las sedimentitas de la Formación El Imperial (Dessanti 1956, Giudici 1972). Esta unidad presenta una sección superior que registra una inversión de las paleopendientes, la cual ha sido interpretada como la primera evidencia de la migración del frente de deformación hacia el antepaís (Espejo 1990). Por esta razón y dada la fuerte discordancia angular que la separa de la sección inferior del ciclo Choiyoi (fase orogénica San Rafael), es que se ha encarado el análisis paleomagnético de esta unidad en busca de elementos que permitan acotar la deformación en el tiempo para poder evaluar así el posible carácter diacrónico de la misma. Con esta finalidad, se ha realizado el análisis geológico comparado de unidades del Paleozoico Tardío de las provincias geológicas que componen esta faja (Sierra de la Ventana, en Buenos Aires, cuenca de Carapacha, en La Pampa y bloque de San Rafael en Mendoza; Tomezzoli y Vilas 1999, Tomezzoli 2001, Tomezzoli *et al.* 2003, Fig. 1).

En esta contribución se presentan y discuten los primeros resultados paleomagnéti-

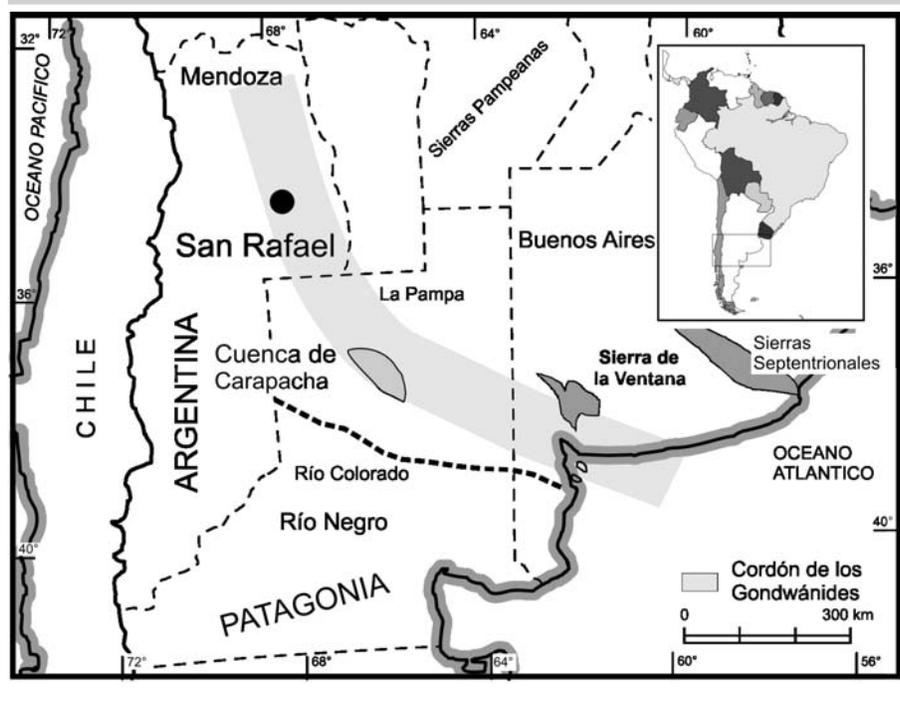


Figura 1: Mapa de ubicación del bloque San Rafael en el contexto regional.

cos obtenidos en sedimentitas del miembro inferior (Represa Agua del Toro) y superior (Puesto la Josefa) de la Formación El Imperial (Fig. 2).

### Marco geológico

El bloque de San Rafael constituye una unidad morfotectónica precordillerana caracterizada por un basamento proterozoico superior a paleozoico inferior sobre el cual se disponen en discordancia angular marcada (fase chánica, ciclo orogénico famatiniano) las sedimentitas de la Formación El Imperial. En el área, la orogenia sanrafaélica (ciclo orogénico gondwánico) preanuncia la migración hacia el antepaís del arco volcánico neopaleozoico, representado por la sección inferior del ciclo magmático Choiyoi (Kleiman 1999, Cortés y Kleiman 1999, Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004).

Volcanitas y sedimentitas pérmicas del ciclo Choiyoi suprayacen a las sedimentitas de la Formación El Imperial en relación de discordancia angular, señalando el comienzo del magmatismo gondwánico en el área de San Rafael. La sección inferior de este ciclo magmático (Grupo Cochicó; Dessanti 1956, Giudici 1972) representa el arco mag-

mático eopérmico mientras que la sección superior (Formaciones Quebrada del Pimiento, González Díaz 1973 y Cerro Carrizalito, González Díaz 1964, 1973) marcaría el comienzo del período postorogénico extensional con volcanismo de intraplaca (Kleiman 1999, Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004). El magmatismo gondwánico en el bloque de San Rafael finaliza con los depósitos triásicos de rift de la Formación Puesto Viejo (González Díaz 1964), los cuales apoyan en discordancia angular o erosiva sobre las secciones anteriores y se encuentran compuestos por sedimentitas con intercalaciones de ignimbritas riolíticas y efusiones e intrusiones de basaltos y andesitas (Spalletti *et al.* 1996, Kleiman y Salvarredi 2001). Rocas volcánicas y sedimentarias miocenas y posteriores cubren en discordancia angular a las rocas paleozoicas, completando la columna estratigráfica de la región con posterioridad al gran hiatus que abarcó desde el Triásico al Mioceno y marcando la irrupción de la orogenia andina en la región.

La Formación El Imperial se habría depositado en una cuenca de antepaís, la cual habría formado parte de una serie de cuencas desarrolladas en el margen paleopacífico del Gondwana (Espejo 1990, Espejo y

López Gamundi 1994). Paleogeográficamente, esta secuencia registra una evolución según tres estadios: (1) relleno transgresivo inicial y sedimentación glacimarina (sección basal del miembro inferior), (2) dominio fluvial a marino somero y (3) continentalización y reversión de la paleopendiente regional (miembro superior, Espejo 1993, Espejo *et al.* 1996). La estructura de esta unidad, de rumbo NO a N-S y vergencia principalmente al este, constituye la característica deformacional principal de la misma y representa la actividad de la fase orogénica San Rafael (Moreno Peral y Salvarredi 1984, Japas y Kleiman 2004).

### Formación El Imperial

La Formación El Imperial comprende la sucesión epiclástica de edad carbonífera tardía a pérmica temprana del área de San Rafael. Los afloramientos más importantes se localizan en la sierra Pintada, principalmente entre los ríos Diamante al norte y Atuel al sur (Fig. 2). En la zona del río Atuel, la Formación El Imperial se apoya en discordancia angular sobre las rocas de la Formación Río Seco de los Castaños (González Díaz 1973) mientras que en las vecindades del río Diamante aparece relacionada con la Formación La Horqueta (Dessanti 1956) a través de un contacto tectónico.

Dessanti (1956), Giudici (1972) y Espejo (1990) han subdividido esta unidad en dos miembros. El miembro Inferior (970 m, Espejo 1990) presenta mayor desarrollo areal y se encuentra compuesto fundamentalmente por areniscas cuarzosas, ocasionalmente feldespáticas ó micáceas, de colores claros y de grano medio a fino (hasta grueso), estratificadas en bancos de hasta 10 m. Es común la estratificación entrecruzada en las areniscas pertenecientes a este miembro. En menor proporción, las lutitas suelen presentar tonalidades oscuras y composición micácea y se presentan estratificadas en bancos de hasta dos metros. También aparecen conglomerados en el miembro inferior. Las rocas de este miembro incluyen elementos megafloresticos de la biozona de asociación *NBG* así como también palinomorfos de la sub-biozona de asociación de *Raistrickia-Plicatipollenites* (ambas del

Carbonífero Superior). En la localidad tipo (Arroyo El Imperial) aparecen invertebrados marinos referibles a la biozona de asociación de *Tivertonia jachalensis* - *Streptorhynchus inaequiomatus* y trazas fósiles, de edad carbonífera tardía - pérmica temprana (Ottone 2002). Para los niveles basales del área correspondiente al río Atuel se mencionan miosporas asignables al principio del Carbonífero Tardío (Archangelsky *et al.* 1996a y b; véase Ottone 2002).

En Agua del Toro se muestreó una secuencia clástica (miembro inferior de la Formación El Imperial; Salvarredi com. pers.), la cual pasa de un tamaño de grano muy fino con laminación subparalela, donde alternan minerales arcillosos con minerales opacos, a un tamaño de grano mayor compuesto principalmente por granos subangulosos de sílice. Hay evidencia de crecimiento secundario de óxidos en fracturas oblicuas. En esta secuencia se intercala un cuerpo de rocas negras afaníticas con planos de diaclasamiento muy netos. Al microscopio presentan textura porfírica compuesta por un 40% de fenocristales y 60% de pasta. Los fenocristales son de plagioclasas subhedrales parcial a totalmente alterados a carbonatos y arcillas. Los máficos presentes son ehedrales a subhedrales y están completamente reemplazados por carbonatos, cloritas y óxidos. Por el tipo de morfología que presentan corresponden a anfíboles y biotitas. La pasta es afieltrada y microgranosa. Como mineral accesorio hay cuarzo. Toda la roca presenta un grado alto de meteorización. Textural y composicionalmente se puede clasificar como una andesita.

El miembro superior de la Formación El Imperial (1380 m, Espejo 1990) aflora en el sector aldeaño al río Diamante donde Giudici (1972) describió el predominio de areniscas sobre lutitas, limolitas y conglomerados. Las areniscas son feldespáticas, en partes micáceas y de grano mediano a fino y de colores pardo amarillento, pardo rojizo y pardo claro, con gris y gris verdoso subordinados, estratificadas en bancos de hasta 3 y 4 m de espesor, con frecuente estratificación entrecruzada. Presentan escasas intercalaciones lenticulares de conglomerados, con rodados de cuarzo y rocas graníticas. Las lutitas y limolitas son micáceas, presen-

tan colores gris y rojo y conforman estratos de hasta 15 m de espesor. Este miembro es cubierto discordantemente por el Grupo Cochicó (Choiyoi inferior en el sentido de Llambías *et al.* 1993 y Kleiman 1999), el que posee escasos fósiles, los cuales se han hallado fundamentalmente en la sección del puesto Agua de las Yeguas - puesto Pantanito: restos de plantas referibles a la biozona de asociación de *Gangamopteris* junto con palinomorfos continentales del principio del Pérmico Temprano (Archangelsky *et al.* 1996a y b, véase Ottone 2002).

### Marco estructural

Las estructuras que afectan a las sedimentitas de la Formación El Imperial (pliegues, fallas, zonas de cizalla, Fig. 3) revelan un régimen transpresional activo durante el Paleozoico Tardío (Japas 1999, Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004). Sobre la base de las asociaciones de estructuras, Japas y Tomezzoli (2001) distinguieron tres dominios deformacionales: norte (o dominio Río Diamante), sur (o dominio Ponón Trehué) y central (o dominio Cuesta de los Terneros), hecho que estaría indicando alta partición de los movimientos durante la deformación transpresiva regional (Kleiman y Japas en preparación). El dominio Central correspondería a la zona de transición, en la cual coexisten las fábricas deformacionales de los dos dominios principales (véase también Japas y Kleiman 2004). El desarrollo de fajas de deformación de intensidad variable dentro de cada dominio remarca el carácter heterogéneo de la deformación (Japas y Tomezzoli 2001, Japas y Kleiman 2004).

Los pliegues que afectan las rocas de la Formación El Imperial, de orientación NNO a NS, presentan un desarrollo escalonado alineado en dirección NNO (en el área sur del bloque) y en dirección ONO (sector norte, Japas y Kleiman 2004, Fig. 3). Las fracturas inversas relevadas en el campo son subparalelas a los pliegues a los que se asocian. Las fajas de deformación son ubicuas (NNO dextrales, ONO sinistralas, Fig. 3) aunque de acuerdo al dominio predominan unas sobre otras. En la región central las fajas de cizalla presentan una dirección

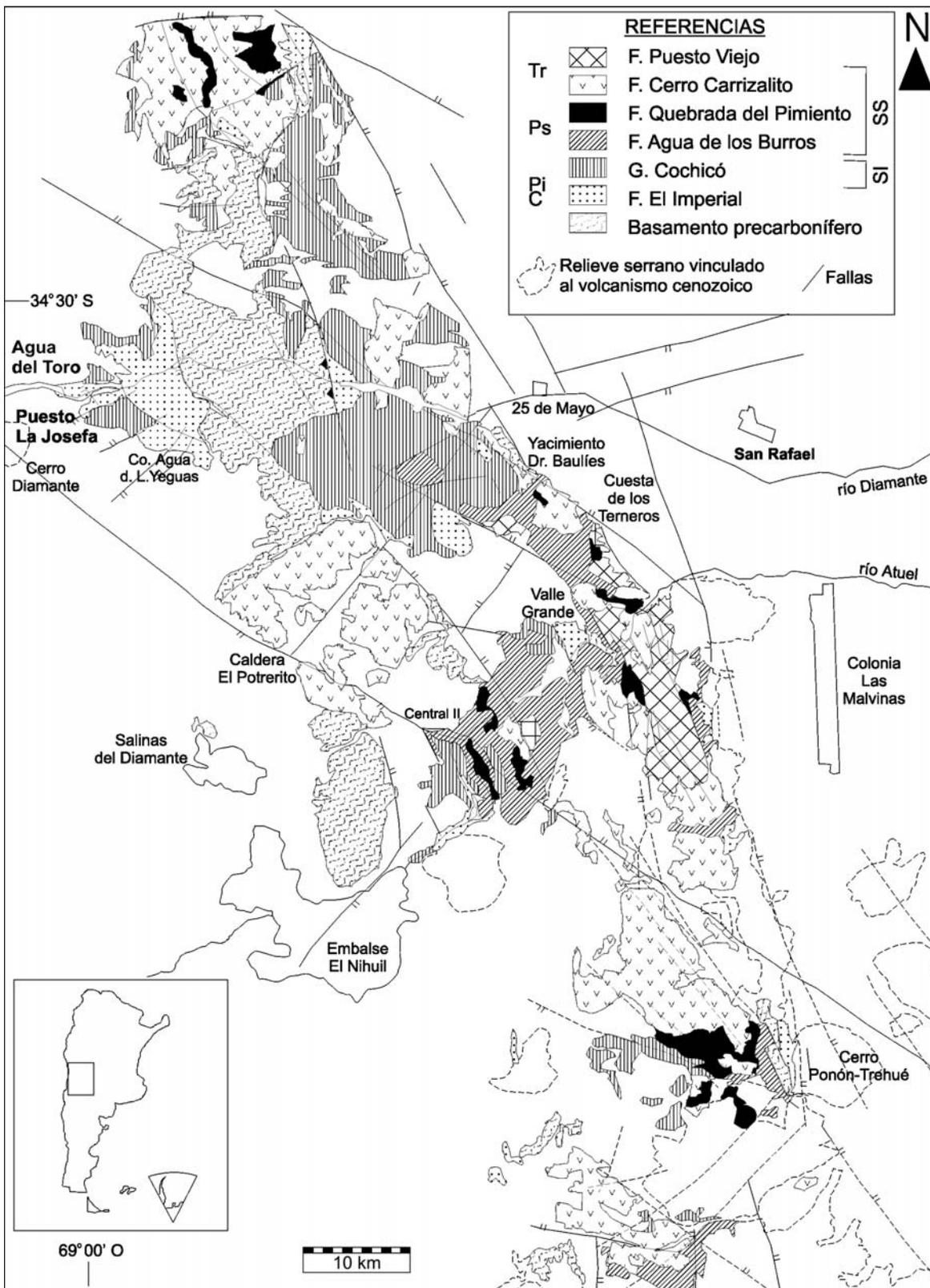


Figura 2: Ubicación de los afloramientos de la Formación El Imperial en el bloque de San Rafael, provincia de Mendoza en un mapa geológico. Adaptado de Kleiman (1999) y Japas y Kleiman (2004).

ONO y cinemática indicativa de componentes de corrimiento. La mayoría de estas estructuras de cizalla presenta reactivaciones transtensionales, de naturaleza frágil a frágil-dúctil, e inversión de polaridad (Japas y Kleiman 2004). Las fallas de desplazamiento de rumbo estudiadas reflejan un alto grado de compatibilidad con las fajas de cizalla de menor escala descriptas, de manera tal que, en concordancia con éstas, presentan orientaciones NNO a NO (dextrales) y ONO (sinistrales). Fracturas tensionales de orientación NNE se asocian a los pliegues (por ejemplo en el yacimiento Dr. Bauliés; Fig. 2) y controlan el emplazamiento de cuerpos ígneos vinculados a la sección inferior del ciclo Choiyoi (Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004). Reactivaciones transtensionales de estructuras sanrafaélicas (Fig. 3), relacionadas con la relajación mecánica postorogénica y el rifting triásico, pueden observarse en esta unidad neopaleozoica (Japas y Kleiman 2004, Japas *et al.* 2004).

### Metodología de trabajo

Se realizó un estudio paleomagnético preliminar clásico (Valencio 1980, Butler 1992). En cada sitio de muestreo se obtuvieron por lo menos cuatro muestras de mano orientadas con brújula Brunton y se midió la actitud estructural de los bancos. Usualmente se cortaron dos especímenes standard (2,2 cm largo x 2,5 cm diámetro) de cada cilindro. Con el objetivo de aislar las componentes magnéticas presentes tanto primarias como secundarias se realizaron desmagnetizaciones por campos alternados (AF: *alternate field*) y por altas temperaturas. Las mediciones del magnetismo remanente natural (MRN) se realizaron con un magnetómetro criogénico. Las muestras piloto

fueron sometidas a desmagnetización por campos alternados en 15 pasos consecutivos hasta 120 mT. Este método resultó ineficiente en la gran mayoría de los especímenes, en cambio, la desmagnetización térmica fue más exitosa en ambas localidades. La temperatura se fue incrementando en etapas sucesivas de 100°, 50°, 25° y 10°C, hasta alcanzar 680°C, usando un horno modelo ASC TD 48. La susceptibilidad total fue medida luego de cada etapa de lavado con un susceptímetro Bartington MS2 para detectar posibles cambios mineralógicos y/o químicos. Los resultados se analizaron usando gráficos de Zijderveld (1967) y proyección estereográfica. Todas las componentes fueron determinadas con un mínimo de 5 etapas de lavados y un máximo de 13. Solamente se aceptaron aquellas componentes definidas con un ángulo de desvío angular <15°. La dirección media final se calculó usando estadística esférica (Fisher 1953).

Paralelamente se realizaron relevamientos micro y mesoestructurales en las áreas muestreadas para paleomagnetismo, dentro de un programa de relevamiento regional (véase Japas y Tomezzoli 2001, Japas y Kleiman 2004, Japas *et al.* 2005). En este sentido se utilizaron las técnicas convencionales (medición y análisis de indicadores cinemáticos, de micro y mesoestructuras, etc), procesados a través de técnicas estadísticas tradicionales (estereogramas, etc). Asimismo se aplicó el AFD (análisis de fábrica deformacional, Japas 1998). Se realizaron cortes delgados para detallar la textura y mineralogía de las rocas.

### Resultados paleomagnéticos

El estudio paleomagnético encarado en la región occidental del bloque San Rafael,

comprendió el muestreo de la Formación El Imperial en las áreas del río Diamante (localidades de La Josefa; Agua del Toro y Arroyo El Imperial) y río Atuel (localidad Cañón del Atuel, Fig. 2).

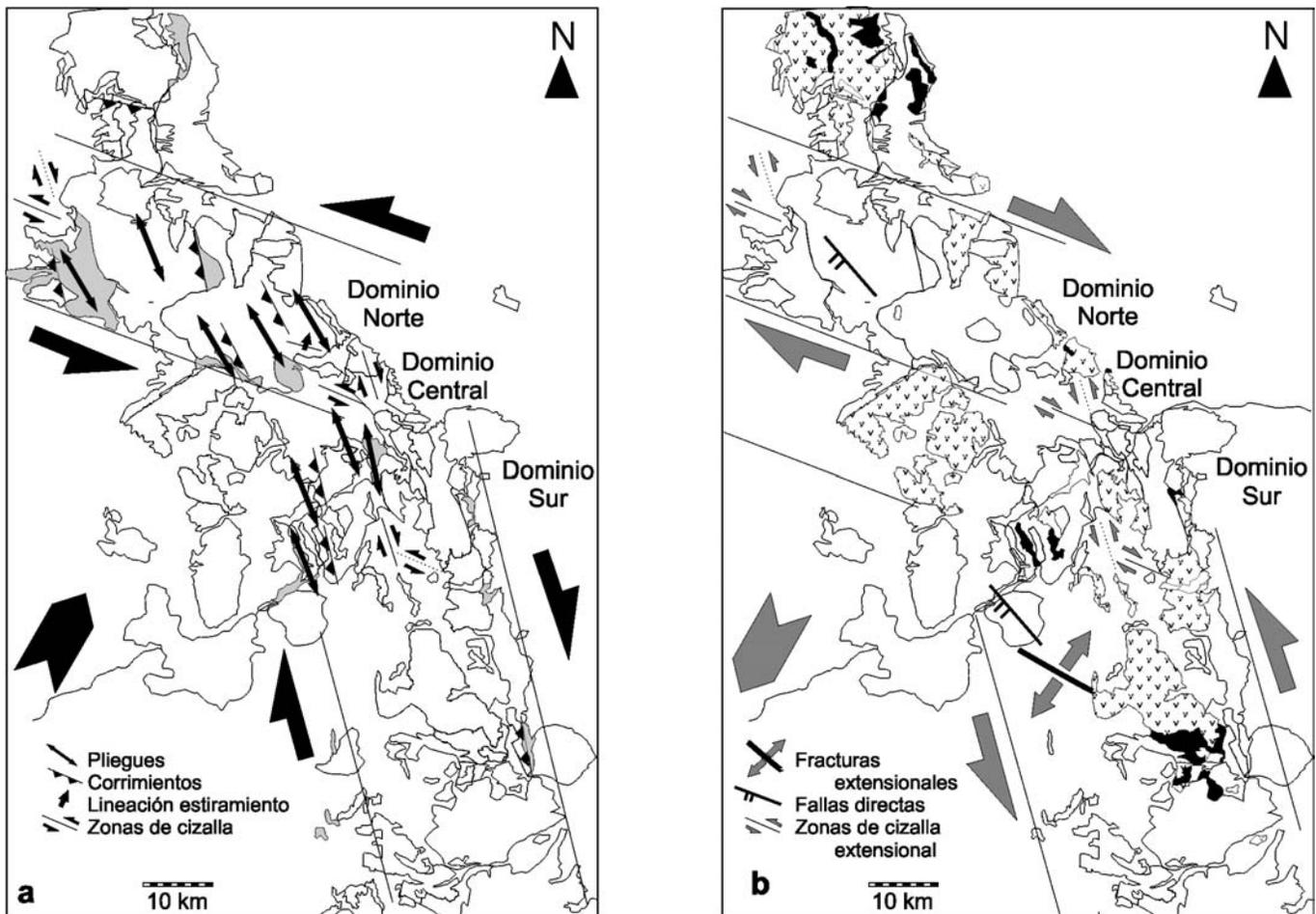
En este trabajo se presentan los resultados de las muestras recolectadas en el dominio estructural Norte (Agua del Toro y La Josefa; Cuadro 1; Fig. 2), pertenecientes al miembro inferior de la Formación El Imperial (AT; cinco sitios) y al miembro superior de la Formación El Imperial (IS; tres sitios de muestreo). Adicionalmente se muestreó el miembro volcániclastico del Grupo Cochicó con la intención de llevar a cabo un *test* de conglomerado (Butler 1992) y poder acotar la edad de un eventual episodio de remagnetización. Cada uno de los sitios de muestreo representa un nivel crono-estratigráfico diferente.

En el miembro superior de la Formación El Imperial, aflorante en el área del puesto La Josefa se procesaron 23 especímenes. Las rocas se presentan en una secuencia homoclinal con una actitud promedio de 164°/23°. Si bien el muestreo se llevó a cabo únicamente en tres sitios, el comportamiento de estas muestras fue muy homogéneo y estable, resistiendo temperaturas de hasta 680°C (Fig. 4). La intensidad de la magnetización remanente natural varió entre 8 mA m<sup>-1</sup> y 40 mA m<sup>-1</sup>. Se aislaron dos componentes magnéticas. Una de ellas, de baja temperatura, a la que denominamos Población A (Cuadro 2; Figuras 4 y 5), se aisló en un 50% de los especímenes entre los 150°C y 400°C, con inclinación positiva (polaridad reversa para el hemisferio sur; IS1-IS3) y negativa (polaridad normal; IS2). Dado que esta componente de inclinación negativa se aisló en sólo 1 de los 3 sitios procesados, se decidió descartar este sitio del análisis de componentes. La otra com-

**CUADRO 1:** Ubicación de las localidades de muestreo en el ámbito geológico del bloque San Rafael, provincia de Mendoza \*

Localidad	Latitud	Longitud	Sitios	M.M./Espec.
La Josefa F. El Imperial superior (IS)	34°37.85'S	69°57.2'W	IS1 - IS3	11/ 23
Agua del Toro F. El Imperial inferior (AT)	34°35.04'S	69°02.3'W	AT1 - AT5	17/ 73
Brecha Andesítica Grupo Cochicó (B A)	34°33.97'S	68°59.89'W	B A 1,7	6/11

\*) Véase Fig. 2. M.M./Espec. : Muestras de mano orientadas/Especímenes procesados.



**Figura 3:** Estructuras y dominios estructurales definidos para el bloque de San Rafael por Japas y Tomezzoli (2001) y Japas y Kleiman (2004). Se han representados únicamente aquellos rasgos estructurales más destacados de la zona de estudio. Las localidades relevadas en este trabajo se encuentran ubicadas en el dominio Norte. a) Deformación transpresional Sanrafaélica (SR); b) deformación transtensional postsanrafaélica (PSR) (modificado de Japas y Kleiman 2004).

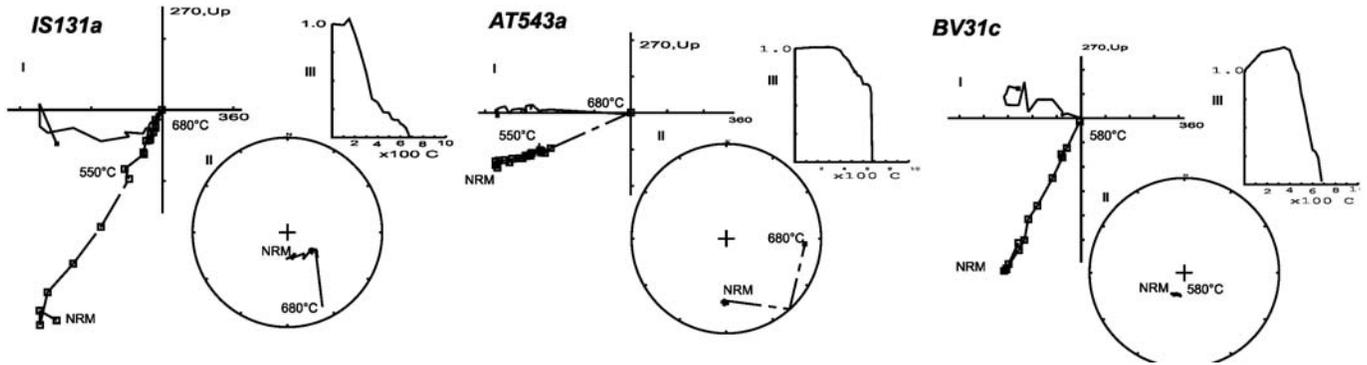
ponente, a la que denominamos población B, fue aislada en todos los especímenes entre los 450°C y 680°C, siempre en el cuadrante SE con inclinación positiva (Cuadro 2; Figs. 4 y 5).

El muestreo del miembro inferior de la Formación El Imperial en el área aledaña a la represa de Agua del Toro se realizó en cinco sitios (Cuadro 2) de los cuales se procesaron 73 especímenes provenientes de una secuencia casi homoclinal, cuya actitud promedio es 205°/45°. En esta secuencia sedimentaria se intruye un cuerpo andesítico (sitio AT4) cuyas relaciones de campo con la roca de caja son dudosas. En este intrusivo son comunes

los planos de diaclasas (y/o fracturación) subparalelos muy netos que se confunden fácilmente con planos de estratificación dificultando el reconocimiento de estas rocas. La intensidad de la magnetización remanente natural es de aproximadamente 40 mA m<sup>-1</sup> salvo en el sitio AT4 que alcanza rangos de hasta 4500 mA m<sup>-1</sup>. En general las muestras son monocomponentes y se mantuvieron estables hasta los 580°C. Sin embargo, algunos especímenes se desestabilizaron a partir de los 550°C, razón por la cual no terminaron de lavarse correctamente y fueron descartados en el análisis de componentes. El único sitio que alcanzó

temperaturas más altas fue AT5 (Fig. 4). En algunos especímenes se aisló una componente de baja temperatura sin significado geológico aparente y por lo tanto no será analizada en este trabajo. La componente magnética característica aislada, que denominaremos población B (cuadro 2), es de inclinación positiva (polaridad reversa para el hemisferio sur; cuadro 2; Figs. 4 y 5).

La dirección media final en coordenadas geográficas para la población A (baja temperatura) de la sección superior de la Formación El Imperial *in situ* (cuadro 2; Fig. 5a) es: D.=182°, I.=57°, a<sub>95</sub>=9°, n=2. Con el 100% de corrección por



**Figura 4:** Comportamiento magnético más representativo de algunos especímenes seleccionados. a) Puesto La Josefa, miembro superior de la Formación El Imperial; b) Represa Agua del Toro, miembro inferior de la Formación El Imperial y c) Brecha Andesítica del miembro volcánico del Grupo Cochicó. I: diagrama de Zijderveld. Cuadrados abiertos (cerrados) indican la proyección en el plano vertical (horizontal) en coordenadas geográficas. II: Proyección de igual área; III: Curvas de desmagnetización.

estructura la dirección media final es:  $D=211^\circ$ ,  $I=44^\circ$ ,  $a_{95}=5^\circ$  (Fig. 5b). Para la Población B (alta temperatura) *in situ* (Cuadro 2; Fig. 5a) es:  $D=132^\circ$ ,  $I=50^\circ$ ,  $a_{95}=7^\circ$ ,  $k=321$ ,  $N=3$ . Con el 100% de corrección de estructura la dirección media final es:  $D=162^\circ$ ,  $I=57^\circ$ ,  $a_{95}=11^\circ$  y  $k=129$  (Fig. 5b).

Las direcciones medias finales calculadas *in situ* para la población B (alta temperatura) en el miembro inferior de la Formación El Imperial en la represa Agua del Toro parecen ser consistentes entre sí. Aunque se evidencia una diferencia leve en la inclinación del sitio AT1 con respecto al resto (Cuadro 2; Fig. 5c). La dirección calculada para esta localidad (AT) *in situ* es:  $D=181^\circ$ ,  $I=30^\circ$ ,  $a_{95}=10^\circ$ ,  $k=61$ ,  $N=5$ . Para realizar la corrección de estructura, dado que las relaciones de campo del intrusivo (AT4) con la roca de caja son inciertas, se asumió como plano de estratificación aquél de los sitios AT1, AT2 y AT3. En el caso del sitio AT5 el plano de estratificación medido en el campo fue de  $173^\circ/45^\circ$ , sin embargo y como este sitio se encuentra inmediatamente por encima del cuerpo andesítico se asumió como plano de estratificación el del resto de la secuencia homoclinal, evitando así los posibles cambios estructurales que puede haber producido la intrusión del cuerpo. Con el 100% de corrección de estructura la dirección media final es:  $D=211^\circ$ ,  $I=38^\circ$ ,  $a_{95}=10^\circ$  y  $k=61$  (Fig. 5d). En este caso con la cantidad de datos disponibles y en base a los resultados

obtenidos, desde el punto de vista estadístico, no es posible asignarle a esta magnetización un origen pre-, sin- o postectónico.

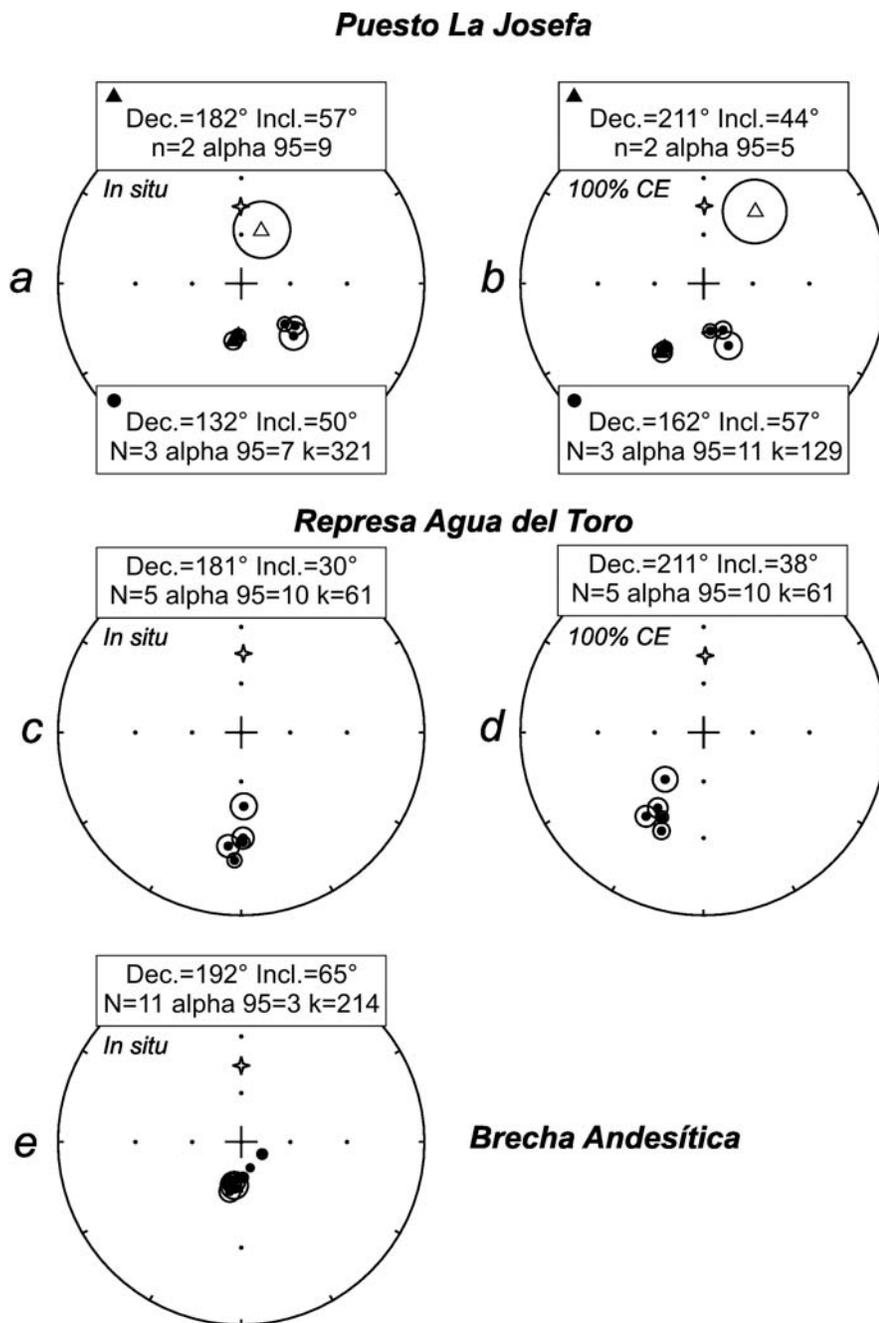
Con el objetivo de acotar temporalmente una posible remagnetización que pudiera haber afectado las secuencias pérmicas, se realizó el *test* del conglomerado sobre una brecha andesítica correspondiente al miembro volcánico del Grupo Cochicó suprayacente. De esta manera es posible determinar el momento de la magnetización respecto al tiempo de su depositación (Valencio 1980). Se muestrearon 6 clastos de andesita de los cuales se procesaron 11 especímenes. La matriz no pudo ser muestreada debido a que es friable (Cuadro 2). La estratificación promedio se orienta según el azimut  $115^\circ/25^\circ$ . El comportamiento de estas muestras fue homogéneo, alcanzando temperaturas de hasta  $580^\circ\text{C}$  (Fig. 4). La intensidad de la magnetización remanente natural es alta, por encima de los  $490\text{ mA m}^{-1}$  hasta  $2100\text{ mA m}^{-1}$ . En general las muestras fueron monocomponentes y estables; a partir de los  $450^\circ\text{C}$  se empieza a desmagnetizar una componente que decae linealmente al origen de coordenadas hasta los  $580^\circ\text{C}$  (Fig. 4). La componente magnética característica aislada (Cuadro 2), es de inclinación positiva (polaridad reversa para el hemisferio sur; Cuadro 2; Figs. 4 y 5). La dirección media final *in situ* calculada para la brecha andesítica es:  $D=192^\circ$ ,  $I=65^\circ$ ,  $a_{95}=3^\circ$ ,  $k=214$ ,  $n=11$  (Cuadro 2; Fig. 5e). En esta brecha se ve que existe consistencia de la

magnetización remanente aislada en los distintos clastos, indicando un resultado negativo del *test* del conglomerado: la magnetización fue adquirida posteriormente a la depositación de la brecha.

#### Interpretación y discusión de los resultados

Los resultados presentados sustentan la idea de que las rocas de la Formación El Imperial en la represa de Agua del Toro y en el puesto La Josefa son portadoras de una magnetización remanente característica con polaridad reversa que se supone, en base a la edad de las rocas, adquirida durante el período de polaridad reversa Kiaman (Irving 1971), que abarca aproximadamente desde los 315 Ma hasta los 262 Ma (Opdyke y Channell 1996).

En la localidad de Agua del Toro la magnetización estaría portada principalmente por titanohematita/hematita. El polo paleomagnético (pp) calculado con los polos geomagnéticos virtuales (pgv) de cada sitio de muestreo a partir de las direcciones medias finales *in situ* es: Latitud:  $72^\circ\text{S}$ , Longitud:  $114.5^\circ\text{E}$ ,  $a_{95}=8^\circ$ ,  $k=81$ , con un  $n=5$  (Fig. 6). Con las direcciones corregidas al 100% de la estructura el pp es: Latitud:  $60^\circ\text{S}$ , Longitud:  $184^\circ\text{E}$ ,  $a_{95}=8^\circ$ ,  $k=81$  con un  $n=5$  (Fig. 6). En esta localidad en particular, el sitio AT1 (sedimentario) es el que se encuentra más alejado estratigráficamente del intrusivo y tiene buen control de campo.



portadoras de otra magnetización (población A) con bajas temperaturas de desbloqueo. El  $pgv$  promedio calculado para la población A (baja temperatura; IS-A) a partir de las direcciones medias finales *in situ* es: latitud: 85°S, longitud: 231°E,  $a_{95}=10^\circ$  y a partir de las direcciones corregidas al 100% es: latitud: 62°S, longitud: 191°E,  $a_{95}=5^\circ$  (Fig. 6). Para la población B (IS-B) el  $pp$  calculado *in situ* es: latitud: 50°S, longitud: 13°E,  $a_{95}=7^\circ$ ,  $k=301$ . Al 100% de corrección de estructura es: latitud: 76°S, longitud: 004°E,  $a_{95}=13^\circ$ ,  $k=90$ .

Cuando se comparan las posiciones paleopolares de los  $pgvs$  y  $pps$  calculados en las dos localidades con la curva de desplazamiento polar aparente (cdpa) de América del Sur para el Paleozoico Tardío (Fig. 6; Cuadro 3) se ve que estos polos no tienen un buen ajuste con la curva. En contraste, se observan ciertas coincidencias que merecen ser destacadas. Por ejemplo, la posición del  $pgv$  obtenido para el Imperial Superior - A (componente de baja temperatura; IS-A) *in situ* con aquella de Gonzalez Cháves (Tomezzi y Vilas 1997, Fig. 6) ó entre las posiciones de los  $pgvs$  obtenidos para AT (ce) IS-A (ce) y con el  $pp$  de la Formación Quebrada del Pimiento en el área de la cuesta de los Terneros (Terrizano *et al.* 2005). Pero, siendo IS-A una componente de baja temperatura, la posición paleopolar más probable es la obtenida *in situ*, o sea una remagnetización de edad permo-triásica (Fig. 6) en vez de una magnetización pre-tectónica de baja temperatura.

Para la componente magnética de alta temperatura aislada en las muestras correspondientes al miembro superior de la Formación El Imperial (IS-B) también se plantean distintas alternativas en la discusión de los resultados. Estas presentan una fábrica suave de deformación representada por fajas dúctiles-frágiles principalmente de orientación oeste-noroeste y cinemática transpresiva sinistral que se relaciona estructural y estratigráficamente con la fase orogénica San Rafael. Sería esperable entonces, para estas rocas, una remagnetización de carácter sintectónica, con una posición paleopolar intermedia entre aquella *in situ* y con corrección de estructura (Fig. 6), la cual tendría un buen ajuste con otros polos paleomagnéticos sintectónicos (por

**Figura 5:** Direcciones de remanencia magnética de las poblaciones A (de baja temperatura: triángulos; a-b) y B (alta temperatura; a-b) en el Puesto La Josefa, Formación El Imperial superior y en la represa Agua del Toro (población B; c-d), Brecha andesítica (e). Proyecciones estereográficas de igual área, *in situ* y con el 100% de corrección de estructura. Véase también cuadro 2. Se indica la posición del campo magnético actual (dipolar axial y geocéntrico) para la localidad de muestreo. Figuras rellenas (abiertas) son direcciones de polaridad reversa (normal) para el hemisferio sur.

Por estas razones se decidió calcular el  $pgv$  *in situ* para esta dirección que es: latitud: 82.5°S, longitud: 97°E,  $a_{95}=8^\circ$  (Fig. 6) y con corrección de estructura es: latitud: 58°S, longitud:

210°E,  $a_{95}=9^\circ$  (Fig. 6).

En el miembro superior de la Formación El Imperial el mineral portador de la magnetización de alta temperatura es hematita (población B). Estas rocas también son

**CUADRO 2:** Direcciones medias finales por sitio de muestreo aisladas en el bloque San Rafael, Mendoza.

<i>Sitio</i>	<i>N/n</i>	<i>Dec.</i> <sup>°</sup> "in situ"	<i>Inc.</i> <sup>°</sup>	$\alpha_{95}^{\circ}$	<i>k</i>	<i>Actitud</i>	<i>Dec.</i> <sup>°</sup> con corrección de estructura	<i>Inc.</i> <sup>°</sup>	$\alpha_{95}^{\circ}$	<i>k</i>
<b>Puesto La Josefa</b>						<b>100%</b>				
<b>Población A (baja temperatura)</b>										
IS1	8/8	183	58	4	238	167/25	211	45	4	238
IS2**	7/3	21	-55	16	61.5	157/21	35.5	-39	16	61.5
IS3	8/2	188	55	-	-	168/23	211	43	-	-
Media	2/3	182	57	9	-		211	44	5	-
<b>Puesto La Josefa</b>						<b>100%</b>				
<b>Población B (alta temperatura)</b>										
IS1	8/8	133	54	3.5	251.5	167/25	172	61	3.5	251.5
IS2	7/7	135	46	7.5	65	157/21	158	50	7.5	65
IS3	8/8	128	49	5	116.5	168/23	157	59	5	116.5
Media	3/3	132	50	7	321		162	57	11	129
<b>Represa Agua del Toro</b>						<b>100%</b>				
<b>Población B (alta temperatura)</b>										
AT1	15/14	178	46	7.5	29	205/45	219	53	7.5	29
AT2	14/13	179	28	3	196	205/45	206.5	35	3	196
AT3	10/4	186.5	26	5	352	205/45	215	32	5	352
AT4	18/13	179	30	5	64	205/45	211	39	5	64
AT5	16/7	183	20	3	433	205/45	204.5	29	3	433
Media	5/5	181	30	10	61		211	38	10	61
<b>Brecha Andesítica (Cochicó)</b>										
BV	6/11/11	192	65	3	214					

N/n: Número de especímenes procesados/número de especímenes usados para el cálculo de la dirección media final; Dec.: Declinación (grados); Inc.: Inclinación (grados);  $95(\text{grados})$ =semi-ángulo de confianza al 95%; k: parámetro estadístico de Fisher (Fisher, 1953). Actitud: rumbo e inclinación (regla de la mano derecha). \*\* Sitio descartado del análisis de componentes.

ejemplo: Tunas I) de la curva de desplazamiento polar aparente (cdpa) de América del Sur (Tomezzoli *et al.* 2005). Estadísticamente se ve un mejor ajuste de las direcciones medias finales por sitio de muestreo *in situ* (Fig. 5a). Sin embargo, la posición paleopolar con corrección de estructura tiene mejor ajuste con la cdpa (Fig. 6), pero con una posición paleopolar más joven que la del Grupo Cochicó suprayacente (véase Fig. 6). Considerando que la magnetización se hubiese adquirido en la posición actual de las rocas entonces habría que plantear una rotación tectónica de  $15^{\circ} \pm 7$  en sentido antihorario, utilizando como polo de referencia Tunas I (Fig. 6). Si se

considera la posición paleopolar obtenida con corrección de estructura, la rotación experimentada sería de  $25^{\circ}$  en sentido horario. Una rotación de este tipo se planteó también para Quebrada del Pimiento (Fig. 6, Terrizzano, *et al.* 2005). Sin embargo y dado que se trata únicamente de tres sitios de muestreo no se puede hacer una valoración concluyente de los resultados.

Para el caso de AT, es posible pensar que el intrusivo andesítico presente en el área de la represa Agua del Toro, en contacto con las sedimentitas del miembro inferior de la Formación El Imperial, sería responsable de la remagnetización de estas rocas y que podría ser asignado a la Formación

Quebrada del Pimiento por su dirección paleomagnética (véase Terrizzano *et al.* 2005). Sobre la base de la posición paleopolar obtenida en la Formación Quebrada del Pimiento y asumiendo un carácter pretectónico para la magnetización de las rocas de esta unidad, estos autores proponen la existencia de una rotación tectónica de aproximadamente  $44^{\circ} \pm 13$  en sentido horario, considerando como posición de referencia aquella de 260 Ma (edad aproximada de la Formación Quebrada del Pimiento) en la curva de desplazamiento polar aparente (cdpa) de Sudamérica. Las posiciones paleopolares calculadas en este trabajo evidenciarían una rotación de blo-

**CUADRO 3:** Direcciones medias finales por sitio de muestreo aisladas en el bloque San Rafael, Mendoza.

Polos geomagnéticos virtuales	Sitio			Polo		EDAD (pgv)	REFERENCIAS
	A95°	LAT. °	LONG. °	PLAT. °	PLONG. °		
El IMPER. SUP. (B) correg *	13	-34.6	291.1	-76	004	290-280?	Este trabajo
El IMPER. SUP. (B) <i>in situ</i> *	7	-34.6	291.1	-50	13	290-280?	Este trabajo
El IMPER. SUP. (A) correg.*	5	-34.6	291.1	-62	191	260?	Este trabajo
El IMPER. SUP. (A) <i>in situ</i> *	10	-34.6	291.1	-85	231	250?	Este trabajo
AT1 correg.	9	-34.5	291	-58	210	260?	Este trabajo
AT1 <i>in situ</i>	8	-34.5	291	-82.5	97	260?	Este trabajo
AGUA DEL TORO correg.*	8	-34.5	291	-60	184	260?	Este trabajo
AGUA DEL TORO <i>in situ</i> *	8	-34.5	291	-72	114.5	260?	Este trabajo

Polos Paleomagnéticos						EDAD (PP)	
CALENCÓ	11	-38.2	294.2	-70	49	270-Pi?	Tomezzoli, <i>et al.</i> , 2006
GONZALEZ CHAVES	17	-38	300	-84	216	248.5-Tr	Tomezzoli & Vilas 1997
AMANA Ar	8	-30.3	292.3	-83	317	248.5-Tri	Valencio <i>et al.</i> , 1977
TUNAS II Ar	5.2	-38.2	298.6	-74.1	25.9	275-Pi	Tomezzoli 2001
C OCHICO Ar	17	-34.5	293	-60.3	7.4	280 IP	Tomezzoli, <i>et al.</i> , 2005
ITARARE I2 Br	4	-21.5	312.8	-60.3	29.5	290-Pi	Pascholati 1983
CURACÓ Ar	5	-38.1	294.1	-64	005	290-Pi?	Tomezzoli, <i>et al.</i> , 2006
TUNAS I Ar	5.1	-38	298.2	-63	13.9	290-Pi	Tomezzoli & Vilas 1999
Lw. COLORADOS Ar	5	-29.5	293	-60	358	293-Pi	Embleton 1970
LA COLINA Ar	8	-30	293	-49	343	294-Pi	Sinito <i>et al.</i> , 1979
ITARARE I Br	4	-21.5	312.8	-56.7	350.6	295-Pi	Pascholati 1983
TEPUEL Ar	8.5	-43.5	289.6	-31.7	316	318-IC	Rapalini <i>et al.</i> , 1994

\*) Bases de datos de Van der Voo (1993), McElhinny y Lock (1996) y de la *Global Paleomagnetic Database*. Los datos también fueron chequeados con las contribuciones originales. A95(grados)=semi-ángulo de 95 por ciento de confianza. Los pp fueron seleccionados con un mínimo de 3 de los criterios de confiabilidad de Van der Voo (1990); véase Fig. 6. Dado que los resultados del presente trabajo son preliminares, deben considerarse como pgvs.

ques de aproximadamente 25° en sentido horario. Asumiendo que se habría promediado correctamente la variación secular (10.000 años, Valencio 1980), esta rotación podría ser atribuida al episodio extensional postfase San Rafael (PSR) que sucedió a la deformación sanrafaélica y que se habría prolongado hasta el Triásico, con marcado carácter transtensional dextral en el dominio norte del bloque (Japas y Kleiman 2004). Si consideramos la posición del pgv obtenido a partir de AT1 (sitio sedimentario) tanto *in situ* como con corrección de estructura, tampoco se observa un buen ajuste con la curva, aunque la latitud obtenida para AT1 con corrección de estructura es coherente con la de otros PPs del Pérmico inferior (Cuadro 3, Fig. 6), no así su paleolongitud.

## CONCLUSIONES

Del estudio paleomagnético llevado a cabo

en la sección inferior de la Formación El Imperial en las adyacencias de la represa Agua del Toro y en el miembro superior en el puesto La Josefa, surge que estas rocas son portadoras de una magnetización remanente estable portada por hematita, con polaridad reversa, de posible edad pérmica. Las posiciones paleopolares obtenidas en ambas localidades presentan anomalías respecto de aquellas esperadas en la curva de desplazamiento polar aparente correspondientes a la edad de estas rocas. Este hecho podría ser explicado o bien porque no se promedió correctamente la variación secular, por rotaciones según ejes verticales de los bloques en las localidades de muestreo, rotaciones por deformación interna, rotaciones aparentes por deformaciones superpuestas o bien por la combinación de estos factores.

En el caso de la componente de alta temperatura (B) de la sección superior de la Formación El Imperial, el pgv obtenido si se considerara una magnetización de origen

pretectónico podría ser primaria y de edad pérmica temprana tardía, en cuyo caso cabría una rotación mayoritariamente horaria, o bien ser de origen posttectónico en cuyo caso cabría una rotación antihoraria. La coincidencia de las posiciones de los pgvs calculados considerando magnetizaciones pretectónicas en AT y QP permiten asociar estas remagnetizaciones con el emplazamiento regional de Quebrada del Pimiento y asignar la rotación tectónica a la deformación postsanrafaélica. Nuevos estudios en la región permitirán resolver las incertidumbres que resultan planteadas hasta el presente.

## AGRADECIMIENTOS

Se desea agradecer a E. Cristallini por su colaboración durante las tareas de campo y a J. Salvarredi, L. Kleiman y a A. Rapalini por la discusión de algunos temas vinculados con la geología del bloque de San



**Figura 6:** Ubicación de los polos paleomagnéticos (pp) calculados en este trabajo en la curva de desplazamiento polar aparente de América del Sur durante el Paleozoico Tardío - Mesozoico Temprano. Se muestran también otros pp con la misma edad (véase cuadro 3); tomados de Van der Voo (1993) y de la *Global Paleomagnetic Database* (McElhinny y Lock 1996), seleccionados con un mínimo de tres de los criterios de confiabilidad de Van der Voo (1990).

Rafael y paleomagnetismo. A los árbitros L. Sanchez Bettuci y R. Somoza que aportaron sugerencias y comentarios valiosos. Este trabajo fue financiado con los aportes provenientes de la Universidad de Buenos Aires y del CONICET (PEI 0173/97; 6466/03; 5758/05). Se agradece especialmente el Subsidio de Apoyo a Proyectos de R. Tomezzoli otorgado por la Fundación Antorchas.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Archangelsky, S., Azcuy, C.L., Césari, S.N., González, C.R., Hünicken, M.A., Mazzoni, A. y Sabbatini, N. 1996a. Correlación y edad de las biozonas. En Archangelsky, S. (ed.) El Sistema Pérmico en la República Argentina y

en la República Oriental del Uruguay, Academia Nacional de Ciencias 203-226, Córdoba.

Archangelsky, S., González, C.R., Cúneo, N.R., Sabbatini, N., Césari, S.N., Aceñolaza, F.G., García, G.B., Buatois, L.A., Ottone, E.G., Mazzoni, A., Hünicken, M.A. y Gutiérrez, P.R. 1996b. Paleontología, bioestratigrafía y paleoecología de las cuencas Paganzo, Calingasta-Uspallata, Río Blanco y San Rafael. En Archangelsky, S. (ed.) El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay, Academia Nacional de Ciencias: 177-201, Córdoba.

Butler, R.F. 1992. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Blackwell Scientific Publications, 319 p., Boston.

Cobbold, P.R., Gapsis, D., Rossello, E.A., Milani,

E.J. y Szatmari, P. 1992. Permo-Triassic intra-continental deformation in SW Gondwana. En de Wit y Ransome (eds.) Inversion Tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa: 23-26, Balkema. Rotterdam.

Cortés, J.M. y Kleiman, L.E. 1999. La orogenia Sanrafaélica en los Andes de Mendoza. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 31, Salta.

Dalmayrac, B., Laubacher, G., Marocco, R., Martinez, C. y Tomasi, P. 1980. La chaîne hercynienne d'Amérique du Sud. Structure et evolution d'un orogene intracratonique. Sonderdruck a.d. Geol. Rundschau 69(1):1-21, Stuttgart.

Dalziel, I.W.D., Lawver, L.A. y Murphy, J.B. 2000. Plumes, orogenesis, and supercontinental fragmentation. Earth and Planetary Science Letters 178 : 1-11.

Dessanti, R.N. 1956. Descripción geológica de la Hoja 27c, Cerro Diamante, provincia de Mendoza. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 85, 79 p., Buenos Aires.

Du Toit, A. 1927. A geological comparison of South America with South Africa. Carnegie Institute of Washington Publications 381: 1-157, Washington.

Espejo, I.S. 1990. Análisis estratigráfico, paleoambiental y de proveniencia de la Formación El Imperial en los alrededores de los ríos Diamante y Atuel (provincia de Mendoza). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédito) 338 p., Buenos Aires.

Espejo, I.S. 1993. Reordenamiento de la estratigrafía neopaleozoica en el sector norte de la Cuenca San Rafael. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 57-62, Mendoza.

Espejo, I.S. y López-Gamundi, O.R. 1994. Source versus depositional controls on sandstone composition on a foreland basin: the El Imperial Formation (mid-Carboniferous – lower Permian), San Rafael Basin, western Argentina. Journal of Sedimentary Research A64: 8-16.

Espejo, I.S., Andreis, R.R. y Mazzoni, M. 1996. Cuenca San Rafael. En Archangelsky, S. (ed.) El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay, Academia Nacional de Ciencias: 163-172, Córdoba.

Fisher, R.A., 1953. Dispersion on a sphere.

- Proceedings Royal Society of London, Series A 217: 295-305, Londres.
- Forsythe, R. 1982. The late Paleozoic to early Mesozoic evolution of southern South America: A plate tectonic interpretation. *Journal of the Geological Society* 139: 671-682, Londres.
- Giudici, A.R. 1972. Geología de las adyacencias del río Diamante al este del cerro homónimo, provincia de Mendoza, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26(4): 444-446.
- González Díaz, E. 1964. Rasgos geológicos y evolución geomorfológica de la hoja 27d (San Rafael) y zona occidental vecina (provincia de Mendoza): *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19: 151-188.
- González Díaz, E.F. 1973. Descripción geológica de la Hoja 27d, San Rafael, provincia de Mendoza. Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 132, 127 p., Buenos Aires.
- Irving, E. 1971. Nomenclature in magnetic stratigraphy. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 24: 529-531.
- Japas, M.S. 1998. Aporte del análisis de fábrica deformacional al estudio de la faja orogénica andina. Homenaje al Dr. Arturo J. Amos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53(1): 15, Buenos Aires.
- Japas, M.S. 1999. Cinemática de los Gondwánides de Argentina: I. Tramo austral. 1° Simposio Argentino del Paleozoico Superior, Resúmenes: 31-32, La Rioja.
- Japas, M.S. y Kleiman, L.E. 2004. El ciclo Choiyoi en el Bloque de San Rafael: de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. *Avances en Microtectónica y Geología Estructural*, 11° Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural, Asociación Geológica Argentina, Serie D, Publicación Especial 7: 89-100, Córdoba.
- Japas, M.S. y Tomezzoli, R.N. 2001. Cinemática neopaleozoica del Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza. 2° Simposio Argentino del Paleozoico Superior, Resúmenes: 14, Trelew.
- Japas, M.S., Kleiman, L.E., Rubinstein, N.A. y Morello, O. 2004. Inversión tectónica por recuperación elástica debido a relajación mecánica postorogénica. 12° Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural, Resúmenes: 18, Salta.
- Japas, M.S., Salvarredi, J. y Kleiman, L.E. 2005. Self-similar behaviour of Triassic rifting in San Rafael, Mendoza, Argentina. *Gondwana* 12th., Academia Nacional de Ciencias, Abstracts: 210, Mendoza.
- Keidel, J. 1916. La geología de las sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas del Cabo y los Andes. Ministerio de Agricultura Nacional. *Anales Dirección Nacional de Geología y Minería* 9 (3): 5-77, Buenos Aires.
- Kleiman, L.E. 1999. Mineralogía y petrología del volcanismo permo-triásico y triásico del bloque de San Rafael en el área de Sierra Pintada, provincia de Mendoza y su relación con las mineralizaciones de uranio. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédita) 286 p., Buenos Aires.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2002. The Lower Choiyoi volcanic sequence at 34°-35° 30', San Rafael, Mendoza, Argentina: Evidence of active plate convergence, Simposio IGCP 436: Pacific Margin of Gondwana, *Gondwana* 11th. Abstracts, Christchurch.
- Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 2001. Petrología, geoquímica e implicancias tectónicas del volcanismo triásico (Formación Puesto Viejo), bloque de San Rafael, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 559-570.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993. Magmatismo gondwánico de Mendoza. En Ramos, V. A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, 12° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 53-64, Mendoza.
- Lock, B.E. 1980. Flat-plate subduction and the Cape Fold Belt of South Africa. *Geology* 8: 35-39.
- McElhinny, N.W. y Lock, J. 1996. IAGA. Global palaeomagnetic databases with Access. *Survey Geophysics* 17 : 575-591.
- Martinez, C. 1980. Geologie des Andes boliviennes. *Travaux et documents de l'Ostrom* 119: 1-354, París.
- Moreno Peral, C.A. y Salvarredi, J.A. 1984. Interpretación del origen de las estructuras anticlinales del Pérmico inferior en el Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 396-413, San Carlos de Bariloche.
- Opdyke, N.D. y Channell, J.E.T. 1996. Magnetic stratigraphy. Academic Press, 346 p. San Diego.
- Ottone, E.G. 2002. Formación El Imperial. En Gutiérrez, P.R., Ottone, E.G. y Japas, M.S. (eds.): *Léxico Estratigráfico del Pérmico* ([http://www.segemar.gov.ar/P\\_Lexico/Permico/index.htm](http://www.segemar.gov.ar/P_Lexico/Permico/index.htm)).
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Márquez, M. 2005. Gondwanides continental collision and the origin of Patagonia. *Gondwana* 12<sup>th.</sup>, Academia Nacional de Ciencias, Abstracts: 277, Mendoza.
- Ramos, V.A. 1984. Patagonia: Un continente paleozoico a la deriva? 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2 : 311-325, Bariloche.
- Rapalini, A.E. 2005. The accretionary history of southern South America from the latest Proterozoic to the Late Paleozoic: some paleomagnetic constraints. En Vaughan, A.P.M., Leat, P.T. y Pankhurst, R.J. (eds.) *Terrane processes at the Margins of Gondwana*. Geological Society, Special Publications 246: 305-328, Londres.
- Spaletti, L.A., Merodio, J.C., Matheos, S.D. e Iñíguez Rodríguez, A.M. 1996. Petrología y geoquímica de sedimentitas silicoclásticas triásicas de la Sierra Pintada, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 51(1): 51-60.
- Terrizano, C.M., Tomezzoli, R.N., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 2005. Resultados paleomagnéticos preliminares sobre rocas de la Formación Quebrada del Pimiento, Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino. Actas 5: 383-390, La Plata.
- Tomezzoli, R.N. 2001. Further Palaeomagnetic results from the Sierras Australes fold and thrust belt, Argentina. *Geophysical Journal International* 147: 1-18.
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J. F. 1999. Palaeomagnetic constraints on age of deformation of the Sierras Australes thrust and fold belt, Argentina. *Geophysical Journal International*, 138: 857-870.
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J.F. 1997. Paleomagnetismo y fábrica magnética en afloramientos cercanos a las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires (López Lecube y González Chaves). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52(4): 419-432.
- Tomezzoli, R.N., Melchor, R. y MacDonald, W.D. 2006. Tectonic implications of post-folding Permian magnetizations, Carapacha basin, Argentina. *Paleomagnetism in*

- Latinoamerica, Earth and Planetary Space, Special Volume, en prensa.
- Tomezzoli, R.N., MacDonald, W.D. y Tickyj, H. 2003. Composite magnetic fabrics from S-C granitic gneiss of Cerro de los Viejos, La Pampa province, Argentina. *Journal of Structural Geology* 25(2): 159-169.
- Tomezzoli, R.N., Kleiman, L., Salvarredi, J., Terrizzano, C. y Cristallini, E.O. 2005: Relaciones estratigráficas de volcanitas del Choiyoi Inferior sobre la base de estudios paleomagnéticos, Bloque de San Rafael, Mendoza, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 227-232, La Plata.
- Valencio, D. 1980. El magnetismo de las rocas. Editorial Eudeba, 351 p., Buenos Aires.
- Van der Voo, R. 1993. Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus oceans. Cambridge University Press, 411 p.
- Van der Voo, R. 1990. The reliability of paleomagnetic data. *Tectonophysics* 184: 1-9.
- von Gosen, W., 2003. Thrust tectonics in the North Patagonian Massif (Argentina): Implications for a Patagonia plate. *Tectonics* 22(5): 15-33.
- von Gosen, W., 2005. Late Paleozoic compressive deformations in the North Patagonian Massif (Argentina): implications for the southwestern Gondwana margin. *Gondwana* 12th., Academia Nacional de Ciencias, Abstracts: 364, Mendoza.
- Zijderveld, A.C. 1967. Demagnetization of rocks: Analysis of results. En Collinson, D.W., Creer, K.M. y Runcorn, S. K. (eds.) *Methods in Palaeomagnetism* 254-286, Elsevier, Amsterdam.

Recibido: 2 de marzo, 2006

Aceptado: 15 de junio, 2006