ESTUDIO PALEOMAGNETICO PRELIMINAR DE LA FORMACION HOYADA VERDE, PRECORDILLERA DE SAN JUAN: UN EJEMPLO DE REMAGNETIZACION SINTECTONICA

MARIA L. BOBBIO
AUGUSTO E. RAPALINI
JUAN F. VILAS

Laboratorio de Paleomagnetismo "Daniel A. Valencio", Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, 1428, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

El estudio paleomagnético preliminar de rocas de la Formación Hoyada Verde, aflorantes en Sierra de Barreal, Precordillera Occidental (31,7°S; 69,5°W), ha permitido determinar que estas rocas son portadoras de una magnetización remanente secundaria, adquirida durante el plegamiento de dicha unidad. La posición del polo paleomagnético calculado (356,2°E, 41,9°S, D1=8,3°, D2=6,0°) es concordante con los polos del Carbonífero superior de las áreas estables de América del Sur, e indica que el plegamiento se produjo a fines del Carbonífero. La posición coherente con los polos cratónicos sugiere, a su vez, que el bloque cortical que comprende a la Formación Hoyada Verde no fue afectado por el proceso de rotaciones tectónicas, determinado por estudios paleomagnéticos anteriores, ocurrido durante el Pérmico en dicha región del margen continental gondwánico .

Palabras claves: Paleomagnetismo, Remagnetización sintectónica, Rotaciones, Paleozoico superior, Precordillera, Argentina.

ABSTRACT

A preliminary paleomagnetic study of rocks from the Hoyada Verde Formation, exposed in Sierra de Barreal, Western Precordillera (31.7°S; 69.5°W), has shown that these rocks are carriers of a secondary remanent magnetization, acquired during the folding of this formation. The position of the computed paleomagnetic pole (356.2°E-41.9°S, D1=8.3°, D2=6.0°) is concordant with the Late Carboniferous paleomagnetic poles of stable areas of South America and indicates that the age of the folding is Late Carboniferous. The position concordant with the cratonic poles also suggests that the Hoyada Verde crustal block was not affected by the tectonic rotations, determined by previous paleomagnetic studies, that took place during the Permian in this region of the Gondwanic continental margin.

Key words: Paleomagnetism, Syntectonic remagnetization, Rotations, Late Paleozoic, Precordillera, Argentina.

INTRODUCCION

Durante el Paleozoico superior se desarrolló, en el ámbito de las actuales provincias geológicas argentinas de Cordillera Frontal y Precordillera, un grupo de cuencas sedimentarias, marinas y continentales (Cuenca de Calingasta-Uspallata, Cuenca de Río Blanco; López Gamundi *et al.*, 1987), consideradas actualmente como cuencas de retroarco (López Gamundi *et al.*, 1987; Hervé *et al.*, 1987, entre otros), al mismo tiempo que un extenso magmatismo de arco, de edad carbonífera y pérmica, se emplazó al oeste de las mismas, principalmente, sobre el actual territorio chileno (Hervé *et al.*, 1987). En algún momento, durante el Pérmico, la sedimentación en estas cuencas cesó como consecuencia de un intenso tectonismo, que plegó y fracturó estas secuencias, sobre las cuales se expandieron las ignimbritas y volcanitas, en su mayoría ácidas, del Grupo Choiyoi. La intensidad del tectonismo disminuyó rápidamente hacia el este, no observándose efectos apreciables de este evento tectónico en la Cuenca continental de Paganzo, ubicada en el extremo oriental de la Precordillera y en las Sierras Pampeanas (Azcuy y Caminos, 1987).

Este importante evento tectónico, que dio por terminada la depositación en las cuencas sedimentarias

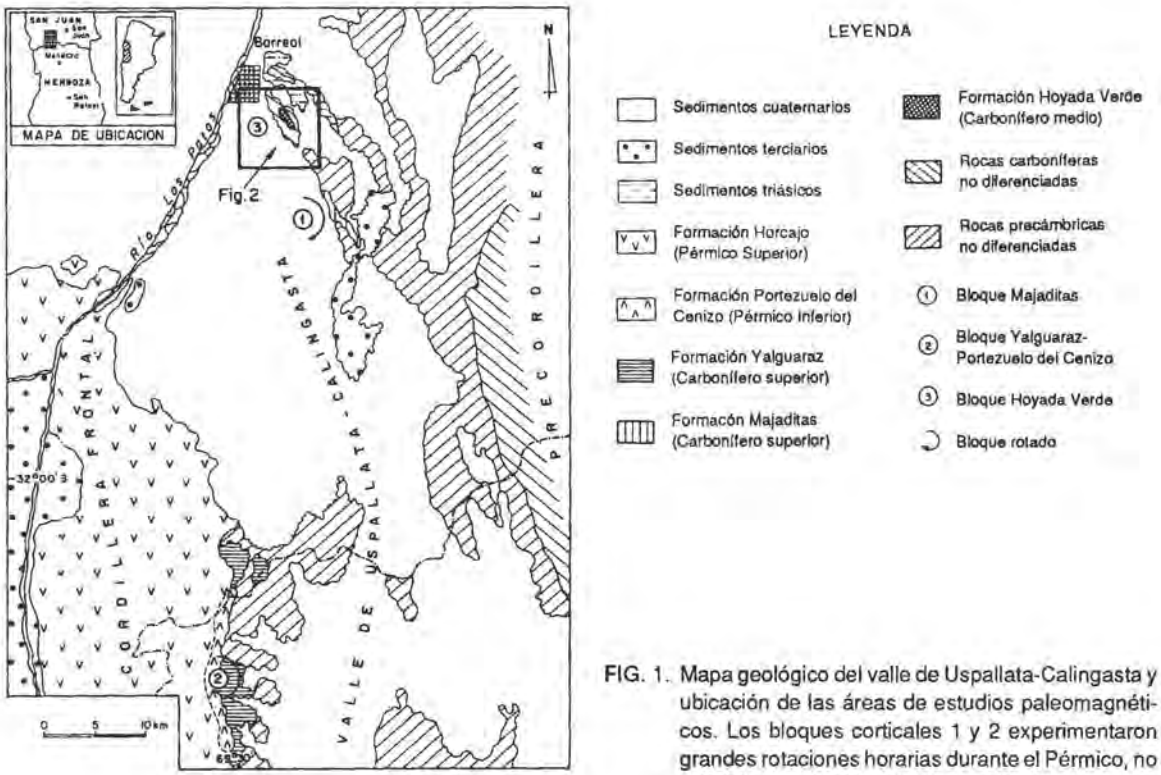

FIG. 1. Mapa geológico del valle de Uspallata-Calingasta y ubicación de las áreas de estudios paleomagnéticos. Los bloques corticales 1 y 2 experimentaron grandes rotaciones horarias durante el Pérmico, no así el bloque de Hoyada Verde (3).

mencionadas, es conocido, entre otros nombres, como Fase Orogénica San Rafael (Azcuy y Caminos, 1987). Estos autores han ubicado dicha fase en el Pérmico Inferior tardío (270-265 Ma) para todo el ámbito de la Cordillera Frontal y Precordillera. Llambías y Sato (1990), por su parte, indicaron que en la región del Batolito de Colangüil, en la Cordillera Frontal de San Juan (aproximadamente entre los 29,5° y 30,5°S), la edad de la Fase Orogénica San Rafael estaría comprendida entre los 290 y 265 Ma aproximadamente, es decir en el Pérmico Inferior. A su vez, Furque y Cuerda (1984) estudiaron la secuencia de deformación en Sierra de Barreal, Provincia de San Juan, localidad de muestreo de la Formación Hoyada Verde en el presente estudio, como un caso tipo de la deformación de las secuencias neopaleozoicas de la Precordillera Occidental. Los 'Movimientos Barreálicos', como fueron denominados, constan de tres fases, dos de pequeña magnitud, denominadas Malimánica (post-Tournaisiano-Viseano/Pre-Westfaliano) y San Eduárdica (Post-Westfaliano/Pre-Estefaniano) y una mucho más intensa, denominada Pituílica (Carbonífero superior-Pérmico Inferior), que sería equivalente a la Fase San Rafael.

Numerosos estudios paleomagnéticos se han realizado en los últimos años en esta región (Vilas y Valencio, 1982; Rapalini *et al.*, 1987, 1989; Rapalini, 1989, entre otros). Estos fueron llevados a cabo en rocas sedimentarias de las formaciones Yalguaraz y Majaditas del Carbonífero superior y en distintas unidades integrantes del Grupo Choiyoi, asignado al Pérmico. Los resultados obtenidos han mostrado que las posiciones de los polos paleomagnéticos de unidades más antiguas que el Pérmico Inferior tardío (formaciones Majaditas, Yalguaraz y Portezuelo del Cenizo) no coinciden con las correspondientes a los de rocas coetáneas de áreas estables de América del Sur. Si bien los primeros resultados fueron interpretados (Vilas y Valencio, 1982) como un posible registro de un terreno alóctono, acrecionado durante el Paleozoico tardío, interpretaciones más recientes de información paleomagnética mucho más completa (Rapalini, 1989; Vilas y Rapalini, 1989) han propuesto un modelo de rotaciones tectónicas *in situ,* según ejes verticales como la explicación más probable de los resultados obtenidos. Estas rotaciones se habrían producido hacia finales del Pérmico Inferior y con posterioridad a la Fase Orogénica San Rafael, no estando relacionadas con ningún evento tectónico compresivo, ya que las rotaciones han afectado al sector

inferior (mesosilícico) del Grupo Choiyoi y no a las potentes secuencias superiores de riolitas e ignimbritas.

Continuando con el estudio paleomagnético del Paleozoico superior de esta región, se llevó a cabo una investigación preliminar de la Formación Hoyada Verde (Carbonífero medio), aflorante en Sierra de Barreal, en el sector suroccidental de la Precordillera. Los resultados obtenidos tienen indudables implicancias respecto a la historia tectónica de la comarca.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y ESTUDIO PALEOMAGNETICO

La Formación Hoyada Verde (Mésigos, 1953) aflora en la sierra de Barreal, situada en el sector suroccidental de la Precordillera Sanjuanina, a 2 km del pueblo homónimo (Fig. 1). Esta unidad forma parte del Grupo San Eduardo, de edad carbonífera media (López Gamundi *et al.*, 1987) y está integrada por una sucesión de más de 300 m de potencia de diamictitas arenosas, lutitas y fangolitas guijosas y arenosas. Esta secuencia ha sido asignada a un ambiente glacimarino proximal, conectado con la terminación de un glaciar en el mar. Sus afloramientos constituyen el sector central de una gran estructura braquianticlinal de rumbo aproximado NNW (Mésigos, 1953), denominado Anticlinal de Hoyada Verde. López Gamundi (1983) realizó un estudio sedimentológico detallado de esta unidad, a lo largo de tres perfiles, dos situados en el flanco oriental del anticlinal (A y B) y uno en el occidental (C). Siguiendo los perfiles B y C, uno de los autores (J.F.V.) realizó un muestreo paleomagnético de esta formación. En la figura 2 se presenta un mapa geológico del Anticlinal de Hoyada Verde, simplificado de Mésigos (1953), en el que se puede apreciar la ubicación de los perfiles muestreados. Se recolectó un total de 49 muestras de mano, orientadas con brújulas solar y magnética, ubicadas en diferente posición estratigráfica a lo largo de la secuencia. Del total, 43 se recolectaron siguiendo el perfil B, y sólo 6, como un muestreo de control, sobre el perfil C. El estudio paleomagnético, que se da a conocer aquí, se realizó sobre las seis muestras de este último perfil, y 12 muestras piloto del perfil B.

En consonancia con sus características litológicas, la intensidad de la magnetización remanente natural (**mrn**) fue, en general, baja (de alrededor de 10^{-2} Am^{-1}). Todas las muestras analizadas fueron sometidas a la técnica de desmagnetización por altas temperaturas (ver Valencio, 1980). Esta fue aplicada en etapas sucesivas de 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 450°C y 500°C. Antes y después de cada etapa desmagnetizante se controló, mediante la medición de la susceptibilidad magnética de cada muestra, que no se hubiesen producido cambios químicos o mineralógicos en los minerales ferromagnéticos, debidos al tratamiento térmico.

En la figura 3 se representa el comportamiento magnético típico de las muestras estudiadas de la Formación Hoyada Verde, al ser sometidas a desmagnetización térmica. Se ha ejemplificado el mismo mediante dos muestras, proveniente cada una de un flanco distinto del anticlinal (H4, perfil B; H45, perfil C). La representación comprende un gráfico vectorial

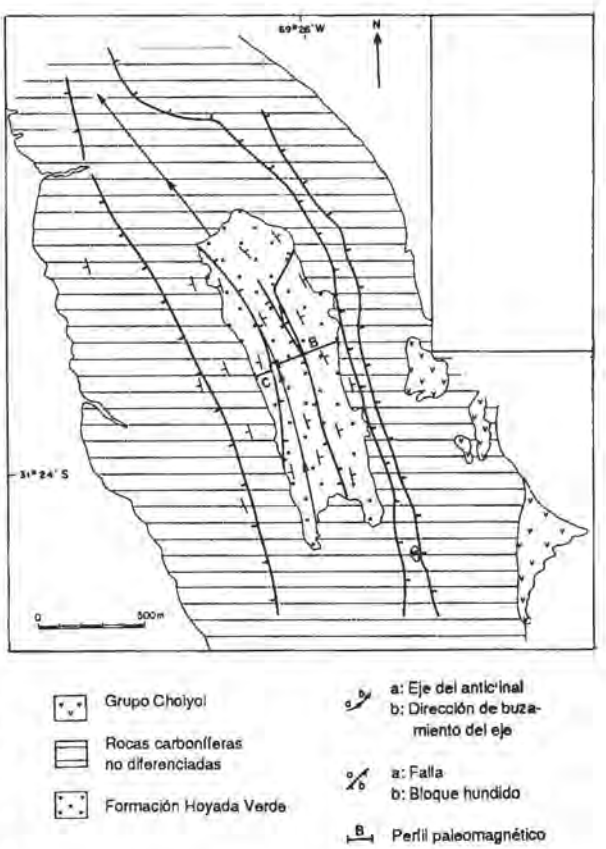

FIG. 2. Mapa geológico simplificado del branquianticlinal de Hoyada Verde (bloque 3, Fig. 1) y ubicación de los perfiles de muestreo paleomagnético. Más referencias en el texto. (Simplificado de Mésigos, 1953.)

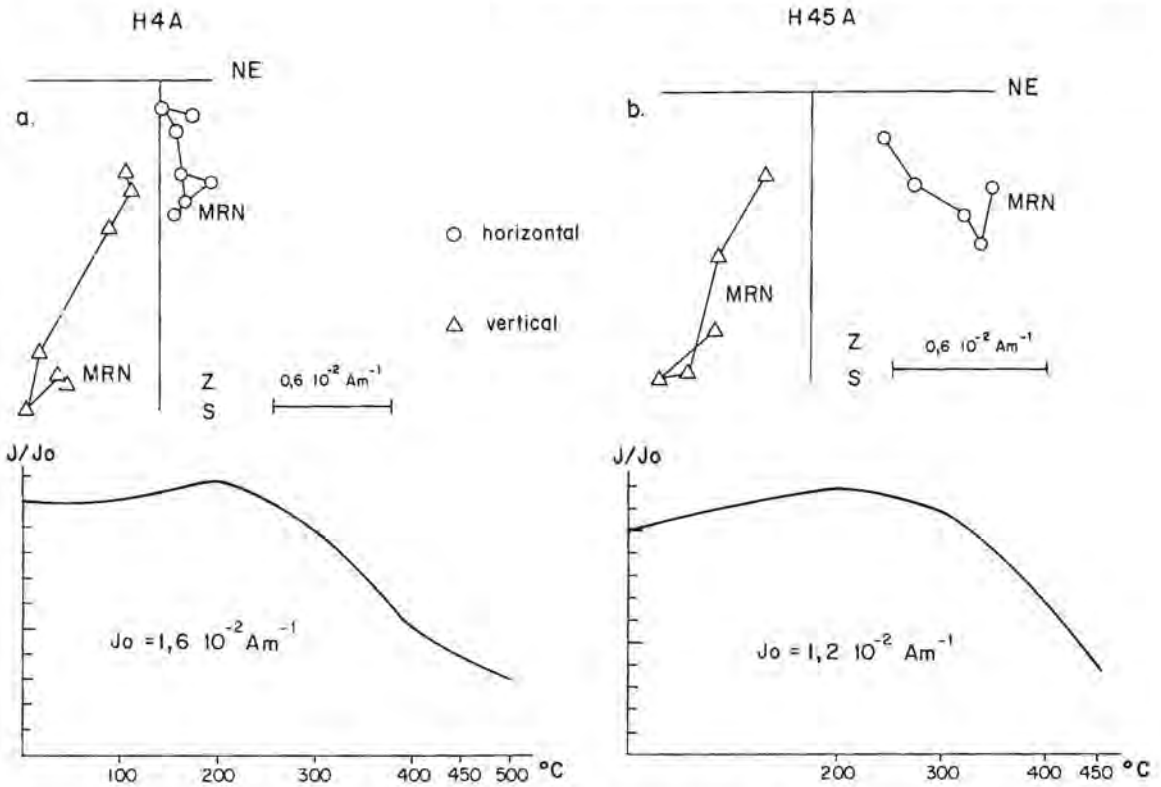

FIG. 3. Comportamiento magnético típico de las muestras de la Formación Hoyada Verde, representado en diagrama vectorial ortogonal y curva de desmagneticación normalizada. **a.** Muestra proveniente del flanco oriental del braquianticlinal de Hoyada Verde (perfil B); **b.** Muestra proveniente del flanco occidental (perfil C). Más referencias en el texto.

ortogonal (Zijderveld, 1967) y una curva de desmagnetización normalizada En la figura se puede apreciar que ambas muestras presentan comportamientos magnéticos similares, es decir, aproximadamente univectoriales (tienden linealmente al origen de coordenadas) a partir de la etapa de 200°C. El aumento de la dispersión de los valores direccionales, en las últimas etapas, se debe a que la intensidad del magnetismo remanente en las mismas es cercano al límite de medición de los magnetómetros utilizados (10^{-3} Am^{-1}). El aumento en la intensidad de la remanencia hasta los 200°C corresponde, en ambos casos, a la eliminación de una componente secundaria, probablemente de origen viscoso, ya que es coincidente con la dirección actual del campo magnético dipolar. Las bajas temperaturas de bloqueo, en general, no mayores que 450°C, sugieren que son las titanomagnetitas los probables portadores ferromagnéticos. La figura 3 ilustra las idénticas características magnéticas de las rocas estudiadas en ambos flancos del anticlinal.

RESULTADOS E INTERPRETACION

En la figura 4 se representan las direcciones de magnetización remanente estable (**mre**) de cada muestra de la Formación Hoyada Verde y la dirección media de cada perfil con su correspondiente círculo del 95% de confianza (Fisher, 1953), antes y después de corregir los valores de acuerdo con las actitudes estructurales de la secuencia, es decir, reabatiendo ambos flancos del anticlinal a la horizontal. Como se puede apreciar, las direcciones medias no coinciden en ninguno de los dos casos. Esto indica un resultado indefinido de la prueba de plegamiento o 'fold test' (Graham, 1949; McFadden y Jones, 1981). Asimismo, se han representado los respectivos círculos pequeños, descritos por las direcciones medias, al efectuarse la mencionada corrección. De éstos se deduce que hay un punto intermedio, durante la realización de la corrección estructural, en que ambas direcciones medias tendrán una máxima aproximación. Esto su-

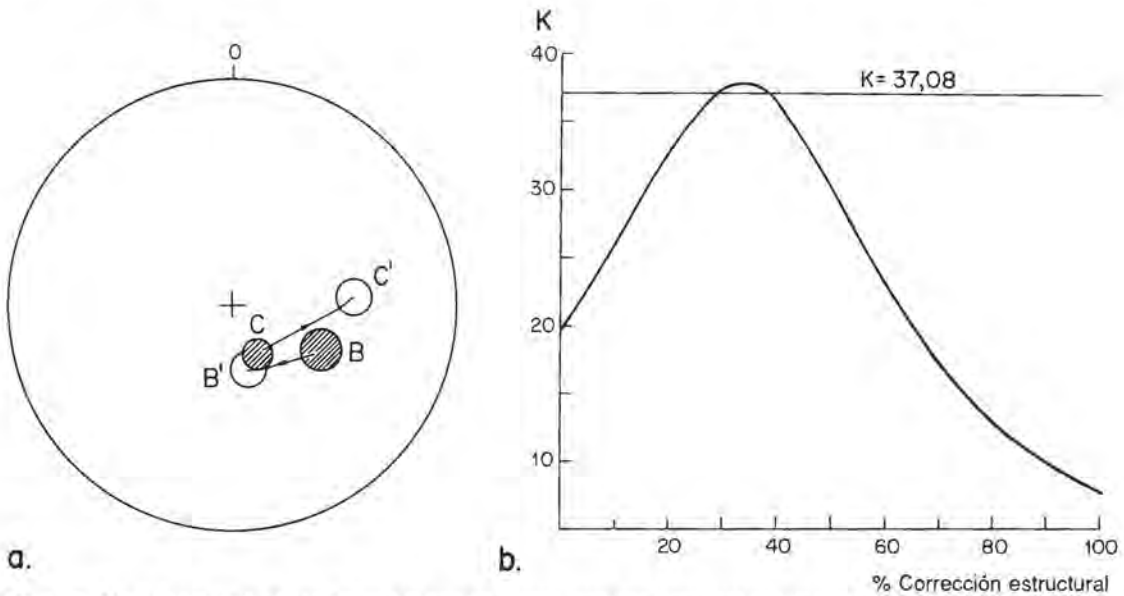

FIG. 4. **a.** Círculos del 95% de confianza de las direcciones medias de magnetización remanente estable (**mre**) de cada perfil, sin corregir (círculos sombreados) y con corrección por estructura (círculos vacíos). Las líneas a trazos indican los círculos pequeños, producto de las respectivas correcciones estructurales; **b.** Valores del parámetro K de Fisher para la población total de **mre** sometida a una corrección progresiva por estructura. La línea horizontal indica el valor mínimo de K, para el cual las poblaciones de **mre** de ambos perfiles no pueden distinguirse estadísticamente (McFadden y Lowes, 1981). Más referencias en el texto.

giere la posibilidad de que la remanencia magnética, portada por las rocas de la Formación Hoyada Verde, sea una remagnetización sintectónica, es decir, asociada al evento deformativo que plegó a las mismas. La forma más simple de evaluar la existencia de una remagnetización sintectónica es el método descrito por Miller y Kent (1986). Este consiste en aplicar fracciones progresivamente mayores de corrección estructural a los valores medios de **mre** de cada flanco y calcular el parámetro K (Fisher, 1953) de la población total en cada etapa. En los casos en que, solamente en etapas intermedias, el valor de K señale que ambos grupos de direcciones no pueden diferenciarse estadísticamente como poblaciones distintas, a un nivel de confianza de 95% (McFadden y Lowes, 1981), indicará que dicha magnetización fue adquirida mientras progresaba la deformación. En la figura 4a se han representado los valores de K asociados a una corrección por estructura progresiva. La línea horizontal corresponde al valor mínimo de K para el cual ambas poblaciones no pueden diferenciarse estadísticamente. Como se puede apreciar, K sólo supera dicho valor límite para una corrección de alrededor de un 30% (valor máximo para 35%). Este resultado indica que la magnetización de las rocas de la Formación Hoyada Verde es sintectónica, es decir, fue adquirida coetáneamente con el plegamiento del anticlinal de Sierra de Barreal. Cabría mencionar aquí la alta improbabilidad de que estos resultados sean la consecuencia de procesos de remagnetización independientes en ambos perfiles, considerando la proximidad de los mismos (Fig. 2), ambos sobre flancos distintos de un mismo anticlinal, así como por los idénticos comportamientos magnéticos de las muestras de ambos flancos (Fig. 3) y su equivalencia litológica y temporal.

En la tabla 1 se presentan los valores de **mre** obtenidos para cada muestra, así como las direcciones medias para cada flanco y para el total de las muestras analizadas. Asimismo, se presentan estos últimos valores luego de una corrección estructural total y parcial del 35%. A partir de la dirección media de **mre**, corregida en un 35%, se ha calculado un polo paleomagnético (PP) para la Formación Hoyada Verde, cuyos parámetros estadísticos también se señalan en la tabla 1.

Por las características ya señaladas de tratarse de una magnetización sintectónica, el PP corresponde a la edad del plegamiento de la Formación Hoyada Verde y no a la edad geológica de la misma. En la figura 5 se representa la curva de desplazamiento polar aparente (**cdpa**) de América del Sur, para el intervalo Carbonífero medio-Jurásico, así como los PP que la integran (Oviedo y Vilas, 1984). Con la sigla C6 se ha identificado el PP y el correspondiente óvalo del 95% de confianza, calculados para la Formación Hoyada Verde. Los PP de áreas estables de América del Sur, de edad carbonífera tardía, también se han representado con sus respectivos círculos del 95%

TABLA 1. RESUMEN DE LA INFORMACION OBTENIDA DEL ESTUDIO PALEOMAGNETICO REALIZADO SOBRE ROCAS DE LA FORMACION HOYADA VERDE

Perfil	Muestra No.	M.R.E. (*in situ*) Dec. (o)	Inc. (o)	N	K	A95 (o)	Corr. Estr. Az. (o)	Buz. (o)	M.R.E. (correg.) Dec. (o)	Inc. (o)	N	K	A95 (o)	P.P. Lat.S (o)	Long.W (o)	D1 (o)	D2 (o)
B	H 4	137,5	52,0				323	56	84,7	27,2							
	H 5	166,0	65,5				323	56	82,8	40,8							
	H10	185,0	49,0				323	56	105,0	51,8							
	H13	133,0	54,5				323	56	91,0	21,8							
	H15	121,0	55,0				323	56	86,6	16,3							
	H17	114,0	68,0				323	56	73,6	21,6							
	H17B	181,5	64,5				323	56	82,4	46,6							
	H20	161,0	63,0				323	56	86,2	37,9							
	H27	133,0	67,0				323	56	78,7	27,3							
	H36	139,5	60,0				323	56	87,2	27,3							
	H37	171,0	66,0				323	56	81,9	42,0							
	H42	175,0	54,0				323	56	98,1	45,3							
Promedio Perfil B		152,5	62,8	12	37,0	7,2	323	56	85,9	34,1	12	37,0	7,2				
Promedio Perfil B (Corr. 35%)									116,2	59,7	12	37,0	7,2				
C	H44	122,5	43,0				160	40	169,5	54,0							
	H45	122,0	43,0				160	40	169,2	54,3							
	H46	108,0	31,5				160	40	141,2	56,3							
	H47	97,0	46,0				160	40	157,9	71,6							
	H48	126,5	42,5				160	40	171,3	51,2							
	H49	123,0	49,0				160	40	179,2	56,3							
Promedio Perfil C		116,4	43,0	6	62,8	8,5	160	40	165,6	57,8	6	62,8	8,5				
Promedio Perfil C (Corr. 35%)									128,5	51,6	6	62,8	8,5				
Promedio B+C		136,4	57,5	18	19,5	8,0			102,7	47,2	18	7,6	13,4				
Promedio B+C (Corr. 35%)									120,9	57,1	18	38,0	5,7	41,9	356,2	8,3	6,0

Nota. El polo paleomagnético ha sido calculado a partir de la dirección promedio de mre corregida parcialmente (35%) por estructura. D1 y D2 son los semiejes, mayor y menor, del óvalo de 95% de confianza. Más referencias en el texto

de confianza; a excepción de C1 y C3, cuyos A95 de 12° y 15°, respectivamente (Oviedo y Vilas, 1984), son excesivamente grandes y no representativos de la dispersión de los polos del Carbonífero superior. Como puede observarse, la posición de C6 es muy cercana a la de los PP sudamericanos de dicha edad, existiendo intersección con los A95 de algunos de ellos. Esto significa que la remagnetización de la Formación Hoyada Verde ocurrió durante el Carbonífero tardío, al igual que el plegamiento que la afecta, dado el carácter sintectónico de aquélla. La polaridad reversa, hallada en todas las muestras analizadas, es consistente con la edad magnética asignada, pues la remagnetización se habría producido durante el Intervalo Magnético Kiaman, de polaridad reversa (Irving y Parry, 1963). El Anticlinal de Hoyada Verde debe tener, entonces, una probable edad carbonífera tardía, no pudiendo ser más joven que el límite carbonífero-pérmico. Nótese que la ubicación de P6, el PP correspondiente a la Formación Cochicó (Vilas y Valencio, 1982) de edad 283±5 Ma (Pérmico Inferior temprano) indica, para dicho momento, una posición polar para América del Sur completamente alejada de aquéllas del Carbonífero tardío.

La importante deformación, que afecta a las secuencias carboníferas de Sierra de Barreal, fue asignada por Mésigos (1953) a movimientos post-pensylvanianos y pre-triásicos. Como se mencionara en la Introducción, más recientemente, Furque y Cuerda (1984) denominaron Movimientos Barreálicos a los que causaron el plegamiento de las rocas carboníferas de la Precordillera Occidental, haciendo llegar dichos movimientos hasta el Pérmico Inferior. Azcuy y Caminos (1987), por su parte, denominaron a estos movimientos 'Fase Diastrófica San Rafael', a la que ubicaron hacia fines del Pérmico Inferior (270-265 Ma) y cuya máxima expresión se observa en diferentes sectores de la Cordillera Frontal. Llambías y Sato (1990), por su parte, han acotado la edad de esta fase tectónica en la Cordillera Frontal del norte de San Juan (aproximadamente entre los 29,5° y 30,5°S) entre *ca.* 290 y 265 Ma, es decir, fundamentalmente pérmica inferior. No cabe duda que la mayor parte del plegamiento del anticlinal de Hoyada Verde ocurrió luego de la depositación de las secuencias del Carbonífero superior (Mésigos, 1953), durante la denominada Fase Pituílica (Furque y Cuerda, 1984), la que es considerada, generalmente, como equivalente de la Fase Orogénica San Rafael. Los resultados paleomagnéticos obtenidos indican que los movimientos que plegaron el Anticlinal de Hoyada Verde no pertenecerían a esta fase tectónica o que la misma tendría una edad no más joven que el límite del Carbonífero-Pérmico en Sierra de Barreal. Su edad sería coincidente, entonces, con importantes esfuerzos compresivos ocurridos en el límite entre el Carbonífero-

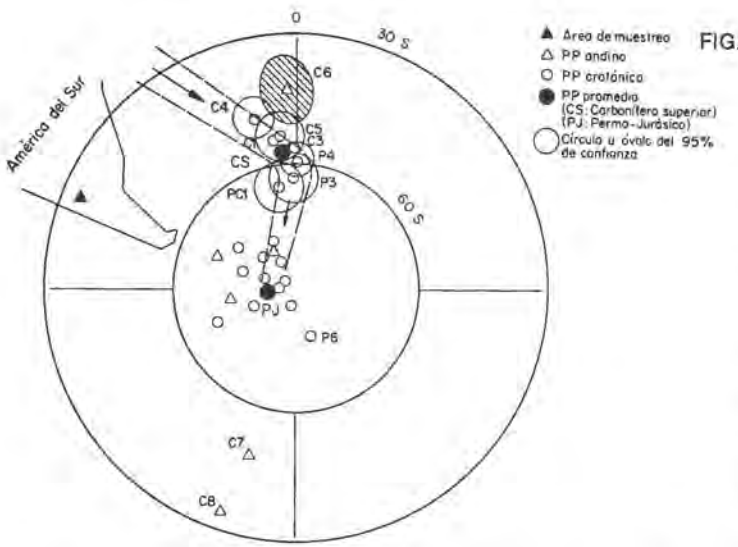

FIG. 5. Posición del polo paleomagnético de la Formación Hoyada Verde (C6) y su respectivo óvalo del 95% de confianza (óvalo sombreado) respecto a la curva de desplazamiento polar aparente de América del Sur, para el intervalo carbonífero superior-jurásico medio, y los polos paleomagnéticos que la integran. Estos han sido diferenciados según provengan de áreas estables o de la franja andina. Se señalan también los círculos de confianza menores que 10° de los polos cratónicos del Carbonífero superior. C7, C8 y P13 corresponden a otras unidades neopaleozoicas de la región, que experimentaron grandes rotaciones tectónicas en el Pérmico. Más referencias en el texto y en Oviedo y Vilas (1984) y Rapalini (1989).

Pérmico, en el ámbito del Bloque de San Rafael (Moreno Peral y Salvarredi, 1984) y que generaron pliegues asimétricos, volcados y fallados. El mantener la correlación del plegamiento de Sierra de Barreal con la Fase Orogénica San Rafael, implicaría un evidente diacronismo de dicha fase en distintos sectores de la cadena andina argentino-chilena.

La existencia de remagnetizaciones sintectónicas, en los cinturones plegados, sólo ha comenzado a ser considerada como un fenómeno frecuente, en los últimos años, a partir del sustancial incremento del número de estudios paleomagnéticos en dichas regiones (Miller y Kent, 1986, 1988, entre otros). Si bien la naturaleza de los mecanismos de remagnetización no es fácilmente determinable, ellos podrían ser puramente térmicos, termoquímicos o piezomagnéticos (Schmidt y Embleton, 1987). De todas formas, en opinión de estos autores, las remagnetizaciones en las zonas orogénicas se producirían, en general, durante la deformación, mientras existe un flujo térmico aumentado por el proceso deformativo. Oliver (1986), por su parte, relacionó la remagnetización con la migración tectónica de fluidos activos en zonas orogénicas. Es éste el primer caso de una remagnetización sintectónica hallada en rocas aflorantes en la Argentina, y viene a confirmar la absoluta necesidad de pruebas de control tectónico de los resultados paleomagnéticos cuando se trabaja en regiones orogénicas.

Estudios paleomagnéticos recientes, realizados en otras unidades neopaleozoicas de la Cordillera Frontal y Precordillera Occidental (Rapalini, 1989; Vilas y Rapalini, 1989, entre otros), han determinado la existencia de bloques corticales rotados en sentido horario, según ejes verticales, en dichas regiones. Tales rotaciones, de entre 60° y 90°, ocurrieron, de acuerdo con los estudios paleomagnéticos mencionados, durante el Pérmico Inferior tardío. Los bloques rotados comprenden los afloramientos de las formaciones Majaditas (área 1, Fig. 1), Yalguaraz y Portezuelo del Cenizo (área 2, Fig. 1). Las rotaciones *in situ* han sido interpretadas (Rapalini, 1989) como causadas por una subducción oblicua de la Placa Oceánica Protopacífica hacia el noreste, durante el Pérmico Inferior. La obtención de un PP de edad carbonífera superior para la Formación Hoyada Verde, coincidente con los polos cratónicos de América del Sur, indica que el anticlinal homónimo está ubicado en un bloque cortical diferente de los anteriores, y que no experimentó ninguna rotación tectónica significativa. Este diferente comportamiento tectónico de los bloques de Hoyada Verde y Majaditas, permite explicar las sustantivas diferencias halladas en los datos direccionales de paleocorrientes entre ambas formaciones. Estos han dado, en el caso de la Formación Hoyada Verde, una orientación aproximada de norte a sur (González, 1981; López Gamundí, 1983); mientras que, para la Formación Majaditas las direcciones medidas tienen un sentido general ENE-WSW (López Gamundí, 1983). La corrección de la dirección de paleocorrientes obtenida para la Formación Majaditas, por una rotación tectónica horaria de dicho bloque de 80° (Rapalini *et al.*, 1989) resulta en una dirección original de paleocorrientes entre NNW y N, coincidente con las halladas en la Formación Hoyada Verde.

La determinación de que el bloque de Hoyada Verde no ha tenido ninguna rotación tectónica significativa sugiere que el proceso de subducción obli-

cua, postulado para explicar las rotaciones de los bloques de Majaditas y Yalguaraz-Portezuelo del Cenizo, produjo, durante el Pérmico, un patrón tectónico complejo de rotaciones de bloques corticales sobre este sector del margen continental gondwánico.

Finalmente, la coincidencia del polo de la Formación Hoyada Verde con los de áreas estables de América del Sur, confirma, desde un punto de vista paleomagnético, que cualquier hipótesis de aloctonía de esta región, para tiempos postcarboníferos, como la sugerida originalmente por Vilas y Valencio (1982), ha quedado invalidada.

CONCLUSIONES

El estudio paleomagnético realizado en muestras de la Formación Hoyada Verde, recolectadas sobre ambos flancos del braquianticlinal homónimo en Sierra de Barreal, ha permitido determinar que las mismas son portadoras de una remanencia magnética estable. La realización de una prueba de plegamiento sobre las direcciones de remanencia estable, aisladas, indicó que esta remanencia es una remagnetización experimentada por esta unidad, coetáneamente con el plegamiento. El correspondiente polo paleomagnético obtenido es coincidente con los polos de América del Sur del Carbonífero superior. Esta posición ha permitido datar la remagnetización y, concomitantemente, el plegamiento del braquianticlinal de Hoyada Verde como producidos en el Carbonífero tardío. El polo coincidente con los cratónicos indica, a su vez, que el bloque cortical que comprende a la Formación Hoyada Verde no fue afectado por el proceso de rotaciones tectónicas que afectaron, en dicha región, a otras unidades neopaleozoicas, durante el Pérmico. La posición coincidente con los polos cratónicos permite, a su vez, descartar cualquier posibilidad de aloctonía de esta región para tiempos postcarboníferos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad de Buenos Aires y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por el apoyo material brindado para realizar el presente estudio. Al Dr. O. López Gamundí (de la Universidad de Buenos Aires) por su guía geológica y colaboración en las tareas de campo. Al Dr. E. Oviedo (de la Universidad de Buenos Aires) por algunas interesantes discusiones sobre métodos estadísticos de análisis de magnetizaciones sintectónicas. Al Editor y a los Dres. M.E. Beck, Jr. (Western Washington University, Department of Geology), A. García (Geoestudios-Chile) y V.A. Ramos (Universidad de Buenos Aires) árbitros de esta contribución, por sus acertadas sugerencias.

REFERENCIAS

Azcuy, C.L.; Caminos R. 1987. Diastrofismo. *In* El Sistema Carbonífero en la República Argentina (Archangelsky, S.; editor). *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba,* p. 239-253. Argentina.

Fisher, R.A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A,* Vol. 217, p. 295-306.

Furque, G.; Cuerda, A.J. 1984. Estilos tectónicos de la Precordillera. *In Congreso Geológico Argentino, No. 9, Actas,* Vol. 2, p. 368-380. San Carlos de Bariloche.

González, C.R. 1981. Pavimento glaciario en el Carbónico de la Precordillera. *Revista de la Asociación Geológica Argentina,* Vol. 36, No. 3, p. 262-266.

Graham, J.W. 1949. The stability and significance of magnetism in sedimentary rocks. *Journal of Geophysical Research,* Vol. 54, p. 131-167.

Hervé , F.; Godoy, E.; Parada, M.A.; Ramos, V.A.; Rapela, C.; Mpodozis, C.; Davidson, J. 1987. A general view on the Chilean-Argentine Andes, with emphasis on their early history. *In* Circum-Pacific Orogenic Belts and Evolution of the Pacific Basin (Monger, J.; Francheteau, J.; editors). *American Geophysical Union, Geological Society of America, Geodynamics Series,* Vol. 18, p. 97-113.

Irving, E.; Parry, L.G. 1963. The magnetism of some Permian rocks from New South Wales. *The Geophysical Journal of the Royal Society,* Vol. 7, p. 395-411.

López Gamundí, O. 1983. Origen y sedimentología de las diamictitas del Paleozoico Superior de la República Argentina. Tesis de Doctorado (Inédito). *Universidad de Buenos Aires,* 260 p. Argentina.

López Gamundí, O.; Azcuy, C.L.; Cuerda, A.; Valencio, D.A.; Vilas, J.F. 1987. Cuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata. *In* El Sistema Carbonífero en la

República Argentina (Archangelsky, S.; editor). *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, p. 102-132. Argentina.

Llambías, E.J.; Sato, A.M. 1990. El Batolito de Colangüil (29-31°S), Cordillera Frontal de Argentina: Estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 17, No. 1, p. 89-108.

McFadden, P.L.; Jones, D.L. 1981. The fold test in palaeomagnetism. *The Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, Vol. 67, No. 1, p. 53-58.

McFadden, P.L.; Lowes, F.J. 1981. The discrimination of mean directions drawn from Fisher distributions. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, Vol. 67, p. No. 1, 19-33.

Mésigos, M. 1953. El Paleozoico Superior de Barreal y su continuación austral. Serie de Barreal (Provincia de San Juan). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. 8, No. 2, p. 65-109.

Miller, J.D.; Kent, D.V. 1986. Synfolding and prefolding magnetizations in the Upper Devonian Catskill Formation of eastern Pennsylvania. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, p. 12791-12803.

Miller, J.D.; Kent, D.V. 1988. Regional trends in the timing of Alleghanian remagnetization in the Appalachians. *Geology*, Vol. 16, p. 588-591.

Moreno Peral, C.A.; Salvarredi, J.A. 1984. Interpretación del origen de las estructuras anticlinales del Pérmico Inferior en el Bloque de San Rafael, Provincia de Mendoza. *In Congreso Geológico Argentino, No. 9, Actas*, Vol. 2, p. 396-413. San Carlos de Bariloche.

Oliver, J.; 1986. Fluids expelled tectonically from orogenic belts: their role in hydrocarbon migration and other geologic phenomena. *Geology*, Vol. 14, No. 2, p. 99-102.

Oviedo, E.S.; Vilas, J.F. 1984. Movimientos recurrentes en el Permo-Triásico entre el Gondwana Occidental y el Oriental. *In Congreso Geológico Argentino, No. 9, Actas*, Vol. 3, p. 97-114. San Carlos de Bariloche.

Rapalini, A.E. 1989. Estudio paleomagnético del vulcanismo permotriásico de la región andina de la República Argentina. Consecuencias tectónicas y geodinámicas. Tesis de Doctorado (Inédito). *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas*, 278 p. Buenos Aires.

Rapalini, A.E.; Vilas, J.F.; Valencio, D.A. 1987. ¿Bloque rotado o terreno alóctono en la Cordillera del Tigre? *In Congreso Geológico Argentino, No. 10, Actas*, Vol. 4, p. 276-278. San Miguel de Tucumán.

Rapalini, A.E.; Vilas, J.F.; Bobbio, M.L.; Valencio, D.A. 1989. Geodynamic interpretations from paleomagnetic data of Late Paleozoic rocks in the Southern Andes. *In* Deep Structure and Past Kinematics of Accreted Terranes (Hillhouse, J.W.; editor). *American Geophysical Union, Geophysical Monography Series*, No. 50, Vol. 5, p. 41-57.

Schmidt, P.W.; Embleton, B.J.J. 1987. A critique of paleomagnetic results from Australian Paleozoic fold belts and displaced terranes. *In* Terrane accretion and orogenic belts (Leitch, E.C.; Scheibner, E.; editors). *American Geophysical Union, Geodynamics Series*, No. 19, p. 21-30.

Valencio, D.A. 1980. El magnetismo de las rocas. *EUDEBA*, 351 p. Buenos Aires.

Vilas, J.F.; Rapalini, A.E. 1989. Tectonic significance of Late Paleozoic paleomagnetic data from the Argentine Andean chain. *In Tectonic Evolution of the Andean chain Symposium, International Geological Congress, Abstract*, Vol. 28, No. 3, p. 299-300. Washington D.C.

Vilas, J.F.; Valencio, D.A. 1982. Implicancias geodinámicas de los resultados paleomagnéticos de formaciones asignadas al Paleozoico tardío-Mesozoico temprano del centro-oeste argentino. *In Congreso Latinoamericano de Geología, No. 5, Actas*, Vol. 3, p. 743-758. Buenos Aires.

Zijderveld, J.D.A. 1967. AC demagnetization of rocks: analysis of results. *In* Methods in paleomagnetism (Collinson, D.W.; Creer, K.M.; Runcorn, S.K.; editors). *Elsevier*, p. 254-286. Amsterdam.