

Revisión de las teorías acerca del origen del arco de las Sierras Australes de Buenos Aires

María Silvia JAPAS

CONICET. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires.

ABSTRACT. *The origin of the Sierras Australes de Buenos Aires arc: a review.* Structural characteristics of the Northwestern arc from the Sierras Australes de Buenos Aires are analysed. Several hypothesis concerning the origin of the bend were postulated since 1952: They are explained and discussed in this paper. New evidences, as progressive deformation fabrics, culminations/alignments relations, and micro and mesofabric correlations among others, indicate that the extensional megakink theory shows the best fit for the observed structural pattern. This hypothesis involves progressive deformation in a NW-SE trending dextral shear setting. Some correlations between the extensional megakink theory and the *c/c'* type fabric evolutions are pointed out in this paper.

Introducción

Las Sierras Australes se localizan en el sector suroeste de la provincia de Buenos Aires, conformando un llamativo elemento orográfico positivo en la extensa llanura pampeana. Este sistema está constituido por conjuntos de cordones subparalelos: las sierras de Puán, de Pigüé, de Curamalal, de Bravard, en el sector noroccidental, y las sierras de la Ventana (la cual da nombre al Sistema de Ventania), de las Tunas y de Pillahuincó, en el sector sudoriental (Fig. 1a). Si bien la cadena presenta un marcado desarrollo longitudinal en dirección noroeste-sudeste, Cobbold *et al.* (1989) distinguen en ella dos sectores bien definidos (Fig. 1a): al noroeste, el arco (plegado y fracturado radialmente) y al sudeste, el tramo rectilíneo (plegado y fracturado transversalmente).

En este trabajo se discutirán las distintas teorías que intentan explicar el origen del arco noroccidental de las Sierras Australes de Buenos Aires (Fig. 1), agrupándolas según el esquema clasificatorio secuencial o cronológico de Carey (1955). Este autor reúne los orógenos arqueados en dos grupos, según que el arqueamiento sea un rasgo original (arcos primarios o no rotacionales) o el resultado de una deformación sobrepuesta (arcos secundarios, rotacionales u oroclinos). Para mayores detalles acerca de las características de orógenos curvos y de nuevas propuestas de clasificación se remite al lector a los trabajos de Ries y Shackleton (1976), Marshak (1988), Ferrill y Groshong (1993), Marshak *et al.* (1992), entre otros.

Síntesis geológica de las Sierras Australes

A continuación se presentará una breve síntesis de las principales características geológicas de las sierras. Para mayores detalles se remite al lector a los trabajos generales recopilatorios de Llambías y Prozzi (1975), Harrington (1980), Japas (1988b), Andreis *et al.* (1989, 1996), y Dimieri y Di Nardo (1995).

Las Sierras Australes presentan un particular ordenamiento estratigráfico-espacial. El intervalo transcurrido desde el Precámbrico tardío hasta el Paleozoico tardío-Triásico medio, se encuentra hoy representado por afloramientos que hacia el naciente van disminuyendo ordenadamente su edad.

Así, en el sector occidental (cerros del Corral, Pan de Azúcar y San Mario) afloran granitos, riolitas y sus derivados deformados asignados al Precámbrico tardío por Harrington (1947), Kilmurray (1968) y Varela y Cingolani (1975). Estas unidades fueron agrupadas bajo la denominación de Formación Sauce Chico por Cuerda *et al.* (1975) y constituyen el basamento de la cubierta sedimentaria paleozoica. En el faldeo occidental de la Sierra de Curamalal asoman riolitas y tobas riolíticas recristalizadas (Koukharsky en Japas y Sellés Martínez 1999) supuestamente precámbricas. La edad radiométrica carbónica de 348 ± 21 Ma y 317 ± 14 Ma (Cingolani y Varela 1973, Varela 1973) parece responder a un rejuvenecimiento isotópico (Andreis y Japas 1996).

Hacia el este afloran las unidades pertenecientes a los ciclos sedimentarios paleozoicos. En primer térmi-

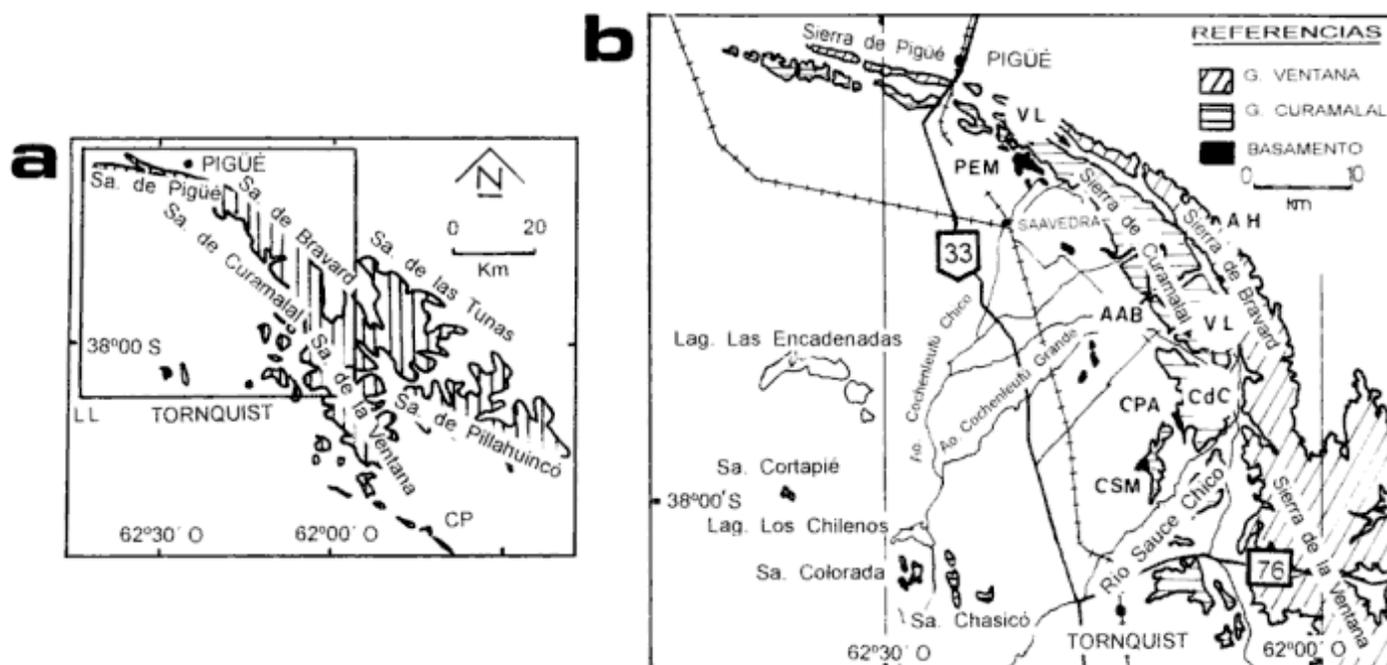


Figura 1: a. Mapa de ubicación. LL: López Lecube, CP: Cerro de las Piedras. En el recuadro se muestra el área de estudio. b. Mapa geológico del Arco Noroccidental de las Sierras Australes de Buenos Aires. VL: Valle Longitudinal, AH: Abra de Hinojo, AAB: Abra de Agua Blanca, CPA: Cerro Pan de Azúcar, CdC: Cerro del Corral, CSM: Cerro San Mario, PEM: Puesto El Malabar.

no, el Grupo Curamalal (I Ciclo Sedimentario de Andreis *et al.* 1989) está compuesto por una sucesión de rocas mayoritariamente cuarcíticas de ambiente de plataforma. Este Grupo, que comienza con un conglomerado basal (Andreis y López Gamundi 1989) ha sido dividido en cuatro unidades formales por Harrington (1947): formaciones La Lola, La Mascota, Trocadero e Hinojo, en orden decreciente de edad, y su espesor total ha sido estimado por este autor en 1250 m. Trabajos más recientes (*e.g.* Cellini *et al.* 1986) reducen significativamente la potencia de este ciclo.

El Grupo Ventana (II Ciclo Sedimentario de Andreis *et al.* 1989) está constituido por una serie fundamentalmente cuarcítica de 1250-1400 m de espesor, de características similares al anterior. Está compuesto por las formaciones Bravard, Napostá, Providencia y Lolén (portadora de fósiles eodévónicos) y se dispondría transgresivamente sobre el Grupo Curamalal mediante un hiatus de erosión entre ambos (Harrington 1947). Se produciría dentro de este Grupo el pasaje de un ambiente de plataforma estable (Fms. Bravard, Napostá y Providencia) a uno inestable (Fm. Lolén) (Andreis 1964). Recientemente, Tomezzoli (1997) correlaciona al Grupo Ventana con el Grupo Curamalal.

El Grupo Pillahuincó comprende la sucesión sedimentaria más joven afectada por plegamiento. Se trata de una sucesión heterolítica neopaleozoica (Carbónico tardío ? - Pérmico - Triásico temprano ?) aflorante en el sector oriental del Sistema. Este Grupo está constituido por las Formaciones Sauce Grande, Piedra Azul, Bonete y Tunas y sobreyace en relación

seudoconcordante al anterior (Andreis y Japas 1996 y Andreis *et al.* 1996).

Desconectado del cuerpo serrano principal aparece, cubierto por depósitos cuaternarios, la sienita cuarcífera de López Lecube (Llambías *et al.* 1976) (Fig. 1a). Según Cingolani y Varela (1973), este cuerpo de carácter posttectónico, indicaría el último evento magmático vinculado a la evolución tectónica de las Sierras Australes. Estas rocas ígneas han sido datadas por Cingolani y Varela (1973) en 227 ± 32 Ma (Rb/Sr sobre roca total) y 240 ± 12 Ma (K/Ar sobre roca total). Estudios paleomagnéticos posteriores arrojan una edad pérmica tardía (Tomezzoli y Vilas 1997, Tomezzoli 1997).

Completan la columna estratigráfica depósitos cenozoicos que evidencian la existencia de un gran hiatus, que abarcaría desde el Triásico medio (?) hasta el Mioceno (?).

El plegamiento constituye la estructura más destacable del sistema serrano (Harrington 1947). A escala regional este autor describió dos arcos orográfico-tectónicos cóncavos hacia el sudoeste cuyas máximas inflexiones se localizan en el Abra de Agua Blanca (más definido) y en el Cerro de las Piedras. Sobre la base de las características del plegamiento Harrington (1947) esbozó la primera partición de la deformación para las Sierras Australes al reconocer dos sectores: occidental, más deformado, y oriental.

En el sector occidental, afectando a las unidades cuarcíticas de los grupos inferiores, existen culminaciones y anticulminaciones axiales bien definidas, cuya

Tabla 1: Dominios estructurales en las Sierras Australes de Buenos Aires. Tomado de Andreis *et al.* (1996), sobre la base de la propuesta de Japas (1995a). En este nuevo esquema de partición, los cuatro primeros dominios corresponden al sector occidental de Harrington (1947). pvs=provergente senestral; pvd=provergente dextral; d=dextral.

DOMINIO		REGIMEN DEFORMATIVO LOCAL	FABRICA DEFORMACIONAL	MICROZONAS DE CIZALLA	LINEACIÓN DE ESTIRAMIENTO
ARCO NOROCCIDENTAL	Sector Norte Sector Central Sector Sur	Transpresión Transpresión dextral Transtensión dext.	Plana Plana-Aplastamiento Plana	Az.100° pvs Az.150° pvd Az. 40° d	190°/20° 230°/50° 210°/20°
TRAMO RECTILINEO	Sector Occidental Sector Oriental	Transpresión dextral Transpresión dextral	Aplastamiento-Plana Aplastamiento	Az.165° pvd Az.165° d	235°/60° Escasa

localización depende de la unidad litológica involucrada. Los buzamientos de los ejes de los pliegues son relativamente mayores que en el sector oriental, alcanzando valores de entre 10 y 12°. Puede apreciarse una variación en la intensidad del plegamiento, que disminuye hacia el este, y la modificación sistemática de la disposición espacial de ciertos elementos estructurales tales como clivaje, dirección e inclinación del plano axial, lineación de estiramiento y fracturación. La vergencia de los pliegues del sector occidental es fuerte a moderada hacia el noreste. Mayormente el plegamiento aparece asociado a corrimientos subordinados. Relacionadas a los limbos invertidos de los pliegues volcados aparecen frecuentemente fallas inversas de alto ángulo (Cucchi 1966, Kilmurray 1975, Leone 1986, entre otros), que afectan también al basamento. Un sistema de fallas transversales contemporáneas con el plegamiento (Amos y Urien 1968, Massabie y Rossello 1985, Japas 1988a, 1988b) atraviesan el sistema serrano con orientación sublatitudinal. El metamorfismo alcanza, en este sector, la facies de esquistos verdes (Iñíguez 1969, Lluch 1974 en Andreis *et al.* 1989, von Gosen *et al.* 1991), pasando transicionalmente hacia el este a facies de metamorfismo más bajo (véase sector oriental).

El sector oriental presenta, en cambio, una lineación por plegamiento casi rectilínea. Algunos autores (Harrington 1947, Suero 1957) mencionan el desarrollo de un suave arco cóncavo al sudoeste. Los ejes de los pliegues presentan buzamientos constantes en dirección sudeste (5 a 10°). Puede apreciarse un plegamiento menos intenso (pliegues paralelos) con longitudes de onda y amplitudes sensiblemente menores, con suave vergencia al noreste (localmente al sudoeste) y un clivaje menos desarrollado. Según Lluch (1974 en Andreis *et al.* 1989) y von Gosen *et al.* (1991) el metamorfismo es de grado muy bajo (anquimeta-morfismo).

En la actualidad, el reconocimiento de nuevos elementos estructurales ha permitido elaborar una partición de la deformación más acabada a la escala de las Sierras Australes (Cobbold *et al.* 1987, 1991, Japas 1991a, 1993a, 1995a, Andreis *et al.* 1996-véase Tabla 1).

La deformación del sistema habría acontecido durante el Pérmico temprano (Tomezzoli y Vilas 1997,

Tomezzoli 1997) o tardío (Andreis y Japas 1996, López Gamundi *et al.* 1995), edad acotada por la deformación sindeposicional observada en la sucesión de la Formación Tunas (Japas 1986, 1988b, 1989b, Cobbold *et al.* 1991, López Gamundi *et al.* 1995) y la existencia de muy baja deformación interna en la sienita de López Lecube (Cobbold *et al.* 1987). Tomezzoli y Vilas (1996, 1997) y Tomezzoli (1997) obtienen un polo paleomagnético pérmico temprano para la magnetización sintectónica a postectónica de las sedimentitas de la Formación Tunas.

Características del arco noroccidental

Las rocas que componen este arco pertenecen al basamento ígneo-metamórfico y a los Grupos Curamalal y Ventana (Fig. 1b).

En función de las diferentes asociaciones de estructuras observadas, el arco fue subdividido por Japas (1991a, 1993a, 1993b, 1995a) en tres zonas (Tabla 1 y Fig. 1b): Zona Norte (sierras de Pigué y Puán), Zona Centro (sierras de Curamalal y Bravard) y Zona Sur (afloramientos correspondientes al área de los cerros San Mario, Pan de Azúcar y del Corral). Las estructuras correspondientes a cada una de ellas se sintetizan en el Tabla 2 y en la Fig. 2.

Resulta conveniente destacar aquí que, a partir de información gravimétrica y magnetométrica, Kostadinoff y Albouy (1988) infirieron una estructuración predominante NNE-SSO y ESE-ONO para el subsuelo de la región occidental del arco.

Nuevos aportes al conocimiento del arco

Se describirán a continuación algunas observaciones que brindan información de importancia para el análisis de la evolución del arco.

1. Cobbold *et al.* (1987) y Japas (1991a, 1993a, 1995b) reconocen algunos lineamientos mayores en el área occidental. Puede apreciarse, a partir de la observación de la Fig. 3, la relación existente entre la localización

Tabla 2: Micro y mesoestructuras en el área analizada. Basado en Hurtado (1992); Cucchi (1962); Juan (1989); Bussio (1990); Japas (1991a); Varela *et al.* (1986); Cobbold *et al.* (1991); Delpino y Dimieri (1991,1992); Kilmurray (1969); Ducós (1994,1995); Japas y Sellés Martínez (1999), Dimieri *et al.* (1990); Massabie y Rossello (1986); von Gosen *et al.* (1990). Para mayor detalle de las estructuras de la zona Sur veáse Japas (1995a). pv: proverdente; av: antiverdente; dx: dextral; sns: senestral.

CUBIERTA PALEOZOICA			
ESTRUCTURA	ZONA NORTE (ZN)	ZONA CENTRO (ZC)	ZONA SUR (ZS)
Plegamiento	110° G.Curamalal 117° G.Ventana	135°-145°	150°- 200°
Clivaje	110°	135°-145°	150° - 200°
Lineación de Estiramiento	190°-200°	Ninguna (AAB) a subvertical baja/220°	20°/210°
Fábrica deformacional	Plana-Constriccional	Aplastamiento (AAB) a Plana	Plana
Deformación interna finita	Z/X = 0,56 Z/Y = 0,92	Z/X = 0,56 Z/Y = 0,60 (AAB)	Z/X = 0,35 Z/Y = 0,56
Estructuras s/c	100° pv sns	En dirección inclinación ss	210° pv dx 150° av dx
Milonitas	110° s;	No hay información	185°
Recristalización	5%	20%	5-50%
Fracturación	25°/90° - /10°/90°	210°/85°SO	25°/80°E
Diaclasas	60°/90° - 140°/90° - 80°/90°	260°/86°N	55°/90°
Fallas	200°/90° - 90°/90° - 300°/40° SO		220° dx-275° sns
Bandas kink	No hay información	No hay información	Contraccionales: 80° sns y 120° dx
BASAMENTO			
ESTRUCTURA	ZONA NORTE (ZN)	ZONA CENTRO (ZC)	ZONA SUR (ZS)
Clivaje		135°	185°- 150°
Lineación estiramiento		145° (235°)	019°
Fábrica deformacional		Aplastamiento/Plana	Plana
Estructuras s/c		145°-150° dx, pv dx (90° sns)	185° dx 220° pv dx 196° 59°NO dx - 150° dx (110° pv sns)
Milonitas		145° - 100° - 040° 104°/65°S - 217°/81°NO 141°/64°SO - 165°/64°SO	185° 200°
Recristalización	NO EXISTEN AFLORAMIENTOS DE BASAMENTO EN EL SECTOR NORTE DEL ARCO	Hacia el sur aumenta la recristalización dinámica	Alta recristalización. Recristalización estática de cuarzo
Fracturación		20°/90° - 143°/90°	145°/30°SO
Diaclasas		60°/90° - 153°/90° 105°/60°S - 35°/90° 70°/90° 99°/66°S - 216°/79°NO 139°/61°SO - 63°/78°SE 173°/65°O - 150°/37°NE	150°/24°NE 149°/66°SO 176°/29°O
Fallas		115°/90° - 215°/90°	
Bandas kink		Extensionales: 110°/50-70°NE pv sns 76°/38°NO sns y 80°/70oS dx	No hay información

de los megalineamientos principales y subordinados descritos por Japas (1995b) y las culminaciones en la dirección axial del plegamiento de los Grupos Curamalal y Ventana. Resulta conveniente destacar aquí que, según Harrington (1947) y Cobbold *et al.* (1987), la culminación principal del sistema se localiza en el tramo central del arco.

2. Nuevas evidencias microtectónicas halladas en el área Puesto El Malabar (PEM, Fig. 1b) señalan la existencia de fajas de cizallamiento senestral de dirección Az.110°, desarrolladas con posterioridad al cizal-

amiento dextral principal de dirección Az. 145° (Japas y Sellés Martínez 1999).

3. Las megabandas que definen los lineamientos principales (Japas 1995b) presentan una distribución asimétrica con respecto a la dirección de estiramiento impuesta por el sistema deformativo dextral regional, patrón que es coincidente con aquél esperado si se consideran las características no coaxiales del proceso deformativo. La rotación dextral de las megabandas tiene incidencia directa en la definición de las características transtensionales o transpresivas de los lineamientos

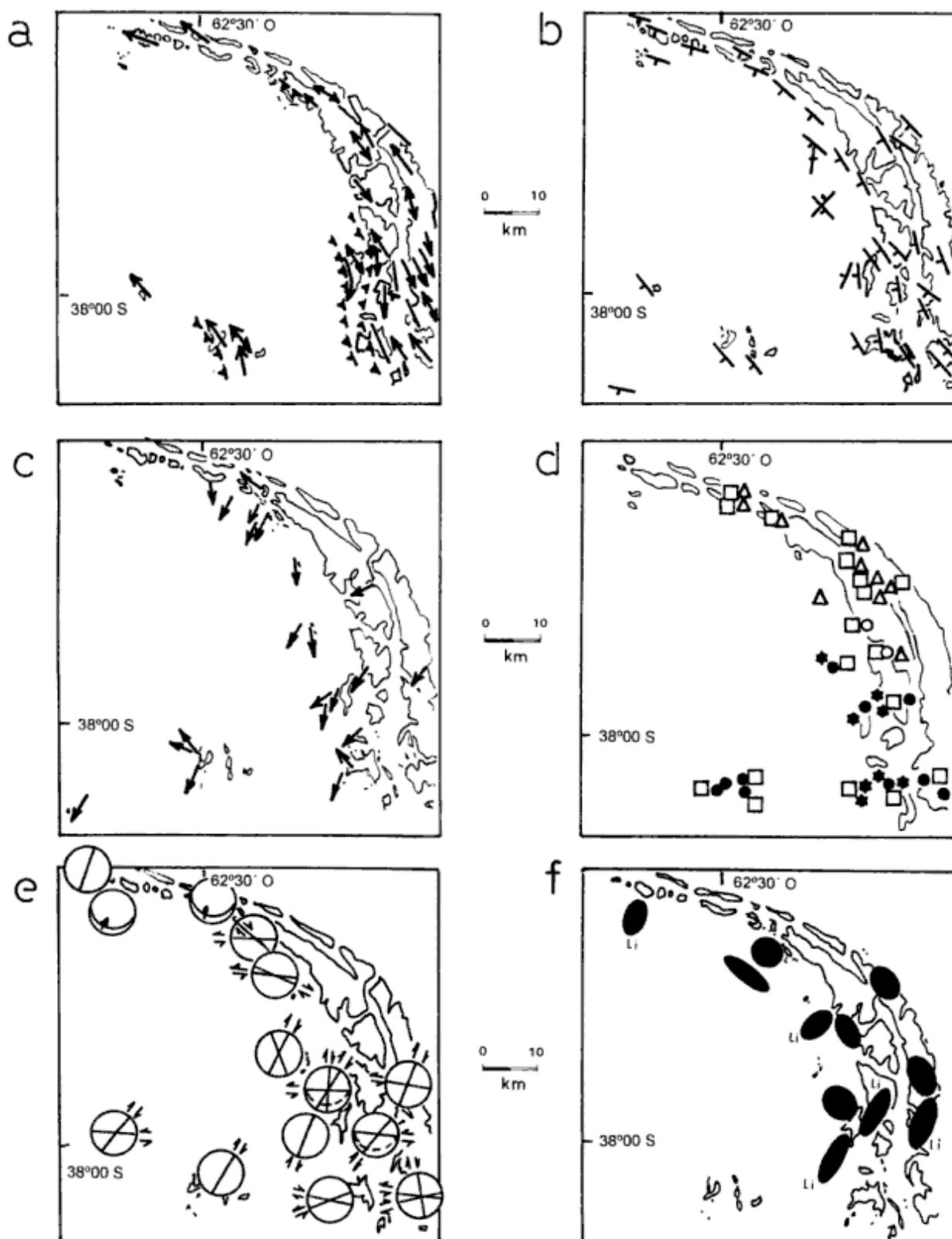


Figura 2: Elementos estructurales del arco noroccidental de las Sierras Australes de Buenos Aires. **a,** Lineación de plegamiento (las flechas indican la dirección de buzamiento del eje) y fallamiento relacionado (trazas discontinuas). **b,** Clivaje. **c,** Lineación de estiramiento. **d,** Metamorfismo, según von Gosen *et al.* (1990) (cuadrado: incipiente formación de subgrano; triángulo: recristalización sintectónica; círculo vacío/círculo lleno: incipiente/static annealing; asterisco: static annealing). **e,** Zonas de cizalla (representación estereográfica, hemisferio inferior). **f,** Deformación interna finita (Elipses de deformación finita). Li: Limbo invertido. Referencias bibliográficas en la Tabla 2.

Transcurrencia regional dextral vs transcurrencia regional senestral

Si bien a escala del margen austral del Gondwana, el cizallamiento regional senestral parece ser el régimen operante (Japas 1998), a la escala de las sierras la transcurrencia dextral (que von Gosen *et al.* 1990 no mencionan y que Sellés Martínez 1986, 1989 asigna a la cizalla complementaria del régimen senestral sublatitudinal) es el modelo deformativo más apropiado para explicar características como rotaciones pasivas dextrales, desviación antihoraria entre ejes de pliegues/clivaje/plano XY, existencia de indicadores cinemáticos dextrales, etc. (e.g. Japas 1988a, 1988b, 1989a, 1989b, 1991b, 1992a, 1992b, 1992c, Cobbold *et al.* 1987, 1989, 1991).

Además, en el esquema de cizallamiento senestral de Sellés Martínez (1986, 1989), la mayor deformación interna debería observarse en los alrededores de Pigüé, característica ésta que no ha sido observada ni descrita por ningún autor. Más aún, la mayor deformación interna localizada en la región del Lineamiento Sauce Chico, estaría señalando la importancia que esta megabanda reviste en la configuración del arco (hecho destacado oportunamente por Varela *et al.* 1985). Al respecto conviene mencionar nuevamente que esta mayor deformación se relacionaría con la presencia de fluidos (Japas 1995a). El modelo transtensional mencionado por Japas (1993a, 1995a) para los lineamientos dextrales se ve corroborado también por la existencia del cuerpo intrusivo de López Lecube en el área correspondiente al Lineamiento o Megakink Cerro Cortapié (Fig.3, véase Sanderson y Marchini 1984, Fig.5, p.452). Con respecto al Megakink Sauce Chico, conviene destacar que el modelo de evolución progresiva para la estructuración secundaria del área de los cerros del Corral-San Mario de Japas (1995a) permanecería aún vigente.

Orogeno vs oroclino

Las evidencias microestructurales halladas por Japas y Sellés Martínez (1999) señalan la superposición de un cizallamiento senestral sublatitudinal póstumo al cizallamiento dextral principal NO-SE (similar a aquél del tramo rectilíneo sudoriental) bajo un modelo de deformación progresiva.

Una de las características diagnósticas citadas por Cobbold *et al.* (1987) en favor de su propuesta orogénica, es el hecho que el mayor ancho de afloramiento se observe en el sector central del arco (Abra de Agua Blanca). Sin embargo, el ancho de afloramiento en esta región es similar a aquél correspondiente al tramo rectilíneo (que ellos denominan Cuenca Sudoriental). Si consideramos que en realidad el ancho de afloramiento se habría reducido en los extremos del arco,

la propuesta de Japas (1995b) aparece como más probable. Así, las variaciones en el ancho de afloramiento de las unidades estratigráficas a través del arco pueden ser explicadas a partir del desarrollo de megabandas kink extensionales conjugadas. Las dimensiones de los afloramientos correspondientes al arco central y al tramo rectilíneo sudoriental reflejarían el área no deformada por las megabandas. Dentro de los megalineamientos Sauce Chico y Pigüé, la reducción del ancho de afloramiento sería el producto de la rotación geométrica (Ramsay y Huber 1987, Fig. 26.28, p.614), la cual podría conducir a un boudinage interno (*Internal boudinage*) si las bandas interactuaran.

Por otro lado, la existencia de una culminación principal en un sector aledaño al Abra de Agua Blanca es interpretada en este trabajo, no como el resultado de un corredor (Cobbold *et al.* 1987), sino como el resultado del desarrollo próximo de los dos megakinks extensionales principales (Fig. 3). Esto estaría avalado, además, por la relación existente entre la localización de las culminaciones y los megakink extensionales, descrita en los capítulos anteriores (Fig. 3). Todo esto apuntaría hacia la definición de un origen extensivo para las culminaciones y anticulminaciones descritas por Harrington (1947), modificándose o complementándose, la propuesta compresional previa de Japas (1988, 1989, 1992). Estas evidencias, y otras aportadas por Japas (1991a) y Japas y Sellés Martínez (1999) parecerían indicar que la formación del arco se relaciona más con los últimos estadios deformativos que se superponen a la fase de estructuración principal del sistema (Japas 1995b) que a la presencia de un corredor inicial.

Cobbold *et al.* (1991) se refieren a la ausencia de deformación por transcurrencia en las rocas de la Formación Hinojo como característica definitoria de su modelo. Resulta conveniente recordar que, en el vecino sector de la Ea. La Mascota (riolitas del Puesto El Malabar), Japas y Sellés Martínez (1999) han hallado evidencias de transcurrencia dextral en dirección Az.145°-150° (a veces asociada a cizallamiento protergente), previa al cizallamiento senestral sublatitudinal. Con anterioridad y sobre la base de las características de la microfábrica deformacional de los conglomerados de la Formación La Lola en el Abra de Agua Blanca, Japas (1991a) concluye que en esta zona la componente de corrimiento es equivalente a aquella de transcurrencia. Cobbold *et al.* (1991) señalan, también, que la cantidad de sobrecorrimiento disminuye desde el Abra de Agua Blanca hacia el noroeste hasta desaparecer. Con respecto a ello conviene destacar que la deformación en las Sierras Australes ha sido fundamentalmente heterogénea, razón por la cual resulta discutible referir como característica definitoria la reducción de la componente de corrimiento en determinadas direcciones sobre la base de observaciones en escasos puntos, sobre todo si se tiene en cuenta que estas

observaciones fueron realizadas sobre las rocas esquistosas de la Fm. Hinojo (unidad que sólo aflora en el Valle Longitudinal, en las proximidades del Abra del Hinojo). Como ejemplo basta con mencionar que en el área Puesto El Malabar, sobre las ya mencionadas riolitas deformadas heterogéneamente, Japas y Sellés Martínez (1999) identifican tanto fajas de transcurrencia dominante como fajas de cizallamiento provergente dominante. Además, la inexistencia de deformación señalada por estos autores en el extremo noroccidental del arco (desaparición de la componente de sobrecorrimiento hacia Puán e inexistencia de transcurrencia en el arco) no parece compatible con las evidencias citadas por otros autores (Massabie y Rossello 1986, para el área de Puán, y Japas 1991a, para el sector occidental de las sierras de Pigüé).

La propuesta de Japas (1995b) explicaría tanto el arco antitaxial menor del cerro de las Piedras como el suave arco sintaxial del extremo sur de la Sierra de la Ventana (el cual aparentemente no encontraría explicación en el modelo físico de Cobbold *et al.* 1991).

Tal como ocurre en los modelos físicos de desarrollo de bandas kink, estas estructuras se localizan principalmente en zonas con problemas de compatibilidad de la deformación, tal como parece ser el caso en las Sierras Australes, donde se generan en las cercanías del contacto entre el basamento y la cubierta sedimentaria (Fig. 3).

Por otro lado, la similitud geométrico-cinemática entre la propuesta de evolución de Japas (1995b) y el desarrollo de microestructuras *c/c'* descrito por Passchier y Trouw (1996) hacen altamente probable este modelo.

Al no existir afloramientos al norte de Pigüé, las propuestas de Cobbold *et al.* (1991) y Japas (1995b) no pueden ser confrontadas en este aspecto. La ausencia de deformación interna en esta región, hoy cubierta, favorecería la hipótesis de Cobbold *et al.* (1991), ya que las fajas arqueadas constituyen el límite entre las zonas no deformadas y deformadas en el modelo físico, mientras que la repetición del patrón estructural del sector central del arco apoyaría la propuesta de Japas (1995b). Sin embargo, si se considera la interpretación estructural de Russo *et al.* (1980) para el basamento precretácico de la cuenca de Macachín (localizada a 40 km al noroeste de Pigüé) parecería confirmarse la hipótesis de Japas (1995b), ya que según aprecian los autores mencionados sobre la base de información sísmica, este basamento (al que equiparan con los depósitos de los Grupos Curamalal, Ventana y Pillahuincó de las vecinas Sierras Australes) se encontraría plegado y fallado, con levantamiento estructural al este.

En referencia a las propuestas de Cobbold *et al.* (1987, 1991) conviene, además, discutir algunas de sus observaciones:

-Con respecto a la orientación del Lineamiento Sauce Chico, Cobbold *et al.* (1991) proponen una orientación

norte-sur para la cizalla dextral en el área cerro del Corral - cerro. San Mario, la cual no concuerda con la existencia de pliegues cuyos ejes se orientan en la dirección Az. 195°-200° (Cobbold *et al.* 1991, Ducós 1994, 1995). Para explicar la actitud de estos pliegues se requeriría una orientación más cercana al Az. 35°-40° (paralela al Lineamiento Sauce Chico, según Japas 1995a, Ducós 1994, 1995). Autores como Varela *et al.* (1985, 1986), Massabie y Rossello (1986), Dimieri *et al.* (1990), Delpino y Dimieri (1992) y Cobbold *et al.* (1991, Fig. 12) describen zonas de cizalla con esta orientación en este sector del arco austral (cerros del Corral-San Mario, cantera de Agua Blanca, sierras de Chasicó, Colorada y Cortapié).

-La asimetría en la forma del arco (generada por rotación antihoraria) no es en sí misma una evidencia en favor del modelo propuesto por Cobbold *et al.* (1991), ya que la naturaleza no coaxial del régimen deformativo siempre conlleva el desarrollo de estructuras asimétricas durante su evolución. Vale decir, que esta característica avalaría todas las propuestas de deformación no coaxial.

-La dirección de transporte tectónico relevada en el ámbito de las Sierras Australes es bastante uniforme regionalmente, a diferencia de lo que sucede en el modelo analógico presentado por Cobbold *et al.* (1991), en el que se evidencia una fuerte variación.

-Finalmente, con anterioridad a estos autores, Japas (1988b) señaló que la deformación observada en las Sierras Australes podría ser homologada a una deformación transpresiva dextral generada a partir del control ejercido por una estructura previa del basamento (falla) de orientación NO-SE, durante un evento cizallante senestral regional (Japas 1988b, Fig. VIII.11, p.325).

Conclusiones

Sobre la base de la discusión aquí expuesta se concluye que las nuevas evidencias estructurales favorecerían el modelo oroclinal, por deformación progresiva no coaxial-dextral, propuesto por Japas (1995b). Entre ellas merecen destacarse:

-La relación de la microestructura con la megaestructura en los dominios del arco.

-La aparición tardía de las bandas kink extensionales a distintas escalas.

-La relación entre los megakinks reconocidos (principales y subordinados) con la existencia y localización de las culminaciones en la dirección axial de los pliegues.

-La orientación relativa entre las megabandas y la dirección de estiramiento impuesto por el sistema deformativo regional. Esta orientación relativa guarda similitudes con respecto a aquella esperada de un

modelo teórico de rotación dextral. Esta coincidencia teórica se verifica también en el mayor desarrollo relativo de la megabanda Sauce Chico con respecto a la megabanda Pigüé y en el carácter transtensional de la primera.

-La existencia de un suave arco sintaxial en el sector sudoriental de las Sierras Australes de Buenos Aires.

-La notoria correlación geométrica y cinemática existente entre cizalla regional dextral/Megabanda Sauce Chico y estructuras microestructurales de tipo *c/c'* descriptas por Passchier y Trouw (1996). En este esquema la Megabanda Pigüé se relacionaría con el juego subordinado conjugado a *c'*.

-El significado regional de la presencia de rocas sedimentarias precretácicas deformadas como basamento de la Cuenca de Macachín.

Finalmente se concluye que, tal como se verifica en otros ejemplos de sistemas de deformación no coaxiales naturales estudiados recientemente por la autora (Bloque de Chadileuvú y Macizo Norpatagónico Septentrional y Oriental, Japas 1998), la evolución prolongada en el tiempo de estos regímenes conduce a la generación de megaestructuras extensionales tales como las descriptas, las cuales han sido equiparadas en este trabajo con estructuras del tipo *c/c'*.

Agradecimientos

La autora agradece a J. Sellés Martínez por la lectura del manuscrito original. Se desea agradecer a R. R. Andreis y a un árbitro anónimo por sus valiosas sugerencias, las cuales mejoraron notoriamente la calidad del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Amos, A.J. y Urien, C.M., 1968. La falla "Abra de la Ventana" en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 23(3):197-206.
- Andreis, R.R., 1964. Petrología del Grupo eodévónico de Lolén, Sierras Australes (Provincia de Buenos Aires). *Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas*, 5: 79-124.
- Andreis, R.R. y Japas, M.S., 1996. Cuencas Sauce Grande y Colorado. En: S. Archangelsky (Ed.): *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*, pp. 45-64. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Andreis, R.R. y López Gamundi, O.R., 1989. Paleocorrientes e interpretación paleoambiental de la secuencia paleozoica del cerro Pan de Azúcar. Sierras Australes, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas 1° Jornadas Geológicas Bonaerenses*: 953-966. Bahía Blanca.
- Andreis, R.R., Japas, M.S. y Rodríguez, S., 1996. Excursión Geológica N° 1: Sierras Australes de Buenos Aires (Ventania). 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 32p., Buenos Aires.
- Andreis, R.R., Iñiguez Rodríguez, A.M., Lluch, J.J. y Rodríguez, S., 1989. Cuenca paleozoica de Ventania. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds.): *Cuencas sedimentarias argentinas. Serie Correlación Geológica*, 6:265-298. San Miguel de Tucumán.
- Bussio, D., 1990. Análisis meso y microestructural de la Formación Providencia, Quebrada del Arroyo Providencia. NE Abra del Chaco, Sierra de Bravard, Sierras Australes de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 98p. (inédito).
- Carey, S.W., 1955. The orocline concept in geotectonics. *Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 89:255-289.
- Cobbold, P.R., Gapais, D. y Rossello, E.A., 1991. Partitioning of transpressive motions within a sigmoidal foldbelt: The Variscan Sierras Australes, Argentina. *Journal of Structural Geology*, 13(7):743-758.
- Cobbold, P.R., Massabie, A.C. y Rossello, E.A., 1987. Hercynian wrenching and thrusting in the Sierras Australes Foldbelt, Argentina. *Hercynica*, 2(2):135-148.
- Cobbold, P.R., Massabie, A.C. y Rossello, E.A., 1989. Importancia del cizallamiento dúctil en la evolución geotectónica de las Sierras Australes bonaerenses. *Actas 1° Jornadas Geológicas Bonaerenses*: 1047-1054. Bahía Blanca.
- Cellini, N., Rodríguez, S., González, G., Balod, M., Guerin, D., Silva, O. y Vega, V., 1986. Interpretación de las relaciones de facies de las series epiclásticas paleozoicas del cerro Curamalal Grande, Sierras Australes Bonaerenses. *Resúmenes 2° Reunión de Sedimentología*: 197-200. La Plata.
- Cingolani, C.A. y Varela, R., 1973. Examen geocronológico por el método Rb/Sr de las rocas ígneas de las Sierras Australes bonaerenses. *Actas 5° Congreso Geológico Argentino*, 1:349-371. Buenos Aires.
- Cucchi, R.J., 1962. Petrofábrica del conglomerado de La Lola, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédito).
- Cucchi, R., 1966. Petrofábrica del conglomerado de la Formación La Lola, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21(2):71-106.
- Cuerda, A.J., Cingolani, C.A. y Barranquero, H.R., 1975. Estratigrafía del basamento precámbrico en la comarca de los cerros Pan de Azúcar-del Corral, Sierras Australes (provincia de Buenos Aires). *Actas 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, 1:57-63. Buenos Aires.
- Delpino, S. y Dimieri, L.V., 1991. Análisis de la deformación sobre rocas del basamento aflorantes en el faldeo occidental del Cerro del Corral, Sierras Australes Bonaerenses. *Acta 7° Reunión sobre Microtectónica*, 53-1. Bahía Blanca.
- Delpino, S.H. y Dimieri, L.V., 1992. Características de la deformación y cinemática de las rocas del basamento. Perfil Las Lomitas. Sierras Australes de Buenos Aires. *Acta 8° Reunión sobre Microtectónica*, 11-14. S.C.Bariloche.
- Dimieri, L.V. y Di Nardo, L.R., 1995. Sierras Australes, Buenos Aires, Argentina: Field Guide. *Curved Orogenic Belts: their nature and significance*, 28p. Buenos Aires.
- Dimieri, L.V., Grecco, L. y Frisciale, M.C., 1990. Microestructuras en el granito Aguas Blancas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 21(1/4): 53-60.
- Ducós, I.E., 1994. Análisis micro y mesoestructural del área Cerro de los Terneros. Sierras Australes de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 100p. (inédito).
- Ducós, I.E., 1995. Análisis meso y microestructural del Cerro de los Terneros. Sierras Australes de Buenos Aires. *Actas 4° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, 1: 265-272. Junín.

- Ferrill, D.A. y Groshong, R.H. Jr., 1993. Kinematic model for the curvature of the northern Subalpine Chain, France. *Journal of Structural Geology*, 15 : 523-541.
- Harrington, H.J., 1947. Explicación de las Hojas Geológicas 33m (Sierra de Curamalal) y 34m (Sierra La Ventana). Provincia de Buenos Aires. Dirección de Minería y Geología, Boletín, 61. Buenos Aires.
- Harrington, H.J., 1980. Sierras Australes de Buenos Aires. En: Turner, J.C. (Ed.): Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, 2, pp. 967-983. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Hurtado, S.I., 1992. Geología y estructura de la porción occidental de las Sierras de Puán y Pigué, provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédito).
- Iñiguez, A.M., 1969. Evolución de los minerales de las arcillas en las Formaciones paleozoicas de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Actas 4º Jornadas Geológicas Argentinas, 1:397-408. Buenos Aires.
- Japas, M.S., 1986. Caracterización geométrico-estructural del Grupo Pillahuincó. I. Perfil del Arroyo Atravesado, Sierra de las Tunas, Sierras Australes de Buenos Aires. *Anales Academia Nacional de Ciencias*, 38:145-156.
- Japas, M.S., 1988a. Las bandas kink en las Sierras Australes de Buenos Aires. Características geométricas e hipótesis acerca del origen de las mismas. Acta 5º Reunión sobre Microtectónica, 90-95. Córdoba.
- Japas, M.S., 1988b. Análisis cuantitativo de la deformación en el sector oriental de las Sierras Australes de Buenos Aires y su implicancia geodinámica. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 359 p. (inédito).
- Japas, M.S., 1989a. Las Sierras Australes de Buenos Aires: Nuevas evidencias de un sistema de deformación en un régimen transpresivo. Actas Reunión sobre Geotranssectas de América del Sur, 203-207. Montevideo.
- Japas, M.S., 1989b. Análisis de la deformación en las Sierras Australes de Buenos Aires. *Anales Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41:193-215. Buenos Aires.
- Japas, M.S., 1991a. Análisis microtectónico de la fábrica deformada del conglomerado de la Formación La Lola. Sierras Australes de Buenos Aires. Acta 7º Reunión sobre Microtectónica: 85-91. Bahía Blanca.
- Japas, M.S., 1991b. Minor structures in Sierras Australes (Buenos Aires province, Argentina) and their contribution to the interpretation of the structural evolution of the system. *Mitteilungen aus dem Geologischen Institut ETH Zurich, Neue Folge*, 239b: 168.
- Japas, M.S., 1992a. La evolución estructural del sector oriental de las Sierras Australes de Buenos Aires revelada a través de sus estructuras menores. *Monografías Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8: 115-122.
- Japas, M.S., 1992b. La deformación de la Formación Sauce Grande. Sierras Australes de Buenos Aires. *Monografías Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8: 109-114.
- Japas, M.S., 1992c. Análisis tridimensional de la deformación interna finita de la Formación Bonete. Sierras Australes de Buenos Aires. *Monografías Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8: 103-108.
- Japas, M.S., 1993a. Evolución estructural del sector noroccidental de las Sierras Australes de Buenos Aires. Acta 8º Reunión sobre Microtectónica: 55-59. San Carlos de Bariloche.
- Japas, M.S., 1993b. Structural evolution of the northwestern arc from the Sierras Australes foldbelt. Buenos Aires province, Argentina. *Terra Abstracts, Abstract Supplement 2*, 5: 16.
- Japas, M.S., 1995a. Evolución estructural de la porción austral del arco de las Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 49(3/4): 368-372.
- Japas, M.S., 1995b. El Arco Noroccidental de las Sierras Australes de Buenos Aires: Producto de megakinks extensionales durante el progreso de la deformación? *Actas 4º Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 1: 257-263. Junín.
- Japas, M.S., 1998. El Bloque de Chadileuvú: Splay neopaleozoico de la Megazona de cizalla Río Colorado? Homenaje al Dr. Arturo J. Amos, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53(1): 14-15.
- Japas, M.S. y Sellés Martínez, J., 1999. Análisis de la microfábrica deformacional del basamento en el Puesto El Malabar, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53(3): 317-324.
- Juan, R.C., 1989. Análisis micro y mesoestructural de la Formación Lolén en el sector aledaño al Abra del Chaco, Sierras de Bravard y de la Ventana, Sierras Australes de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 136p. (inédito).
- Kilmurray, J.O., 1968. Petrología de las rocas ígneas de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo La Plata*, 6(45): 155-188.
- Kilmurray, J.O., 1969. Lineaciones columnares de clivaje en las rocas deformadas del Abra Agua Blanca y Cerro Pan de Azúcar. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24(33): 239-252.
- Kilmurray, J.O., 1975. Las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Las fases de deformación y nueva interpretación estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 30(4): 331-343.
- Kostadinoff, J. y Albouy, R., 1988. Estudio de las anomalías gravimagnéticas en el área del intrusivo de López Lecube, Laguna Las Encadenadas y Sierra del Cortapié, provincia de Buenos Aires. Acta 2º Jornadas Geológicas Bonaerenses: 481-488. Bahía Blanca.
- Leone, E.M., 1986. Geología de los Cerros Tornquist y Recreo, Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41(1/2): 117-123.
- López Gamundí, O.R., Conaghan, P.J., Rossello, E.A. y Cobbold, P.R., 1995. The Tunas Formation (Permian) in the Sierras Australes Foldbelt, east central Argentina: evidence for syn-tectonic sedimentation in a foreland basin. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(2): 129-142.
- Llambías, E.J. y Prozzi, C.E., 1975. Ventania. *Relatorio 6º Congreso Geológico Argentino*: 70-101. Bahía Blanca.
- Llambías, E.J., Palacios, M. y Danderfer, J.C., 1976. Petrología de la Cantera López Lecube, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 7(3/4): 83-87.
- Marshak, S., 1988. Kinematics of orocline and arc formation in thin-skinned orogens. *Tectonics*, 7(1): 73-86.
- Marshak, S., Wilkerson, M.S. y Hsui, A.T., 1992. Generation of curved fold-thrust belts: Insight of simple physical and analytical models. En: McClay, R.K. (Ed.): *Thrust Tectonics*, pp. 83-92. Chapman and Hall, London.
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A., 1985. Fallamiento de segundo orden en el Abra de la Ventana, Sierras Australes de Buenos Aires. Acta 2º Reunión sobre Microtectónica: 23-26. Bahía Blanca.
- Massabie, A.C. y Rossello, E.A., 1986. Significado de las fajas de microbrechas en el basamento eruptivo y los Grupos Curamalal y Ventana, Sierras Australes de Buenos Aires. Acta 3º Reunión sobre Microtectónica: 91-93. La Plata.
- Passchier, C.W. y Trouw, R.A.J., 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, 256 p. Berlin.

- Ramsay, J.G. y Huber, M.I., 1987. The Techniques of modern Structural Geology. Volumen 2: Folds and fractures. Academic Press, 700 p, Oxford.
- Ries, A.C. y Shackleton, R., 1976. Patterns of strain variation in arcuate fold belts. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A 283: 281-288.
- Rossello, E.A. y Massabie, A.C., 1981. Micro y mesoestructuras en las Formaciones Lolén y Sauce Grande y sus implicancias tectónicas. Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(3): 272-285. Buenos Aires.
- Rossello, E.A. y Massabie, A.C. 1993. Caracterización tectónica del kinking mesoscópico de las Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47(2): 179-188.
- Russo, A., Ferello, R. y Chebli, G., 1980. Llanura Chaco-Pampeana. En: Turner, J.C. (Ed.): Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, 1, pp. 139-183. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Sanderson, D.J. y Marchini, W.R.D., 1984. Transpression. *Journal of Structural Geology*, 6: 449-458.
- Sellés Martínez, J., 1986. Las Sierras Australes de Buenos Aires: Su vinculación a un cizallamiento regional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41(1-2): 187-190.
- Sellés Martínez, J., 1989. The structure of Sierras Australes (Buenos Aires-Argentina). An example of folding in a transpressive environment. *Journal of South American Earth Sciences* 2(4): 317-329.
- Soula, J.-C., 1984. Genese de bassins sedimentaires en regime de cisaillement transcurrent: Modeles experimentaux et exemples geologiques. *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, 93(1-2): 83-104.
- Suero, T. 1957. Geología de la Sierra de Pillahuincó (Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires). LEMIT, serie 2(74): 5-31. La Plata.
- Tomezzoli, R.N., 1997. Geología y Paleomagnetismo en el ámbito de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 306 p. (inédito).
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J.F., 1996. Paleomagnetismo del Grupo Pillahuincó en Sierra de la Ventana (Estancias Las Julianas y San Carlos). *Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 2:485-488. Buenos Aires.
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J.F., 1997. Estudios paleomagnéticos preliminares y de fábrica magnética en afloramientos de López Lecube (38º lat.S, 62º long.O) y González Chaves (38º lat. S, 60º long. O), en las cercanías de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52(4): 419-432.
- Varela, R., 1973. Edad Rb-Sr de las rocas ígneas de La Mascota-La Hermita, Partido de Saavedra, provincia de Buenos Aires. *Anales Sociedad Científica Argentina*, 195(1-2): 71-80. Buenos Aires.
- Varela, R. y Cingolani, C.A., 1975. Nuevas edades radimétricas del basamento aflorante en el perfil del Cerro Pan de Azúcar-Cerro del Corral y consideraciones sobre la evolución geocronológica de las rocas ígneas de las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires. *Actas 6º Congreso Geológico Argentino*, 1: 543-556. Bahía Blanca.
- Varela, R., Dalla Salda, L.H. y Cingolani, C.A., 1985. Estructura y composición geológica de las Sierras Colorada, Chasicó y Cortapié. Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40(3-4): 254-261.
- Varela, R., Leone, E.M. y Manceda, R., 1986. Estructura tectónica en la zona del Cerro del Corral, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41(3-4): 256-261.
- von Gosen, W., Buggisch, W. y Dimieri, L.V., 1990. Structural and metamorphic evolution of the Sierras Australes (Buenos Aires province/Argentina). *Geologisches Rundschau*, 79(3): 797-821.
- von Gosen, W., Buggisch, W. y Krumm, S., 1991. Metamorphism and deformation mechanisms in the Sierras Australes fold and thrust belt (Buenos Aires province, Argentina). *Tectonophysics*, 185: 335-356.
- Zambrano, J.J. 1953. Contribución al conocimiento petrográfico y geológico del extremo SE de la Sierra de las Tunas (provincia de Buenos Aires, República Argentina). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, (inédito).

Recibido: 17 de febrero, 1997

Aceptado: 30 de noviembre, 1998