

# LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES Y EVOLUCIÓN EXTENSIONAL DE LA PLATAFORMA NEOPROTEROZOICA-EOPALEOZOICA DE LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

JOSÉ SELLES-MARTINEZ\*

**ABSTRACT** STRUCTURAL TRENOS AND EXTENSIONAL EVOLUTION OF THE NEOPROTEROZOIC-EOPALEOZOIC SHELF OF SIERRAS SEPTENTRIONALES, BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA. The important role that preexisting planar anisotropies, oriented N40/60E, N90E and N45W, have played in the deformation of the precambrian-cambrian and silurian sedimentary cover of Sierras Septentrionales and in the tectonic evolution of the area is outlined. This evolution is characterized by the preeminence of extensional regimes. Even during Gondwanide Orogeny (which folded the Sierras Australes, to the South-Southwest of Sierras Septentrionales outcrops) and possibly due to its reduced thickness and the thick-skinned mode of deformation, the cover could not develop true folds. Regional warping of the beds is interpreted as a "dome and basin" structure associated to drag on regional faults surrounding the blocks, slightly tilted to the South. Outcrop lithology inside each block is controlled by second order sinistral strike slip faults, trending Northwest. Extensional structures like "clay diapirs" and hydraulic breccias are here interpreted of diagenetic origin, indicating extension of the shelf, and not as compressional structures resulting from a later compressive episode.

*Keywords:* Structure, geodynamic evolution.

**RESUMEN** Se destaca la importancia que, en la deformación de la cubierta sedimentaria de edad precámbrica-cámbrica y silúrica, han tenido las anisotropías de orientación N40/60E, N90E y N45W previamente establecidas en el basamento de las Sierras Septentrionales. Si bien la historia deformativa posterior del área registraría fundamentalmente episodios distensivos, aun durante la orogenia gondwanica (que afectó intensamente a las Sierras Australes), y debido probablemente a la extrema delgadez de la cubierta, no pudo desarrollarse sobre esta una estructura de plegamiento. Los pliegues regionales, vinculados al arrastre asociado a la tectónica de bloques definen una geometría de domos y cubetas, sin embargo, fallas menores, subverticales, con componentes de rumbo sinistral al N45W, controlan en general la litología de los afloramientos, produciendo modulación de segundo orden sobre la estructura regional de bloques inclinados al Sur. Estructuras extensionales tales como "diapiros", de arcilla y brechas hidráulicas, son consideradas evidencias de deformación diagenética en un ambiente extensional y no producidas por compresiones posteriores.

*Palabras clave:* Estructura, evolución geodinámica.

**INTRODUCCIÓN** La estructura de las Sierras Septentrionales ha sido estudiada en detalle en lo que respecta a su basamento (véanse González Bonorino *et al.* 1956, Teruggi *et al.* 1974 a y b, Iñiguez *et al.* 1989, entre otros), pero han sido relativamente pocos los trabajos que se han ocupado de la deformación en las secuencias sedimentarias, salvo en algunos aspectos de su evolución tectónica (Schiller 1930, Harrington 1940, González Bonorino 1954), ya que la mayoría de los trabajos dedicados al estudio de la cubierta tienen carácter estratigráfico y sedimentológico (véanse Bonhomme & Cingolani 1980, Iñiguez *et al.* 1989, para una extensa bibliografía). Nájera (1919), Harrington (1940) y González Bonorino (1954) describen y discuten el significado de diferentes estructuras de fallamiento y plegamiento que afectan a la secuencia sedimentaria de las Sierras Bayas y reconocen el carácter primario de los domamientos estromatolíticos (anteriormente interpretados como pliegues tectónicos) y, en forma similar, los pliegues que se observan en algunos niveles de calizas son considerados sinsedimentarios.

**GEOLOGIA GENERAL** **Estratigrafía** El basamento de las Sierras Septentrionales está caracterizado por una compleja historia geológica que culmina con la peneplanización previa a la deposición de las secuencias no metamorizadas del Precámbrico-Paleozoico Inferior, características de una plataforma continental. El cuadro 1, generalizado de Ramos *et al.* (1990) e Iñiguez *et al.* (1989),

resume la estratigrafía correspondiente. En los bloques que integran las Sierras Bayas se ha preservado de la erosión la secuencia precámbrica-eopaleozoica más completa de las Sierras Septentrionales. Es importante destacar, sin embargo, que la columna sedimentaria muestra un espesor bastante modesto, si se compara con los espesores correspondientes a ambientes de deposición similares en otras cuencas.

**La estructura de las Sierras Septentrionales** Si bien la demarcación de lineamientos de afloramiento ha sido realizada en esta instancia sobre mapas preexistentes de muy reducida escala (Bonhomme & Cingolani 1980, Iñiguez *et al.* 1989), es posible identificar una serie de fracturas de carácter regional que limitan los afloramientos en su conjunto. Las Sierras Septentrionales presentan evidente orientación NW-SE, alcanzando longitud aproximada de 350 km y ancho máximo (perpendicular a la cadena en su parte media) de unos 50 km acunándose los afloramientos hacia ambos extremos, tal como puede observarse en el mapa de la figura 1.

El conjunto de las Sierras presenta orientación S50E en su borde NE. Su límite SW mantiene orientación similar entre Olavarría y Juárez, pero cambia bruscamente al S80E al sur de la Sierra de la Guitarra, actitud que conserva hasta Punta Mogotes, donde su intersección con la lineación del borde NE produce la desaparición de los afloramientos por

\* Laboratorio de Paleomagnetismo, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina

Cuadro 1 - Unidades aflorantes en las Sierras Septentrionales. Basado en Iñiguez et al. (1989) y Ramos et al. (1990)  
 Chart 1 - Stratigraphic units of Sierras Septentrionales. After Iñiguez et al. (1989) and Ramos et al. (1990)

	F. Balcarce F. Cerro Negro	(Ordovícico)
Grupo Sierras Bayas	Caliza Loma Negra F. Cerro Largo F. Villa Monica Metabasaltos San Lino Intrusivos diabásicos Metavulcanitas Brigitte	(Precámbrico Superior)  (Indefinida entre 1.700 y 900 Ma) (Dos grupos de 1.750 Ma y 450 Ma) (Entre 1.800 y 1.750 Ma)
"Basamento"	Granitos Poscolisionales (Entre 1.700 y 1.800 Ma) Formación El Cortijo Granitoides orogénicos Basamento Gneissico	(Mayor que 1.800 Ma) (Entre 2.100 y 1.900 Ma) (Superior a 2.100 Ma)

acuñamiento. Las fracturas señaladas en la figura la (inferidas a partir de los mapas geológicos regionales) tienen dimensiones mayores que el centenar de kilómetros, pero su reconocimiento en el terreno se encuentra sumamente dificultado por la cubierta cuartana y el retroceso de la escarpa de falla por erosión. Una observación más detallada permite percibir que ambos márgenes muestran indentaciones producto de la interacción de otros sistemas de fracturación (Fig. 1b). Así, por ejemplo, pueden identificarse cuatro bloques principales (coincidentes, en parte, con sub-divi-

siones anteriormente realizadas en base a consideraciones petrológicas) cuyos límites correspondientes se describen a continuación:

El Bloque de Balcarce presenta forma trapezoidal, tanto sus límites NE y SW como austral responden a los lineamientos regionales señalados, su borde occidental esta dado por un lineamiento orientado al N90E. El Bloque de Tandil presenta características similares, aunque la interferencia de otros lineamientos es muy evidente en sus bordes Este y Norte. El Bloque de Azul, caracterizado por la reducida extensión de los afloramientos de la cubierta neoproterozoica, muestra un notable desplazamiento de su límite SW hacia el Este con respecto a la línea de los anteriores, y su borde oriental no se alinea con la dirección general de las Sierras como consecuencia probable de la fragmentación interna del bloque, tal como se puede ver en el próximo ítem. El Bloque de Olavarría constituye el extremo noroccidental de las Sierras, su borde SW se alinea con el del Bloque de Azul, siendo sus otros límites más difusos en razón del acuñamiento observable a escala regional. Los lineamientos que definen estos bloques presentan dimensión típica de 50 km (bordes SW y NE) y 100 km (Bordes sublatitudinales).

Un tercer nivel de observación (Fig. 1c) permite identificar una serie de lineaciones que fragmentan los bloques anteriores, constituyendo bordes de serranías o alineamientos de afloramientos dispersos.

N10E: Aparece más claramente en el Bloque de Tandil.

N40E: Aparece mejor desarrollada en los bloques del NW, bordean, por ejemplo, los afloramientos del basamento en el bloque de Azul por el SE.

N90E: Aparece fragmentando todos los bloques y alcanza notable desarrollo en el Bloque de Olavarría.

S50E: De notable desarrollo en toda el área. Son paralelas al borde regional SW de las Sierras. Aparecen también como lineamientos subordinados en el interior de los bloques y sub-bloques.

Las dimensiones generales de estas fracturas son menores de 50 km y es difícil establecer el orden de intersección sobre el mapa regional, en forma similar a como ocurre con las fracturas regionales.

**LINEAMIENTOS EN EL BASAMENTO** El Basamento de las Sierras Septentrionales aflora conspicuamente en el extremo NE del Bloque de Balcarce, la mitad oriental del Bloque de Tandil, constituye casi el total de los afloramientos del de Azul y, por el contrario, sólo reducidos asomos en el de Olavarría. González Bonorino (1954)

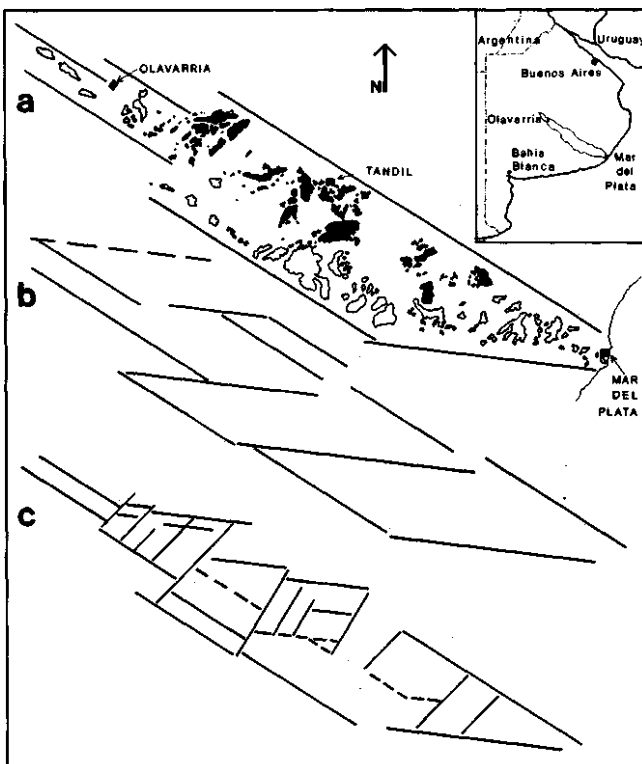


Figura 1 - Las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, a. Lineamientos regionales; b. Bloques regionales; c. Fragmentación local. Trazado sobre Bonhomme & Cingolani (1980) e Iñiguez et al. (1989)  
 Figure 1 - The Sierras Septentrionales of Buenos Aires Province. a. Regional lineaments; b. Regional blocks; c. Local fragmentation. Sketched after Bonhomme and Cingolani (1980) and Iñiguez et al. (1989)

reconoce la importancia de la lineación N90E en el Basamento del área de Olavarria y Azul y, posteriormente, González Bonorino *et al* (1956) señalan su vinculación a fajas de milonitización de desplazamiento dextral.

Villar Fabre (1957) señala que los afloramientos de las Sierras de Tandil están controlados por lineamientos NW-SE. Teruggi *et al.* (1958) insisten en la importancia de las lineaciones N90E y NW-SE en la estructuración del Basamento y, posteriormente (Teruggi *et al.* 1974a), determinan para la primera en la región de Tandil un sentido de desplazamiento sinistral en función de observaciones sobre diques de diabasas a los que cortan. Los mismos (Teruggi *et al.* 1974 b) determinan, para la región de Balcarce, la presencia de lineamientos semejantes, estableciendo un ordenamiento en Dominios Tectónicos. Teruggi & Kilmurray (1980) sintetizan la información de lineamientos y evolución regional disponible hasta ese momento. Dalla Salda (1981) identifica, para las regiones de Azul y Tandil, fenómenos de transcurrancia sobre los lineamientos N90E (que denomina Dominio A), correspondiendo un desplazamiento dextral en la primera de esas regiones (coincidente con las observaciones de González Bonorino *et al.* 1956) y sinistral en la segunda. Relaciona su Dominio B, de orientación NE-SW, con lineamientos de plano axial y "estructuras de corte", como en el caso del borde occidental de la Sierra Alta de Vela.

**LINEAMIENTOS EN LA CUBIERTA SEDIMENTARIA** No son numerosos los trabajos que se ocupan de la estructura de la cubierta sedimentaria de las Sierras Septentrionales, la que se encuentra fragmentada en numerosos sub-bloques siguiendo los lineamientos precitados. La secuencia más completa se encuentra en el Bloque de Olavarria, sub-bloque de las Sierras Bayas. Esas Sierras, localizadas al oriente de la ciudad de Olavarria, han sido, por la importancia económica de los afloramientos de la cubierta sedimentaria neoproterozoica, objeto de varios estudios y se las utilizará como ejemplo para describir las estructuras presentes en la cubierta y para redondear los conceptos de fragmentación de los bloques mayores.

**LA ESTRUCTURA DE LAS SIERRAS BAYAS** Las Sierras Bayas se asocian a una estructura relativamente deprimida, fraccionada tradicionalmente en tres unidades menores, que han sido denominadas Bloque Septentrional, Bloque Central y Bloque Austral (Nájera 1919), subdivididos por fallas menores y presentando plegamiento subordinado (González Bonorino 1954). Las observaciones de este autor desautorizan o modifican acertadamente propuestas estructurales anteriores (Schiller 1930, Harrington 1940) y establecen un modelo estructural que no ha sido discutido posteriormente. Tal como puede observarse en la figura 2, las Sierras Bayas conforman una unidad de desarrollo longitudinal limitado por fallas NE-SW, relativamente descendido con respecto a sus bordes occidental y oriental. La estructura exhibe cuatro bloques de escala kilométrica, limitados por fallas de rumbo sublatitudinal y actitud aparentemente subvertical, las que han sido interpretadas en forma distinta en cuanto a localización, dirección de inclinación y desplazamientos en distintos trabajos (p.ej., Nájera 1919 e Iñiguez *et al.* 1989), lo cual se explica por la falta de afloramientos directos reconocidos de las fallas y la ausencia de datos del subsuelo profundo.

Estos bloques son, a su vez, subdivididos por fallas de rumbo NW-SE, generalmente de desplazamiento dextral y bloques septentrionales elevados, sus dimensiones son hectométricas y los rechazos se miden en decenas de metros. A escala de afloramiento se observan algunas estructuras menores, que definen bloques de dimensiones decamétricas, con rechazos que no superan algunos metros, y cuyo desar-



Figura 2 — Estructura del sub-bloque de las Sierras Bayas. Basado en Nájera (1919) González Bonorino (1954) y observaciones propias

Figure 2 - Structural sketch of Sierras Bayas sub-block. Based on Nájera (1919), González Bonorino (1954) and the author own descriptions

rollo esta controlado por los lineamientos mayores. Estas fallas, al controlar las litologías aflorantes, condicionan las formas y límites de las canteras, asumiendo gran importancia económica.

Los pliegues se resuelven en dos escalas diferentes de observación. González Bonorino (1954) propone la existencia de sendas estructuras sinclinales en el Bloque septentrional y el central, y una estructura anticlinal en el bloque austral.

Pliegues menores, de escala métrica han sido asignados a procesos de deformación sinsedimentaria. Los pliegues regionales, con longitudes de onda de varios kilómetros y amplitudes de decenas de metros, no deben considerarse resultado de una compresión regional, ya que corresponderían a arrastres asociados a los desplazamientos sobre los planos de falla que limitan los sub-bloques. De allí, la forma de cubeta o braquiestructura que toman y la distorsión que se produce en algunos sectores (ángulos de los sub-bloques) por interferencia de los distintos arrastres. Debido al reducido espesor de la secuencia aflorante, las fallas directas que afectaron la plataforma de las Sierras Septentrionales son prolongación de las que afectan al basamento (que son a su vez controladas por la estructuración preexistente, sin posibilidad de que se desarrollen fallas listricas en el paquete sedimentario). La falta de estudios detallados de variación de espesores y actitudes, en los diferentes bloques y sub-bloques, no permite verificar la existencia de fallas de crecimiento, pero su existencia no debería descartarse *a priori*.

**Estructuras de origen tensional en el ámbito de las Sierras Bayas** Estructuras menores, tales como diques clásticos, brechas hidráulicas, estilolitas y "diapiros de arcilla" han sido observadas por el autor y descritas por

diversos autores (e.g. Codignolto 1967, Mássabie *et al.* 1993) y deben interpretarse como resultado de deformación extensional durante la diagénesis. El desarrollo de estas estructuras esta controlado por fallas de rumbo N45W, por lo que podría pensarse que el contorno de la plataforma era aproximadamente paralelo a esta dirección y que la estructuración preexistente facilitó la movilización de las mismas.

**Brechas calcáreas, venas de calcita y diques nepunianos** Son numerosas las brechas calcáreas presentes en las diferentes canteras de caliza del área. Así, por ejemplo en la pared NE de la Cantera Cerro Negro, puede seguirse por más de 200m una faja de brecha de entre 0,50 m y 1m de potencia, caracterizada por la presencia de ciastos angulosos de caliza negra en una matriz de calcita. Esta faja tiene actitud N50W y es subparalela a las fallas (verticales de desplazamiento sinistral) en la misma área, así como al rumbo local de los estratos (inclinación 15SW). Sistemas de venas de calcita paralelas a las fallas principales tales, como las que se reproducen en la figura 3, observadas en la Cantera Loma Negra, evidencian que la fracturación ha sido de tipo hidráulico durante la diagénesis, ya que las pelitas infrayacentes no son afectadas por deformación frágil, lo que indicaría que en ese momento aun estaban saturadas de fluidos y en estado plástico. En la misma Cantera puede verse un dique, producto del relleno forzado de una fractura en el paquete de calizas por inyección, desde la base, con pelitas moradas. La orientación de este dique es N45W y su espesor aproximadamente 2 m.

### Los "diapiros" de la Cantera Loma Negra

Mássabie *et al.* (1993) han analizado el significado de los diapiros de arcilla presentes en la Cantera Loma Negra, en el Bloque Austral de las Sierras Bayas. Estas estructuras, cuyas características se esquematizan en la figura 4, han sido interpretadas como generadas por "esfuerzos transpresivos, asociados al desplazamiento sinistral de fallas de orientación N40W en un campo regional compresivo en dirección Oeste durante el Paleozoico Medio, o bien en el Permo-Triásico". La interpretación acerca del origen de estas estructuras, así como su edad, son objeto de discusión en la presente contribución, dado que constituyen una de las estructuras más representativas de los ambientes traccionales.

**LA DEFORMACIÓN DIAGENÉTICA DE LA SECUENCIA DE LAS SIERRAS BAYAS** En esta contribución, proponese, como origen de las estructuras mencionadas anteriormente, un mecanismo basado en la acción de la sobrecarga y la presión de fluidos durante la diagénesis de la secuencia; en el, que las capas de calizas, de comportamiento más frágil frente a las arcillas, fueron fracturadas en una típica estructura de boudinage en dominó. Tanto las estilolitas que afectan a las dolomías y más intensamente a las calizas (pueden observarse claramente en las Canteras Colombo Sur y Cerro Negro), como las brechas calcáreas cementadas por calcita y los diques clásticos de inyección inferior, evidencian la existencia y desplazamiento de importantes volúmenes de fluidos y la predominancia de los esfuerzos verticales (sobrecarga) sobre los

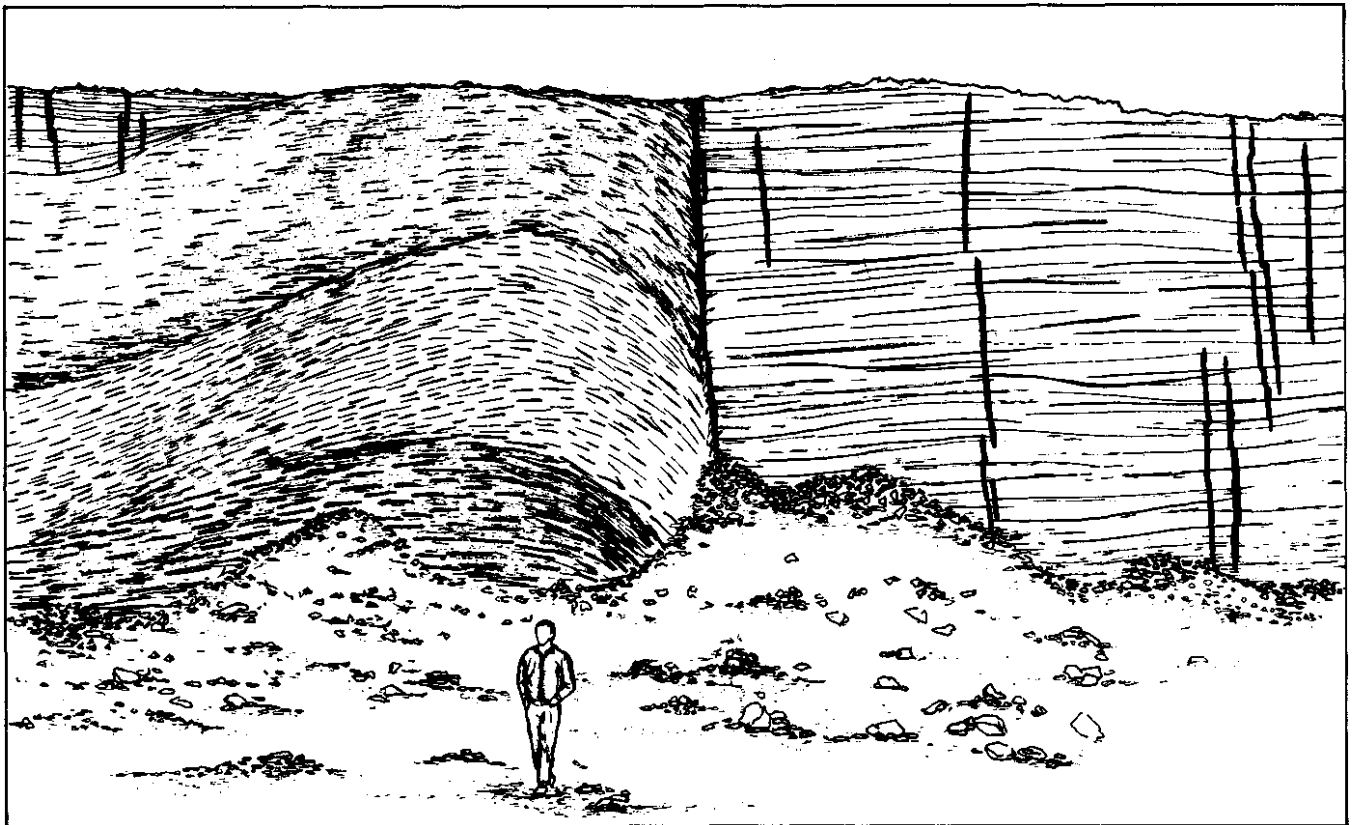


Figura 3 -Desarrollo de venas de calcita (en negro en la figura) verticales, paralelas a las fracturas principales. Se aprecia el importante arrastre que presentan las pelitas y que se asocia a una falla vertical. Las venas de calcita desarrolladas por fracturación hidráulica en las calizas no se propagan a las pelitas. Deslizamientos interestratales de reducida magnitud desplazan en algunos puntos la traza de las venas

Figure 3 - Development of vertical calcite veins (in black in the figure) running parallel to main fractures. It can be seen an important drag fold associated to a vertical fault. Calcite veins, originated by hydraulic fracture of carbonates do not penetrate pelites. Minor sliding on the stratification surface displaces veins in some places

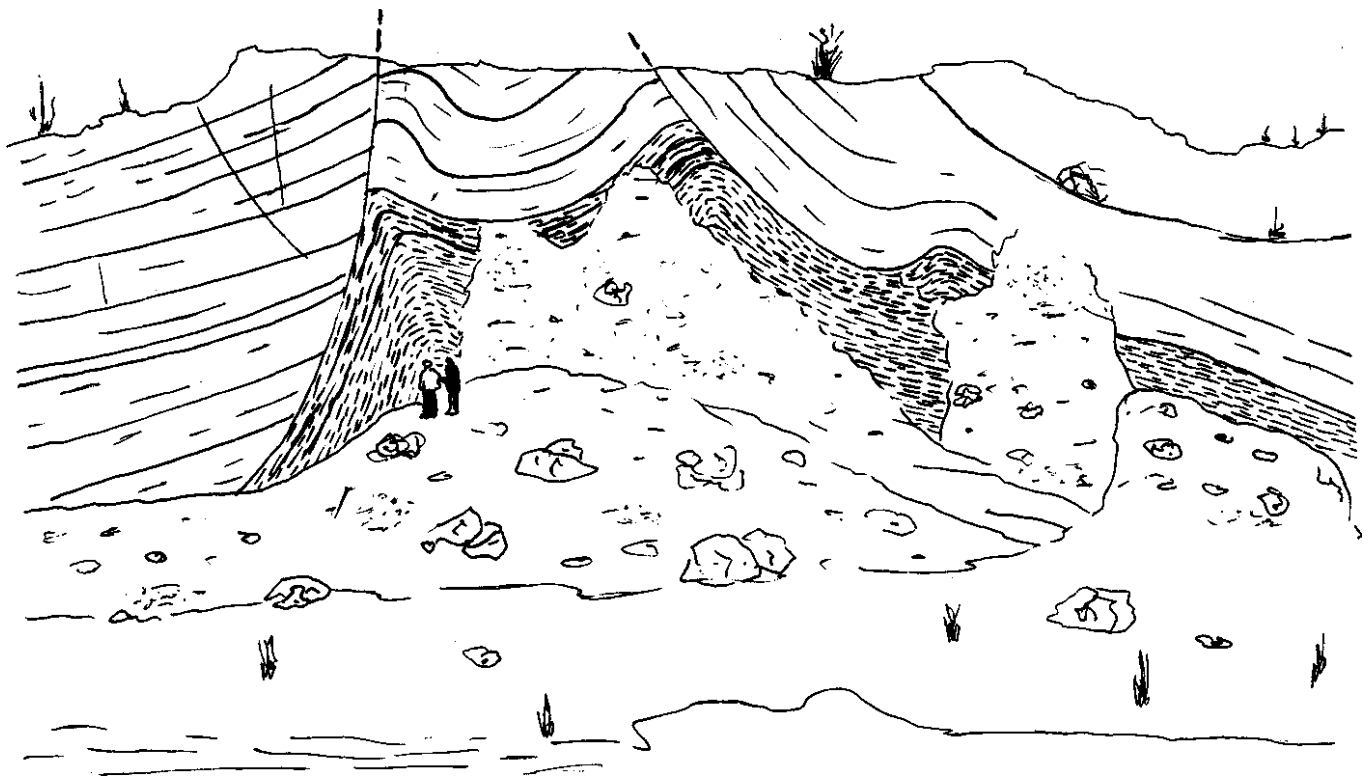


Figura 4 — Esquema representativo de los "diapiros" de arcilla en la Cantera Loma Negra  
 Figure 4 - Sketch depicting a clay "diapir" in Loma Negra Quarry

horizontales (uno de los cuales sería traccional). La acción conjunta de una pequeña inclinación regional de la cuenca, los esfuerzos de cizalla asociados a la interfase nivel plástico/nivel frágil (contacto arcilla-caliza) - producto de la sobrecarga, en presencia de la presión de fluidos adecuada, bastarían para producir los esfuerzos necesarios para alcanzar la fracturación de las calizas, según el esquema de la figura 5a. Las pelitas infrayacentes, saturadas, son desplazadas bajo los bloques, que adoptan geometría de tipo "dominó" (Fig. 5b). En algunos casos, son inyectadas entre los mismos, generando diques de pelitas en las calizas. La compactación resultante de la expulsión de los líquidos en los niveles de arcilla (Fig. 5c) genera inmediatamente después estructuras de colapso, fallas directas y repliegamientos en los estratos de caliza, que debe recordarse, no han sido aun completamente litificados. Estos repliegamientos se ven favorecidos por el sistema de cizalla que se desarrolla entre los bloques del "dominó". En el caso real, las fallas limitantes de los bloques adoptan la interfase caliza - arcilla como nivel de despegue, haciéndose lístricas sobre la misma y facilitando la rotación relativa de los bloques. No se han podido realizar observaciones sobre la continuidad vertical de las fallas, siendo interesante la investigación de si existen - en los niveles superiores - depósitos asociados a "fallas de crecimiento".

**TECTÓNICA PERSISTENTEMENTE EXTENSIONAL**

De acuerdo con las evidencias acumuladas, podría establecerse un modelo de evolución, para el área de las Sierras Septentrionales, caracterizado por la persistencia de eventos de carácter extensional que controlan y modelan el patrón de fracturación regional, así como los ascensos y descensos relativos entre bloques. Estos bloques, al estar limitados por

fallas de actitud subvertical e incluir el basamento rígido en su estructura, pueden oponer gran resistencia a los esfuerzos compresivos que pudieran haber actuado circunstancialmente, los que, al no poder penetrar en el seno de los bloques, concentraron su acción en dichas fracturas.

**Evidencias de extensión en el neoproterozoico**

Las estructuras descritas son consideradas de carácter diagenético y deben haberse producido inmediatamente después de la deposición de los niveles que afectan (siendo comunes en las plataformas antiguas y actuales), aunque, en razón de la delgadez de la cubierta neoproterozoica de las Sierras Bayas, su escala de desarrollo es reducida. La existencia de discordancias interformacionales, como las que en la Cantera San Alfredo separa las Calizas Loma Negra de la F. Cerro Negro, pone en evidencia movimientos verticales de regular importancia, los que sin duda se asocian, no solo a cambios relativos del nivel del mar, sino también a movimientos de los bloques. El desarrollo de secuencias de plataformas estables se encuentra asociado generalmente a la evolución de márgenes pasivos, y en estos, por su parte es característica la deformación extensional.

**Evidencias de extensión en el Ordovícico**

Intrusivos de edad ordovícica y composición diabásica, que afectan a la Formación Balcarce, han sido citados por Rápela *et al.* (1974). Son diques de orientación general NW-SE y evidencian reactivación extensional; por su composición, podrían asociarse a una fase de atenuación cortical. Si la reactivación ha sido inducida por extensión *sensu stricto*, o asociada a un episodio transcuriente, no puede ser determinado al nivel actual de los conocimientos. Sin embargo, resulta altamente interesante especular acerca de

la posible vinculación de este episodio extensional con la cuenca paleozoica inferior de Precordillera.

Otra incógnita que debe ser develada para lograr comprensión cabal de la evolución paleogeográfica del margen sudoccidental del craton sudamericano, es la vinculación (si existe) entre la Formación Balcarce y los depósitos supuestamente copaleozoicos de las Sierras Australes.

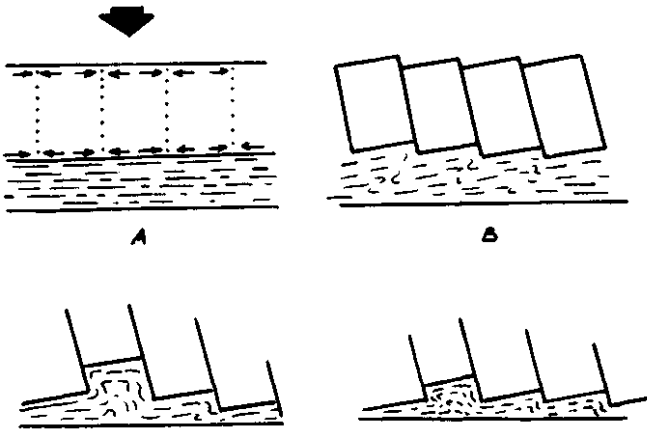


Figura 5 — Esquema de evolución propuesta para las estructuras "diapiricas" en el área de la Cantera Loma Negra

Figure 5 — The proposed evolutive sequence for the evolution of the "diapiric" structures. See explanation in the text

**La deformación en la orogenia gondwánica** La tectónica compresiva que deformó la secuencia de las Sierras Australes no parece haber afectado sensiblemente a las Sierras Septentrionales. Ello puede explicarse en razón de que, debido al escaso espesor de la cubierta sedimentaria, los esfuerzos actuaron sobre el basamento (afectado por fallas verticales) que impusieron gran resistencia a la deformación, absorbiendo la misma y concentrándola sobre fajas discretas, desarrollando tectónica de bloques e impidiendo su penetración en el seno de los mismos, en modelo algo similar a como los Bloques de las Sierras Pampeanas han absorbido los empujes andinos.

**La deformación en el Mesozoico** Durante el Mesozoico, configúranse numerosas cuencas sedimentarias rodeando a las Sierras Septentrionales, en todas direcciones. Comenzando por el Este y Sudeste, la apertura del Océano Atlántico, en ambiente extensional neto, genera fallas directas que estructuran la futura plataforma continental aprovechando los lineamientos NE-SW para extenderse y los E-O como fallas transformantes. Por el Noreste, ya en tiempos precretácicos, comienza a insinuarse la cuenca del Salado, aprovechando para la distensión cortical las fallas NW-SE. Por el Noroeste, la Cuenca de Laboulaye aprovecha los lineamientos NE-SW y seguramente es la responsable de la estructuración del graben de las Sierras Bayas.

Es interesante señalar que siempre se trata de fallas verticales o muy próximas a la vertical, lo cual, asociado, como ya se ha dicho, a lo reducido de la cubierta sedimentaria, obliga a buscar una alternativa a las fallas lítricas tangentes al basamento o a algún nivel interSEDIMENTARIO de despegue como terminación inferior de los bloques regionales. Es por ello que se hace necesario adoptar dos modelos diferentes: o bien las fallas se hacen lítricas a un nivel de despegue en la capa plástica de la litosfera, o bien se mantienen verticales hasta dicha capa, en un modelo de bloques "flotantes". Por lo que se conoce, no es posible realizar la discriminación entre ambos modelos.

**DISCUSIÓN** Existen dos direcciones bien establecidas presentes en todas las escalas de observación, tales las N90E y S50E. Si bien la primera de ellas muestra sentidos contrarios de desplazamiento en diferentes Bloques. Una tercera dirección, que podría generalizarse como NE, presenta orientaciones diferentes según los bloques, N40E en la cubierta y en los límites de afloramiento del área NW de las Sierras, pero N60E en el sector del Basamento de Tandil. Los lineamientos en el Basamento se asocian (salvo el N90E, que lo hace con fajas miloníticas) a lineaciones de ejes de pliegues y foliación regional paralela a éstos. Ninguna de estas estructuras de plegamiento afecta a la cubierta sedimentaria. En el área de las Sierras Bayas, fueron identificados tres órdenes de fallamiento principales de dimensiones kilométricas, hectométricas y decamétricas y actitud N40E, N90E y N45W, respectivamente - que, de acuerdo a sus relaciones de intersección, habrían sido activadas en la secuencia siguiente: Sistema N45W, posteriormente seccionado por el Sistema N90E, que se interrumpe frente al Sistema N40E. Este orden es inverso al regional y señala probablemente una reactivación de la dirección N45W (asociada a la apertura de la Cuenca del Salado?). Se estima, para el Sistema N40E, un rechazo mínimo de varias centenas de metros en función de que eleva el Basamento a mayor altura que los niveles estratigráficamente más altos de la cubierta. El sistema N90E caracterízase por elevar los bordes septentrionales de los bloques, generando un conjunto de "escalones" en los que se repite la secuencia. El rechazo estimado, suponiendo el plano de falla vertical, es del orden del espesor de la cubierta, debiendo tenerse en cuenta el efecto suavizador de los arrastres. El sistema N45W produce desplazamientos de rumbo dextrales, con una componente vertical que desciende los bloques australes. Los rechazos calculados por los indicadores cinemáticos presentes son del orden del centenar de metros. El cálculo de los rechazos se ha realizado en función del diseño de afloramientos presente y de los indicadores cinemáticos relevados, considerando un único evento de deformación. Ello, si bien no asegura lo anterior como conclusión, permite establecer que la tectónica no ha sido mucho más compleja, de lo contrario hubiera resultado imposible hacer compatibles los diseños de afloramiento con los indicadores cinemáticos.

El análisis de la secuencia de fallamiento permitiría reconstruir la siguiente historia:

La línea de costa de la cuenca precámbrica habría tenido una dirección media E-O, al igual que la cuenca Ordovícica (Iñiguez *et al* 1989), ello podría asociarse a fallas directas de rumbo similar, aunque no existe certeza absoluta de ello (podría asociarse a la dirección S50E). Tampoco existen evidencias irrefutables de que la cuenca profunda se extendiera al Noroeste de los actuales afloramientos. La primera reactivación podría haberse producido en el Mesozoico, posiblemente asociada al desarrollo de la Cuenca Interserrana, que se extiende en el subsuelo al Sur del Sistema de Tandilia (Cuenca de antepaís correspondiente al Sistema de Ventania) y, posteriormente, en concordancia con la apertura de la Cuenca del Salado por el Norte. La apertura del Atlántico y el desarrollo del sistema de fallas transformantes perpendiculares a la dorsal habría activado posiblemente el sistema Este-Oeste. Finalmente, la apertura de la Cuenca de Laboulaye habría producido el escalonamiento en dirección noroeste y generado el Bloque de Sierras Bayas. La estructura general de las Sierras Septentrionales está controlada actualmente por fallas paralelas al sistema del Salado, el cual ha tenido movimientos en tiempos históricos.

A lo largo de toda su historia, la región de Tandilia sólo ha sufrido movimientos verticales, en general recurrentes y de poca magnitud, no existiendo registro sedimentario

posterior al Ordovícico. Si no existió nunca depositación o si los sedimentos post-Formación Balcarce han sido eliminados completamente por la erosión, sin que queden remanentes, aún no ha sido resuelto, pero es probable que la primera posibilidad se encuentre más cercana a la verdad; el bajo grado de metamorfismo presente en las secuencias sedimentarias indicaría que no existió nunca sojamiento demasiado profundo y descarta por otra parte deformaciones intensas.

**CONCLUSIONES** De lo antedicho, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- a. Los lineamientos estructurales en la cubierta sedimentaria y el control de los contornos de los afloramientos en el Sistema de las Sierras Septentrionales está fuertemente influenciado por la estructura del Basamento, ya que las direcciones observadas son coincidentes.
- b. Tanto el diferente ordenamiento temporal, como por otra parte las condiciones de presión y temperatura exigidas, indican claramente que las estructuras del Basamento predatan la cubierta sedimentaria y han controlado su depositación y deformación.
- c. Ningún episodio deformativo posterior a la peneplanización del área en el Neoproterozoico ha tenido intensidad

suficiente como para generar nuevos lineamientos u ocultar los preexistentes. Por el contrario, todos los eventos del Fanerozoico han aprovechado los planos de debilidad preexistentes.

d. A lo anterior, se une que la delgadez de la cubierta sedimentaria ha impedido que la misma se despegara del basamento para desarrollar estructuras y lineamientos propios.

e. El sistema de las Sierras Septentrionales habría evolucionado como un pilar tectónico, sujeto sistemáticamente a esfuerzos tensionales que en forma periférica y consecutiva, reactivaron las estructuras del basamento.

Las observaciones realizadas en el Bloque de las Sierras Bayas permiten identificar la presencia de estructuras extensionales de tipo "dominó" y otras, características de ambientes de plataformas de márgenes pasivos y representativas de deformación extensional. Ese régimen extensional, activo en el Neoproterozoico y Paleozoico Inferior, fue controlado por la estructura preexistente en el Basamento. La evolución posterior de la región estuvo siempre ligada a esfuerzos traccionales (con las salvedades expuestas para el Permotriásico), lo que ha permitido el desarrollo de una tectónica de bloques limitados por fallas de alta inclinación y desplazamientos reactivados en diferentes episodios.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONHOMME, M.G. & CINGOLANI, C.A. 1980. Mineralogía y geocronología Rb/Sr y K/Ar de fracciones finas de la Formación la Tinta, Provincia de Buenos Aires. *Asoc. Geol. Argent. Rev.*, **35**(4):519-538.
- DALLA SALDA, L. 1981. Tandilia, un ejemplo de tectónica de transcurencia en Basamento. *Asoc. Geol. Argent. Rev.*, **36**(2):204-208.
- CODIGNOTTO, J.O. 1967. *Geología del Sector Ubicado de los Kilómetros al Sudoeste del Cerro Redondo (Olavarría, Peña, de Buenos Aires)*. Buenos Aires. (Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires).
- GONZALEZ BONORINO, F. 1954. Geología de las Sierras Bayas. La Plata, LEMIT. Serie II. 37 p. (Boletín 55).
- GONZALEZ BONORINO, F.; ZARDINI, R.A.; FIGUEROA, M.; LIMOUSIN, T. 1956. Estudio geológico de las Sierras de Olavarría y Azul. La Plata, LEMIT. Serie II 23 p. (Boletín 63).
- HARRINGTON, H.J. 1940. La edad de la Dolomita de Olavarría. *Rev. Museo de La Plata*, **1**:233-258.
- IÑIGUEZ, A.M.; DEL VALLE, A.; POIRE, D.G.; SPALLETTI, L.A.; ZALBA, P.E. 1989. Cuenca Precámbrica-Paleozoica Inferior de Tandilia. Provincia de Buenos Aires. In: CHEBLI, G. & SPALLETTI, L.A. eds. *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán. p. 245-263. (Serie Correlación Geológica).
- MÁSSABIE, A.C.; AMOS, A.J.; ITURRIZA, R. 1993. Diapirismo arcilítico tectónico. Sierras Bayas. Provincia de Buenos Aires. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, (en prensa)
- NÁJERA, J.J. 1919. La Sierra Baya. Estudio Geológico y Económico. *An. Min. Agríc. de la Nación*, **14**(1):60. (Sección Geología).
- RAMOS, V.A.; LEGUIZAMON, A.; KAY, S.M.; TERUGGI, M. 1990. Evolución tectónica de las Sierras de Tandil (Provincia de Buenos Aires). In: CONGR. GEOL. ARGENT., 11. San Juan, 1990. *Actas...* San Juan, Asoc. Geol. Argent. v. 2, p. 357-360.
- RÁPELA, C.W.; DALLA SALDA, L.; CINGOLANI, C.A. 1974. Un intrusivo básico ordovícico de la Formación La Tinta. *Asoc. Geol. Argent. Rev.*, **29**(3):319-331.
- SCHILLER, W. 1930. Complicaciones tectónicas (cobijaduras) en las Sierras de Tandil. *Rev. Museo de la Plata*, **32**:299-306.
- TERUGGI, M.E. & KILMURRAY, J.O. 1980. Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. In: GEOLOGÍA REGIONAL. Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, v. 2, p. 919-965.
- TERUGGI, M.E.; KILMURRAY, J.O.; RÁPELA, C.W.; DALLA SALDA, L. 1974a. Diques básicos en las Ss. de Tandil. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, **29**(1):41-60.
- TERUGGI, M.E.; MAURIÑO, V.E.; LIMOUSIN, T.A.; SCHAUER, O. 1958. Geología de las Sierras de Tandil. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, **13**(3):185-204.
- TERUGGI, M.E.; KILMURRAY, J.O.; DALLA SALDA, L. 1974b. Los dominios tectónicos de la región de Balcarce. *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, **29**(3):265-276.
- VILLAR FABRE, J.F. 1957. *Descripción Geológica de la Hoja 32q - Sierras de Tandil*. Local, Dirección de Minería. 35 p. (Boletín 86).

MANUSCRITO A794

Recebido em 13 de setembro de 1993

Revisão do autor em 3 de março de 1994

Revisão aceita em 3 de março de 1994