

CARACTERIZACION GEOMETRICO-ESTRUCTURAL DEL GRUPO PILLAHUINCO. I. PERFIL DEL ARROYO ATRAVESADO, SIERRA DE LAS TUNAS, SIERRAS AUSTRALES DE BUENOS AIRES

por *María S. Japas*

RESUMEN

Se presenta un perfil estructural de detalle de las Formaciones Piedra Azul, Bonete y Tunas en la Sierra de las Tunas (Sierras Australes de Buenos Aires), a la altura del Arroyo Atravesado, excluyéndose del mismo a la Formación Sauce Grande, base del mencionado Grupo.

La sección abarca una longitud de aproximadamente 12 km y corresponde a la región de las estancias Julianas y San Carlos (Partido de Coronel Suárez).

Los espesores de las unidades han sido estimados en 220 m y 475 m para las Formaciones Piedra Azul y Bonete, respectivamente, y en 910 m la potencia mínima para la Formación Tunas.

El valor de acortamiento por plegamiento corresponde a un 11 %, no observándose fallas en la traza relevada.

Se complementa el trabajo con un análisis mesoestructural detallado.

ABSTRACT

A structural cross-section of the Piedra Azul, Bonete and Tunas Formations has been drawn in the Arroyo Atravesado region (Sierra de las Tunas, Sierras Australes de Buenos Aires).

The thickness of Piedra Azul Formation is 220 m; Bonete Formation is 475 m thick, and the thickest Tunas Formation is 910 m (the top is unknown).

Geometrical analysis on the studied Sierra de las Tunas area indicates 11 % shortening by folding.

Introducción

La sección pérmica aflorante en el sector oriental de las Sierras Australes de Buenos Aires presenta características estructurales propias que le permiten definirse como una unidad morfoestructural.

En varios trabajos han sido descriptas sus características y se han efectuado comparaciones de los elementos estructurales respecto de aque-

* CONICET-UBA.

llos correspondientes a las unidades precarbónicas occidentales. Algunos de estos escritos (Suero, 1957, 1961; Furque, 1973) incluyen mapeos y secciones estructurales en la zona de la Sierra de Pillahuincó, pero pocos abarcan estos mismos tópicos en la Sierra de las Tunas.

El presente trabajo tiene como objeto aportar la información correspondiente a la traza del perfil estructural en la zona del Arroyo Atravesado en la mencionada sierra, representando ésta una de las varias etapas del estudio mesoestructural y microtectónico del Grupo Pillahuincó encarado a escala regional (Japas, 1985).

La traza del perfil de detalle comprende los afloramientos de las Formaciones Piedra Azul, Bonete y Tunas y abarca el tramo de la Sierra de las Tunas comprendido entre el contacto entre las Formaciones Sauce Grande y Piedra Azul (al oeste) y la desaparición de las sedimentitas pérmicas bajo la cubierta cuaternaria (al este), constituyendo un total de aproximadamente 12 km.

Metodología

El trabajo ha consistido en el reconocimiento de las características estructurales de las Formaciones Piedra Azul, Bonete y Tunas aflorantes en el mencionado tramo, a través de la confección de un perfil estructural de detalle. La escala de trabajo ha sido 1:5.000, reduciéndose posteriormente en gabinete. La sección ha sido relevada mediante el empleo de un aparato taquimétrico de precisión. Las estructuras asociadas han sido muestreadas con brújula.

El perfil ha sido confeccionado a través del empleo de la técnica de reconstrucción de Busk (1929) en base a los afloramientos para el caso de las Formaciones Piedra Azul, Bonete y Tunas (sección inferior occidental). La densidad de información obtenida en la segunda etapa del trabajo (flanco oriental de la sierra) ha permitido la reconstrucción de los afloramientos sin el empleo de la citada técnica.

Para el análisis de las actitudes de las estructuras medidas sistemáticamente en el afloramiento se han utilizado diagramas estadísticos según las técnicas convencionales de representación (red equiareal de Schmidt y red de conteo de Kalsbeek).

Ubicación geográfica

La Sierra de las Tunas constituye la cadena orográfica nororiental de las Sierras Asutrales de Buenos Aires (Fig. 1a), limitada al oeste por el Abra del Pantanoso y al sur, por el camino a Cnel. Pringles.

La región perfilada se ubica sobre el recorrido del Arroyo Atravesado (flanco occidental de la sierra) y se extiende transversalmente sobre el faldeo oriental, en el sector correspondiente a la Ea. San Carlos (Fig. 1b).

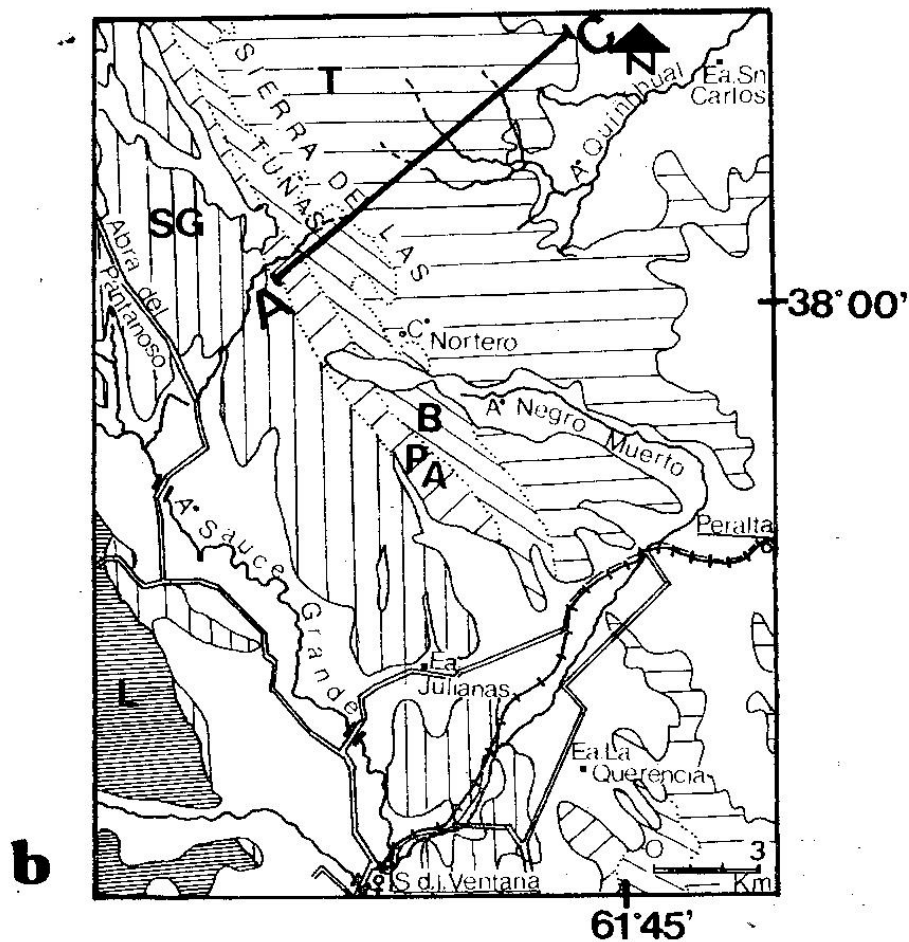
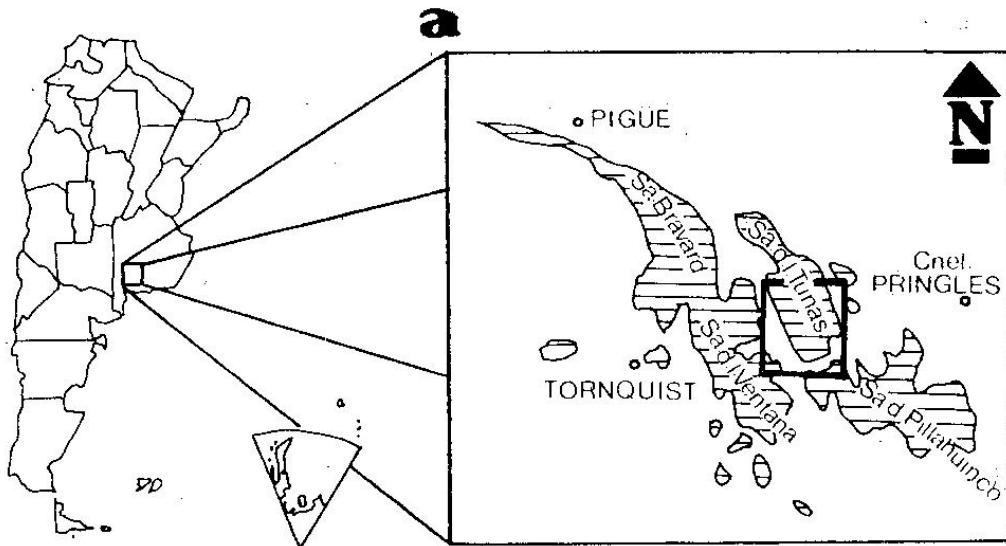


FIG. 1. — Mapas de ubicación. *a.* Mapa de las Sierras Australes. *b.* Mapa del sector austral de la Sierra de Las Tunas. El segmento AC corresponde a la traza del perfil. T: Formación Tunas (Grupo Pillahuincó); B: Formación Bonete (Grupo Pillahuincó); PA: Formación Piedra Azul (Grupo Pillahuincó); SG: Formación Sauce Grande (Grupo Pillahuincó); L: Formación Lolén (Grupo Ventana).

Ubicación geológica

Las unidades perfiladas pertenecen al Grupo Pillahuincó (Paleozoico superior, Harrington, 1947). Este Grupo sobreyace, en relación de discordancia regional, al Grupo Ventana (Devónico); constituye la secuencia sedimentaria más joven afectada por el plegamiento, el cual le imprime características estructurales apreciablemente diferentes a aquellas observadas en las unidades occidentales más antiguas.

La Formación Piedra Azul, en la localidad del Arroyo Piedra Azul (Sa. de Pillahuincó, Harrington, 1980), está constituida por pizarras azul negruzcas portadoras de *Murchisonia* y areniscas amarillentas que alternan con areniscas arcillosas azul oscuras. Para esta región Harrington (1947, 1969) estima el espesor de la unidad en 300 m. verificando un adelgazamiento hacia el NNO (Co. Bombero Grande) en virtud del valor de 220 m medido en esta última zona de la Sierra de las Tunas (Harrington, 1970). Por otro lado, Suero (1972) define un espesor de 450 m para esta unidad que sobreyace a la Formación Sauce Grande.

La Formación Bonete sigue en concordancia a la Formación Piedra Azul y se caracteriza, en la región del Arroyo Piedra Azul (Sa. de Pillahuincó) por una alternancia repetida 38 veces de areniscas cuarcíticas verde-azuladas moteadas de blanco y areniscas arcillosas oscuras (Harrington, 1969, 1980) portadoras de fósiles pertenecientes a la Fauna de *Eurydesma* y a la Flora de *Glossopteris*. El espesor estimado por este autor para esta localidad (Ao. Piedra Azul) es de 460 m (1969) y 400 m (1980). Para la misma región, Andreis *et al.* (1975) citan un espesor de 310 m, y Suero (1957), de 600 m. Se verifica también sobre esta unidad el adelgazamiento en dirección NNO. Para la región del Cerro Bombero Grande (al norte de la Fig. 1b), Harrington cita un espesor de 190 m asociado a un cambio de facies (sólo observa aquí 5 miembros); Andreis *et al.* (1975) mencionan un valor de 235 m. Suero (1957) se refiere a la reducción de la potencia de la Formación Bonete hacia el NNO sin cuantificar su magnitud.

La Formación Tunas está caracterizada por una alternancia de areniscas silicificadas muy finas, verde claras, con areniscas arcillosas verde-amarillentas con estratificación entrecruzada (Harrington, 1980) portadoras estas últimas de restos vegetales. Hacia arriba aparecen intercalaciones de arcilitas esquistosas verdes y moradas, moteadas y delgados bancos grauváquicos, siendo su espesor mínimo calculado en la región del Ao. Piedra Azul (Sa. de Pillahuincó) de 600 m (Harrington, 1980), mientras que Andreis *et al.* describen 330 m. Para la Sierra de Pillahuincó, Suero (1957) estima en 2000 m la potencia mínima de la unidad en cuestión.

Dado que se desconoce el techo de la Formación Tunas, no puede verificarse de manera precisa el fenómeno de adelgazamiento hacia el NNO, aunque Harrington (1970) estima posible esta situación. Andreis

et al. (1975) mencionan un espesor de 710 m para la región aledaña al Co. Bombero Grande.

Estudios anteriores

La estratigrafía y estructura del cordón oriental de las Sierras Australes (Sas. de Pillahuincó y de las Tunas) ha sido realizada regionalmente por autores como Riggi (1935) para la sierra nororiental y Suero (1957, 1961) y Furque (1973) para aquella suroriental.

Localmente pueden citarse aportes de Harrington (1969) al conocimiento de la región del Arroyo Piedra Azul; Coates (1969); Iñíguez Rodríguez (1969); Iñíguez Rodríguez y Andreis (1971); Cortelezzi y Kilmurray (1969); Andreis *et al.* (1975) y Japas (1985); abarcando ellos distintos tópicos.

Análisis mesoestructural

a) PERFIL

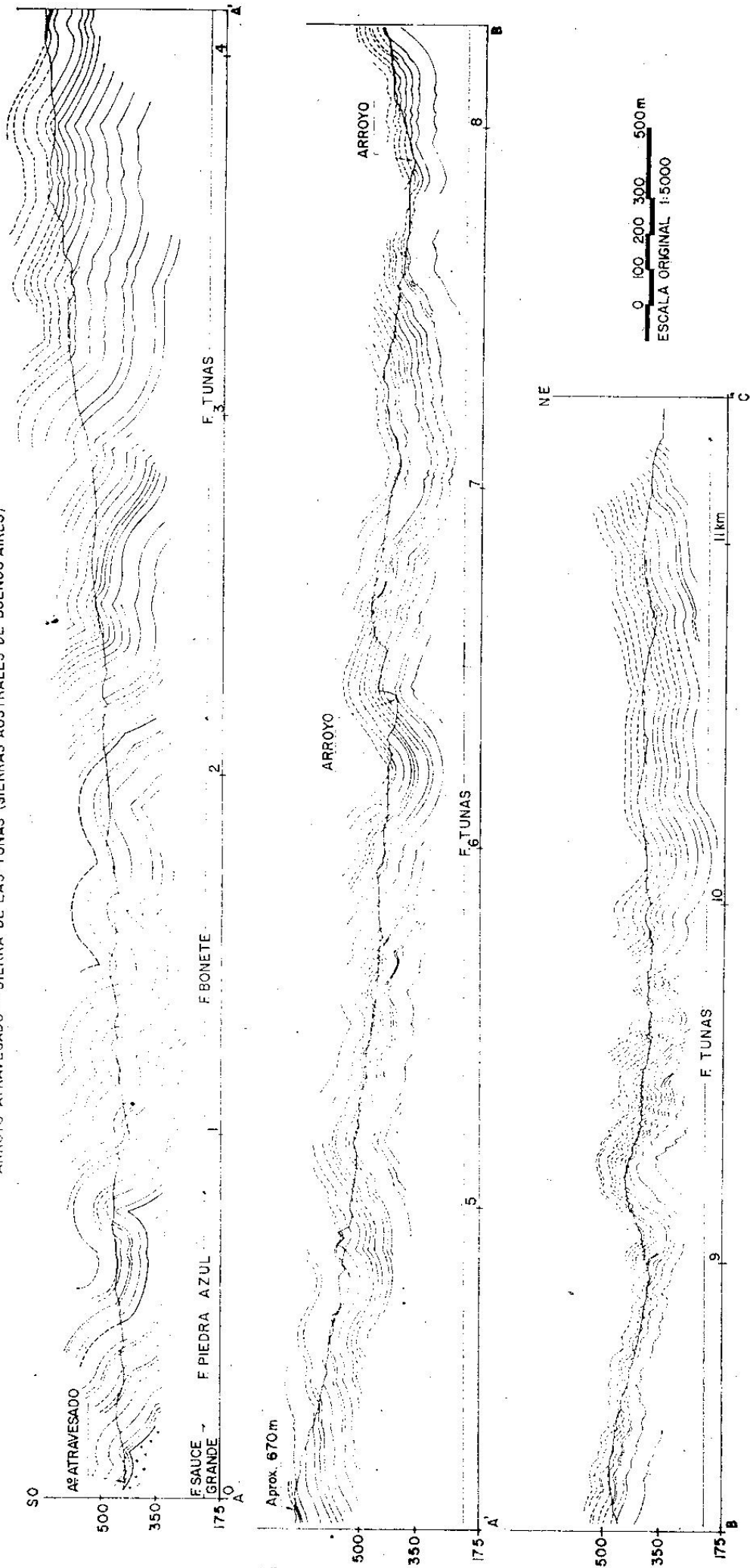
El perfil adjunto representa la sección transversal a la Sierra de las Tunas a la altura del Arroyo Atravesado y su continuación oriental (Ea. San Carlos). Esta sección no involucra la estructura de la Formación Sauce Grande, perteneciente al mismo Grupo, tal como ya ha sido mencionado. (Se prevee incorporar esta unidad en una próxima etapa).

Pueden apreciarse, como rasgos sobresalientes del mismo, los siguientes aspectos estructurales:

- Varios órdenes de plegamiento aparecen representados en el esquema. La envolvente de la estructura mayor inclina 10° al NE. Las envolventes del orden siguiente que inclinan también al NE, lo hacen con mayor magnitud que aquellas cuya inclinación es hacia el SO. Los pliegues parasíticos del sector oriental corresponden al quinto orden de plegamiento para la zona.
- Los pliegues exhiben una suave asimetría merced al distinto desarrollo e inclinación de los limbos de la estructura. Pueden ser definidos pliegues *Z* con mayor frecuencia, aunque también (y siempre mirando hacia el sur), pliegues *W*, *M* y *S* (Ramsay, 1967) en orden de frecuencia decreciente.
- Una suave vergencia al NE puede apreciarse también en la sección analizada y verificarse a través del análisis estadístico (Fig. 2a).
- El ángulo interlimbo promedio de los pliegues de segundo orden es de 160° .

PERFIL DE LAS FORMACIONES PIEDRA AZUL, BONETE Y TUNAS

ARROYO ATRAVESADO — SIERRA DE LAS TUNAS (SIERRAS AUSTRALES DE BUENOS AIRES)



— La longitud de onda de los pliegues varía en función de la litología y de la posición estructural. Los pliegues de la Formación Bonete se caracterizan por una longitud de onda del orden de los 280 m y una amplitud de 38 m; mientras que los pliegues de mayor orden de la Formación Tunas poseen una relación de 20 m a 3 m.

Los pliegues de aproximadamente tercer orden exhiben una longitud de onda de 850 m y una amplitud de 75 m y aquellos de segundo orden (siempre de la Formación Tunas) presentan una relación de 1950 m a 110 m. Puede apreciarse, pues, cómo el incremento en el orden del plegamiento trae aparejado una reducción de la relación longitud de onda/amplitud; es decir, un atenuamiento de la estructura mayor puede verificarse.

— La estructura perfilada refleja la existencia de plegamiento puro; no han sido observadas fallas en la traza del perfil, a la escala de mapeo.

— El valor de contracción orogénica ha sido calculado en un término del 10-11%, correspondiente a acortamiento por plegamiento, viable para una geometría de plegamiento concéntrico.

Las unidades mapeadas han sido definidas según los conceptos de Suero (1957), siendo sus espesores, en el tramo del perfil del Arroyo Atravesado analizado, los siguientes:

Formación Piedra Azul	220 m
Formación Bonete	475 m
Formación Tunas	910 m (espesor mínimo), ya que se

desconoce su techo debido a que la unidad desaparece hacia el este, cubierta por sedimentos cuaternarios.

No se descarta la posible influencia de estructuras deformativas primarias en la estructura plegada de la Formación Tunas.

Asociado a la estructura aparece un clivaje persistente, el cual varía en intensidad en función de la litología afectada. En ambos casos (pelitas y psamitas en sentido amplio) se trata de clivaje disyuntivo (disjunctive cleavage, Powell, 1978), el cual varía de "rugoso" (rough) en pelitas hasta "anastomosado" (anastomosing) en areniscas.

b) DIAGRAMAS ESTADÍSTICOS

El análisis a través de diagramas estadísticos permite describir con mayor precisión la geometría de la deformación, constituyéndose en un elemento de gran valor interpretativo.

b.1. Estratificación: La Fig. 2a representa el resultado de la graficación de los polos de estratificación correspondientes a los afloramientos.

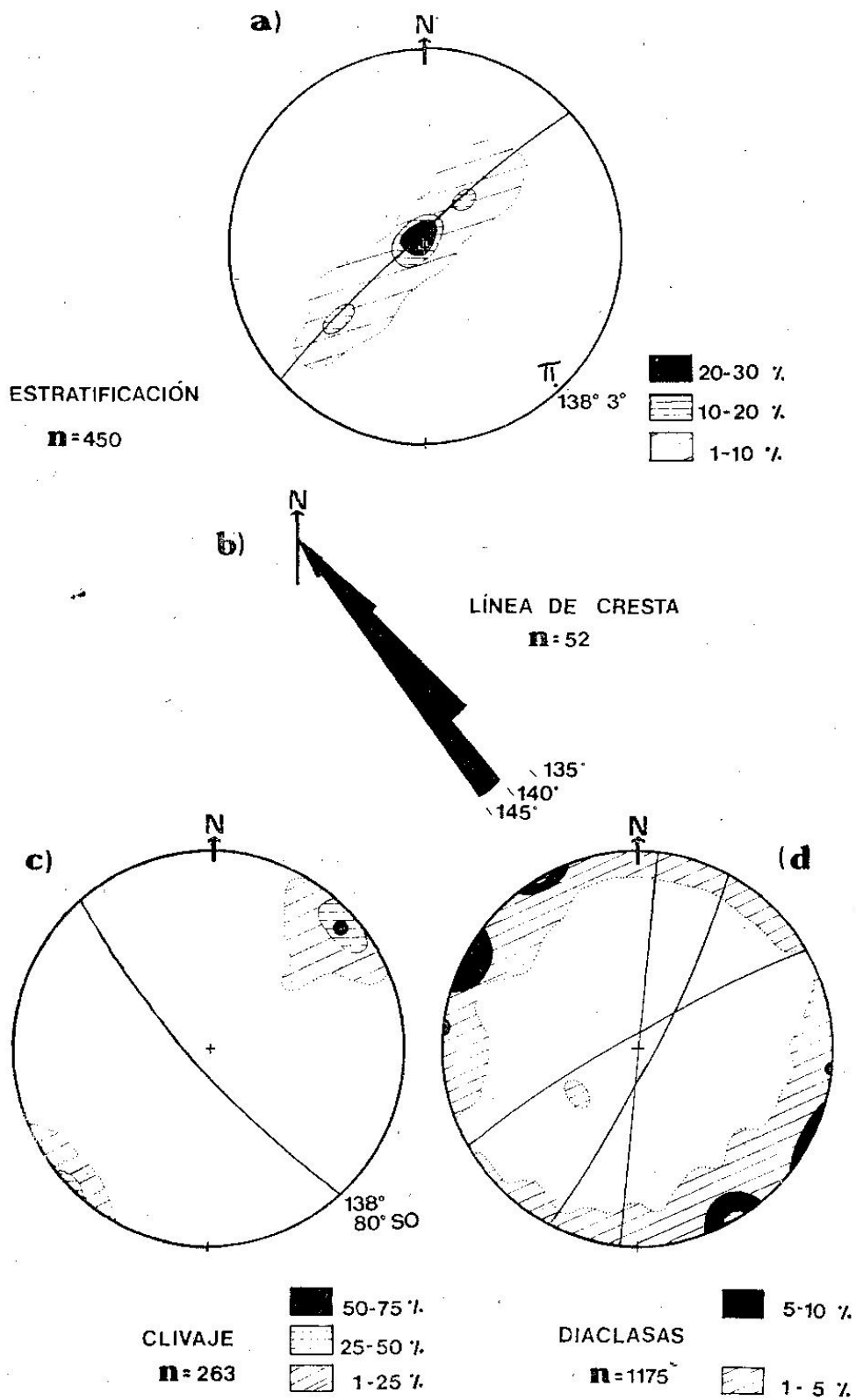


FIG. 2. — Análisis mesoestructural estadístico: Diagramas estereográficos de frecuencia (Hemisferio inferior de representación) y otros. *a.* Representación de los polos correspondientes a los planos de estratificación; *b.* Lineaciones crestales; *c.* Representación de los polos del clivaje; *d.* Representación de los polos de diaclasas.

ramientos de las Formaciones Piedra Azul, Bonete y Tunas en el tramo analizado.

Puede apreciarse una buena definición del círculo π correspondiente a un eje buzante 3° en dirección 138° . Se observa, también, una zona crestal y limbos bien definidos, teniendo, el plano axial, una actitud de $138^\circ 80'$ SO.

Ambos limbos presentan un desarrollo relativo similar, inferior a aquél de la región crestal. El flanco de la estructura que inclina al NE lo hace con el valor más frecuente de 45° , alcanzando en algunos casos términos de 52° (subvertical en un tramo de la Formación Bonete). El limbo suroccidental inclina mayormente con un ángulo de 30° al SO, alcanzando su valor máximo con 50° al SO.

Se trata, pues, de pliegues subhorizontales en la terminología de Fleuty (1964), de dirección axial 138° y mayor desarrollo de zona crestal (suaves).

b. 2. Lineación Crestal: En el campo se midieron las direcciones de las líneas crestales a través del perfil analizado (Fig. 2b).

Puede apreciarse un predominio de aquellas líneas orientadas entre los azimutes 140° - 144° , con una distribución asimétrica de los restantes valores, adquiriendo mayor desarrollo relativo aquellas direcciones de menor azimut. Paralelamente se aprecia que hacia el este se hacen más frecuentes aquellos valores de menor azimut.

La falta de paralelismo entre la línea crestal y la traza axial es indicativa de pliegues buzantes con vergencia.

b. 3. Clivaje: La Fig. 2c representa los polos de los planos de clivaje medido sobre los afloramientos de las Formaciones estudiadas. La actitud queda definida en $140^\circ 80'$ SO, siendo muy baja la dispersión hallada. De ello se desprende que se trata de un clivaje de plano axial, pudiéndose apreciar en los diagramas individuales no presentados cómo la pequeña diferencia de actitud de los planos axiales (en ciertos tramos estratigráficos) se relaciona con la misma variación del clivaje obtenido estadísticamente (5°).

b. 4. Diaclasas: La Fig. 2d representa el resultado de la graficación de los polos correspondientes a los planos de diaclasamiento medidos en el tramo comprendido por la traza del perfil.

Pueden apreciarse tres juegos principales: $5^\circ 90'$, $25^\circ 85'$ SE y $58^\circ 85'$ NO. Un juego secundario ($140^\circ 35'$ NE) se caracteriza por presentar relleno de cuarzo y ser más frecuente en el tramo más oriental del perfil.

Discusión

La estimación de los espesores de las unidades consideradas arrojan valores algo distintos a aquellos observados a aproximadamente 6 km al norte (Zona del Co. Bombero Grande) por otros autores.

El valor asignado a la Formación Piedra Azul coincide con aquél citado por Harrington (1970) de 220 m.

La Formación Bonete presenta divergencias, ya que el valor estimado por Harrington (1970) en el sector del Co. Bombero Grande es de 190 m y, por Andreis *et al.* (1975) para el mismo sector, de 235 m. En la región del Arroyo Atravesado la potencia de 475 m puede deberse a dos causas:

- 1) Distinto criterio utilizado en la separación de unidades (límite entre las Formaciones Bonete y Tunas); y/o
- 2) Posición estructural que introduce un factor de variación en los espesores (variación charneía/limbo).

Las divergencias en el espesor estimado para la Formación Tunas no resultan relevantes dados el desconocimiento del techo de la unidad en cuestión y la relativamente escasa diferencia. Este primer factor impide la comparación de potencias en distintas regiones ante la ausencia de un banco guía bien definido.

El valor de acortamiento por plegamiento no es homogéneo en las distintas zonas ya que existen sectores donde el acortamiento geométrico indica valores máximos del 31% (sector de los pliegues parasíticos del faldeo oriental de la sierra) y mínimos de 1,5 % (en el borde oriental adyacente al anterior) relacionados.

Resultan contrastantes estos valores de acortamiento respecto de aquellos valores de deformación interna de la roca (15%-35%) medidos a partir de fósiles deformados al sur de esta área (Japas, 1985). Esta divergencia, también observada en la región del Ao. Piedra Azul de la Sa. de Pillahuincó, puede interpretarse como debida a la coincidencia aproximada del eje principal máximo de deformación con la dirección axial del plegamiento (Japas, 1985).

Merece destacarse que las estructuras deformativas asociadas al plegamiento guardan una relación geométrica bien definida que permitirían asimilarlas como coetáneas con el proceso que produjo los pliegues.

Algunos de los juegos (58° 85° NO y tal vez 25° 85° SE) podrían ser referidos al sistema de ciza conjugada asociado al evento deformativo, aunque la posible existencia de un proceso de deformación por ciza simple regional no aseguraría esta correlación merced a la probabilidad de rotación de estas estructuras durante la deformación progresiva.

Conclusiones

En base al análisis desarrollado precedentemente, pueden enumerarse las siguientes conclusiones:

1. Los espesores correspondientes a las Formaciones perfiladas estructuralmente son: Para la Formación Piedra Azul, 220 m; para la Formación Bonete (en el sentido de Suero —1957—), 475 m y para la Formación Tunas (de techo desconocido), 910 m de potencia mínima.
2. Varios órdenes de plegamiento pueden apreciarse (hasta un quinto orden).
3. El plegamiento que afecta a las unidades mencionadas (sub-horizontal de Fleuty —1964—) produce un acortamiento promedio del 11%.
4. Las estructuras secundarias relevadas indican una relación definida al proceso deformativo de plegamiento.
5. Comparaciones entre valores de deformación finita de la roca y valores de acortamiento en función de la geometría del plegamiento indicarían a la dirección del eje de los pliegues como coincidente aproximadamente con la dirección de máxima extensión de la deformación.

Agradecimientos

La autora desea agradecer a la Universidad de Buenos Aires por su apoyo financiero; al Dr. Arturo J. Amos por su ayuda, sugerencias y lectura crítica del manuscrito; al Lic. José Sellés Martínez por sus comentarios y a dos Lics. Christian Hoffmann, Patricia Carletto y Luis Vozza por su colaboración en las tareas de campo. El agradecimiento se hace extensivo a los establecimientos rurales de San Carlos y Julianas y a sus pobladores por la gentil colaboración. Al Sr. A. González por su ayuda en el dibujo del perfil. Este trabajo es un aporte al proyecto 211 y a la Transecta III del CAPLI.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ANDREIS, R. R., LLUCH, A. e INÍGUEZ RODRÍGUEZ, A. M., 1975. Paleocorrientes y paleoambientes de las Formaciones Bonete y Tunas. Sierras Australes, provincia de Bs. As., República Argentina. *VI Congr. Geol. Arg., Actas.*
- BUSK, H. G., 1929. *Earth Flexures. Cambridge University Press. Cambridge.*
- COATES, D. A., 1969. Stratigraphy and sedimentation of the Sauce Grande Formation, Sierra de la Ventana, Southern Buenos Aires Province, Argentina. *Gondwana Stratigraphy, IUGS Symp., Bs. As., 1967. UNESCO, Paris: 799-819.*
- CORTELEZZI, C. R. y KILMURRAY, J. O., 1969. Petrografía de las Formaciones gondwánicas en un perfil de la Sierra de las Tunas (Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Gondwana Stratigraphy, IUGS Symp., Buenos Aires, 1967. UNESCO, Paris: 845-855.*
- FLEUTY, M. J., 1964. The description of folds. *Geol. Assoc. Proc.*, 75: 461-492.

- FURQUE, G., 1973. Descripción Geológica de la Hoja 34n, Sierra de Pillahuincó, provincia de Buenos Aires. *Ser. Nac. Min. Geol.*, Bs. As., Bol. 141.
- HARRINGTON, H. J., 1947. Explicación de las Hojas geológicas 33m (Sierra de Curamalal) y 34m (Sierra La Ventana), provincia de Buenos Aires. *Dir. Min. y Geol.*, Bs. As., Bol. 61.
- 1969. Explanation of the geological map of the Arroyo Piedra Azul region. Sierra de Pillahuincó (Buenos Aires province, Argentina). *Gondwana Stratigraphy, IUGS Symp.*, Buenos Aires, 1967. UNESCO, Paris: 989-1002.
- 1970. Las Sierras Australes de Buenos Aires, República Argentina: cadena aulacogénica. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 25 (2): 151-181.
- 1980. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *En: Geología Regional Argentina. Acad. Nac. de Cs. Córdoba*: 967-983
- ISÍGUEZ RODRÍGUEZ, A. M. y ANDREIS, R. R., 1971. Caracteres sedimentológicos de la Formación Bonete, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *En: Reunión sobre Geología Sierras Australes Bonaerenses. Prov. Bs. As., Com. Inv. Cient., La Plata*: 103-120.
- JAPAS, M. S., 1985. Análisis micro-mesoestructural de la Formación Bonete. Sierras de Pillahuincó y de las Tunas, Sierras Australes de Buenos Aires. *Prim. Jorn. Geol. Bonaer.*, Tandil, en prensa.
- POWELL, C. MCA., 1978. A morphological classification of rock cleavage. *In: T. H. Bell and R. H. Vernon (ed.), Microstructural Processes during Deformation and Metamorphism. Tectonophysics*, 58: 21-34.
- RAMSAY, J. G., 1967. *Folding and fracturing of rocks.* McGraw-Hill.
- RIGGI, A. M., 1935. Geología de la Sierra de "Las Tunas" y sus relaciones con las demás sierras australes de la provincia de Buenos Aires. *An. Mus. Arg. Cienc. Nat.*, Bs. As., 39 (Geol. 26): 313-332.
- SUERO, T., 1957. Geología de la Sierra de Pillahuincó (Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires). *Prov. Buenos Aires, M.O.P., LEMIT, La Plata, Serie 2 (74)*.
- 1961. Perfiles geológicos de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Prov. Buenos Aires, M.O.P., LEMIT, La Plata, Serie 2 (236)*.
- 1972. Compilación geológica de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Prov. Buenos Aires, M.O.P., LEMIT, La Plata, Rev. y edic. de Ulibarrena*.