

# EL FRENTE DE CORRIMIENTO ANDINO AL NIVEL DE LOS CERROS PENITENTES Y VISERA (ALTA CORDILLERA DE MENDOZA): ASPECTOS CRONOLÓGICOS Y CARTOGRÁFICOS

Jean-Claude VICENTE<sup>1</sup> y Héctor A. LEANZA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Tectonique, Université P. & M. Curie-Paris 6, Paris. Email : jean-claude.vicente@upmc.fr

<sup>2</sup> Segemar - Conicet, Buenos Aires. Email hleanz@mecon.gov.ar

## RESUMEN

El hallazgo de una importante fauna de invertebrados marinos del Tithoniano superior a espaldas del cerro Penitentes en la secuencia carbonática basal de la primera escama del frente de corrimiento andino, confirma la lógica tectónica de un despegue de esta unidad a nivel del Yeso Principal y lleva a invalidar ciertas correlaciones litoestratigráficas y bosquejos paleogeográficos asignados a la Formación La Manga. Por otro lado, el análisis de algunos perfiles claves en torno al cerro Penitentes entre la quebrada Vargas y el cerro Visera permite presentar una reinterpretación tectónica del sector. Esta se sustenta en el reconocimiento y la diferenciación de las unidades terciarias básicas representadas por los Conglomerados Penitentes (Mioceno inferior) y los Aglomerados Santa María (Mioceno superior) en una relación muy similar a la descrita anteriormente al norte de Puente del Inca. El estudio permite seguir las interferencias, en un contexto polifásico, entre las reactivaciones del corrimiento Penitentes de piel fina y un cabalgamiento frontal de piel gruesa que repite la secuencia terciaria. La discordancia entre las secuencias terciarias y el emplazamiento de una *klippe* de Malm sobre los Conglomerados Penitentes del sinclinal del cerro Visera, conduce a otorgar cierta importancia a la fase del final del Mioceno inferior.

Palabras clave: *Tectónica andina, Frente de corrimiento, Paleoinvertebrados, Tithoniano superior, Cerro Penitentes, Mendoza, Argentina.*

**ABSTRACT:** *The Andean thrust front in the Cerros Penitentes and Visera (High Cordillera of Mendoza): Chronological and cartographic aspects.*

The finding of an important marine invertebrate fauna of Upper Tithonian age at the shoulders of the Penitentes hill, in the basal carbonatic sequence of the first Andean wedge confirms the tectonic logic of a detachment of this unit at the level of the Yeso Principal. This allows invalidating certain lithostratigraphic correlations and paleogeographic sketches ascribed to the La Manga Formation. On the other hand, the analysis of some key sections around the Penitentes hill area between the Quebrada de Vargas and the Cerro Visera, allows presenting a tectonic reinterpretation of the sector. This is based on the recognition and differentiation of the main Tertiary units represented in the area by the Penitentes Conglomerates (Early Miocene) and the Santa María Agglomerates (Late Miocene) in a mutual relationship very similar to that previously described at the north of Puente del Inca. The study shows interferences, in a polyphasic context, between the reactivations of the thin-skinned Penitentes overthrust and a thick skinned frontal thrust which repeats the Tertiary sequence. The unconformity between the Tertiary sequences and the emplacement of a Malm klippe above the Penitentes Conglomerates of the Cerro Visera syncline, lead to ascribe certain importance to the final phase of the Early Miocene.

Keywords: *Andean tectonics, Overthrust front, Paleoinvertebrates, Upper Tithonian, Penitentes hill, Mendoza, Argentina.*

## INTRODUCCIÓN

A un siglo de su puesta en evidencia por Schiller (1912), el espectacular y clásico corrimiento del cerro Penitentes sigue llamando la atención con su destacado sombrero de carbonatos amarillentos corridos más de 3 km sobre los conglomerados terciarios del cerro Penitentes (4.356 m). Visible hacia el sur desde el valle de Las Cuevas, inmediatamente aguas abajo de Puente del Inca, constituye el emblemático representante del frente de

corrimiento andino de la Alta Cordillera de Mendoza a esta latitud.

Sin embargo, cabe reconocer que la tradicional atribución a la Formación La Manga (Calloviano) de la base de esta escama (González Bonorino 1950, Groeber 1951, Ramos 1988, Cegarra y Ramos 1996, Lo Forte 1996, Ramos *et al.* 1996) no deja de plantear serios problemas tectónicos. En efecto, a partir del momento en que se acepta que la faja corrida y plegada del Aconcagua, con su típico estilo de piel fina, es básicamente despegada al nivel

del Yeso Principal (Formación Auquilco), resulta sorprendente y poco lógica una repetición del Calloviano cuando agua abajo, por la quebrada Vargas, se observa claramente la discordancia de los Conglomerados Penitentes sobre la Formación La Manga (Schiller 1912, fig. 22).

Por lo demás, cabe recordar que en sus observaciones originales relativas al perfil del río Blanco, Schiller (1912, p. 44-45) señalaba que las calizas de bancos gruesos parduscas que suben hasta la cumbre del cerro Penitentes parecen ser idénticas

a las que contienen *Gryphaea* cf. *calceola* Quenstedt y *Ptychomya* sp. de la escama frontal del perfil de Puente del Inca. Sobre esta base le atribuía, con cierto interrogante por cierto, una edad neocomiana hasta tithono-kimmeridgiana y la diferenciaba claramente de las calizas callovianas que más abajo transgreden directamente los pórfidos cuarcíferos prejurásicos. Esto lo atestiguan en particular las relevantes vistas anotadas por Schiller (1912, figs. 20, 21 y 22) del flanco norte del cerro Penitentes, donde no vacila en hablar de sobreescurreamiento del Malm y Cretácico.

Esta sospecha se vio reforzada por el hecho de que, por los años '70, el primer autor había recolectado en la cornisa calcárea basal, a espaldas del cerro Penitentes, a ambos lados de la quebrada Vargas, junto a una abundante fauna de pelecípodos, varios ejemplares de *Virgatospinctes* sp. y *Aulacospinctes* sp. determinados en aquel entonces por V. Covacevich del Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile en Santiago. Estas asignaciones, aunque quedaron inéditas, ya permitían atribuir al Tithoniano inferior una parte de esta serie, cuyas características muy neríticas eran bastante llamativas.

Visto que a pesar de estos antecedentes se seguía atribuyendo en la literatura la base de esta primera escama a la Formación La Manga (Lo Forte 1996, Cegarra y Ramos 1996, Ramos *et al.* 1996), el primer autor (JCV) optó por volver a la zona y buscar una fauna diagnóstica. Por suerte, en el camino de ascenso al cerro Penitentes desde el Refugio Grajales de la quebrada Vargas (Fig. 1), por encima de la cornisa de calizas en bancos gruesos, aparecen unas facies calcáreo-arenosas finas en las cuales logró hallar una importante fauna de invertebrados marinos.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EDAD DE LA FAUNA DE INVERTEBRADOS MARINOS

La fauna de invertebrados marinos es importante y diversa. Está compuesta por

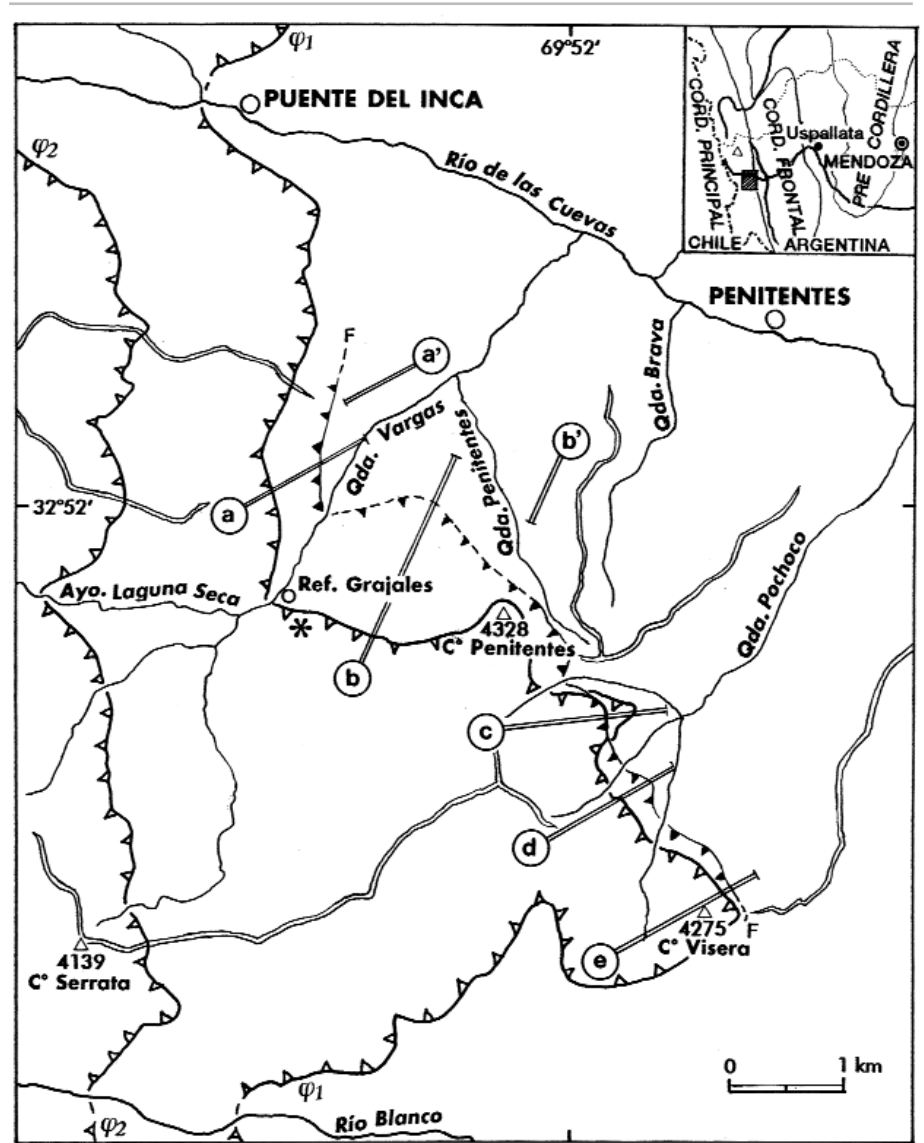


Figura 1: Situación geográfica, contexto estructural y ubicación de los perfiles de la Fig. 3. 1: Corrimiento Penitentes (La Escama); 2: Corrimiento de la IIa Escama; F: Cabalgamiento frontal; con asterisco se indica localidad fosilífera.

una interesante asociación de cefalópodos (amonites) acompañados por varias especies de bivalvos, entre los que predominan las trigonias y también algunos gasterópodos. En total, la colección de fósiles consta de 44 piezas, incluyendo ejemplares completos, moldes y fragmentos, en general bastante bien preservados. Los fósiles están alojados en una matriz calcáreo-arenosa fina de llamativa tinción rojiza. La fauna corresponde a un ambiente de plataforma somera del segmento cercano a la costa (*near-shore*), ya que el dominio de bivalvos trigónidos así lo cer-

tifica.

Para tener una idea para los fines de este trabajo, en la Fig. 2 se ilustran a título de adelanto algunos taxones representativos que permiten fijar la edad de la misma. Entre los cefalópodos cabe mencionar *Substeuerocheras koenei* (Steuer), *Micracanthocheras* sp., *Himalayites* aff. *andinus* H. Leanza, *Substeuerocheras* sp., *S.* aff. *S. striolattissimum* (Steuer) y *Perispinctidae* indet. Entre los bivalvos se reconoció *Steinmanella* (*Splenditrigonia*) *haupti* (Lambert), *S.* (*Splenditrigonia*) *erycina* (Philippi), *Pterotrigonia* (*Scabrotigonia*) *transatlantica* (Behrendsen), *Ru-*

*titrigonia* sp., *Ceratostreon minus* (Coquand), *Lucina neuquensis* Haupt y *Panopea dupiniana* d'Orbigny y, entre los gasterópodos, *Natica* sp. La citada asociación de invertebrados marinos indica con certeza que la misma pertenece al Tithoniano superior, encontrando ubicación en las zonas amonites de *Corongoceras alternans* y *Substeuerceras koeneni* (véase Leanza 1981). Los bivalvos trigónidos constituyen por su parte una asociación clásica del Tithoniano superior que caracteriza a la Formación Picún Leufú en el ámbito meridional de la cuenca Neuquina (Leanza 1993, Leanza y Hugo 1997).

## SIGNIFICADO GEOLÓGICO DEL HALLAZGO

Las consecuencias de este hallazgo paleontológico son obvias, ya que confirman la pertenencia de la base de la primera escama al Grupo Mendoza en sus facies carbonáticas del segmento litoral (*nearshore*) de borde de cuenca. Las facies de esta primera escama se diferencian entonces notoriamente de las escamas siguientes más occidentales, donde domina la facies Vaca Muerta (lutitas y margas bituminosas) de ambiente costa afuera (*offshore*) (Aguirre Urreta y Lo Forte 1996). Al mismo tiempo, implican una reinterpretación cartográfica del sector, lo que lleva a invalidar ciertas correlaciones litoestratigráficas y bosquejos paleogeográficos de la Formación La Manga que asimilaban la secuencia basal de la primera escama a dicha unidad (Lo Forte 1996, figs. 13 y 18). Nuestro hallazgo se reveló sin embargo tranquilizador ya que respeta la lógica tectónica de las unidades autóctonas despegadas al nivel del Yeso Principal (Polanski 1972, p. 61). Esto no significa que no pueden conservarse localmente más allá del frente de corrimiento algunos restos autóctonos como tegumento no despegado. Esta situación se observa de hecho tanto al nivel de la quebrada Vargas como del río Blanco, hecho que parece haber sido intuido por Aguirre Urreta y Lo Forte (1996) con su noción de "sector autóctono oriental". Pero se

debe reconocer que estos restos son relativamente escasos debido a la erosión y discordancia, tanto de los Conglomerados Penitentes como de los Aglomerados Santa María.

Al respecto, la necesidad de diferenciar estas dos unidades terciarias cuyas edades respectivas son del Mioceno inferior y superior (Vicente 2005a y b) y el hecho que se advertía que estas dos formaciones interferían también en la ribera norte de la quebrada Vargas, nos incitó en proseguir más al sur con nuestra revisión crítica. El resultado fue la puesta en evidencia de importantes afloramientos de los Aglomerados Santa María tanto al pie oriental del cerro Penitentes como del cerro Visera. Estos aglomerados subhorizontales descansan hacia el este directamente sobre el Grupo Choyoi pero truncan claramente hacia el oeste tanto remanentes del Jurásico marino como restos discordantes de los Conglomerados Penitentes. A la zaga, estos afloramientos se muestran cabalgados por el conglomerado principal del cerro Penitentes y más al SE por los conglomerados del cerro Visera (Fig. 1).

La estructura del cerro Visera resultó particularmente interesante ya que, contra toda previsión, este llamativo sinclinal colgado a cuya forma se debe el nombre, se muestra constituido básicamente por los Conglomerados Penitentes, repetidos en el flanco oriental por la prolongación austral del corrimiento Penitentes. Esta repetición implica, en la base, una escama de Neocomiano sobre la cual descansan en neta discordancia los Conglomerados Penitentes de la estructura principal. El filo que une el cerro Visera con el cerro Penitentes se muestra también conformado por importantes restos de Conglomerados Penitentes, los que son claramente discordantes sobre capas rojas del Cretácico inferior (Formaciones Huitrín y Rayoso) del lomo de la unidad corrida. Ello pone en evidencia que, a este nivel, estos elementos fueron transportados (*piggy-back*) junto a la unidad corrida y en parte plegados respecto a los afloramientos principales del cerro Penitentes. De

tal modo que en adelante habrá que distinguir por lo menos dos unidades dentro de los Conglomerados Penitentes: la autóctona relativa y la transportada. Más aún, en el núcleo mismo del sinclinal del cerro Visera quedaron conservados en forma de *klippe*, sobre los conglomerados, algunos restos de areniscas rojas del Jurásico superior con suela tectónica de evaporitas. Esto significa que el emplazamiento de la *klippe*, oriunda aparentemente de la segunda escama, fue anterior al combamiento del sinclinal, poniendo de manifiesto el carácter polifásico del frente de corrimiento.

Estas observaciones permiten enfatizar el interés excepcional del sector para el establecimiento de una cronología tectónica precisa del frente de corrimiento andino y el desarrollo de reconstrucciones tectónicas fiables. A continuación analizaremos entonces con cierto detalle los principales perfiles claves que sustentan esta interpretación.

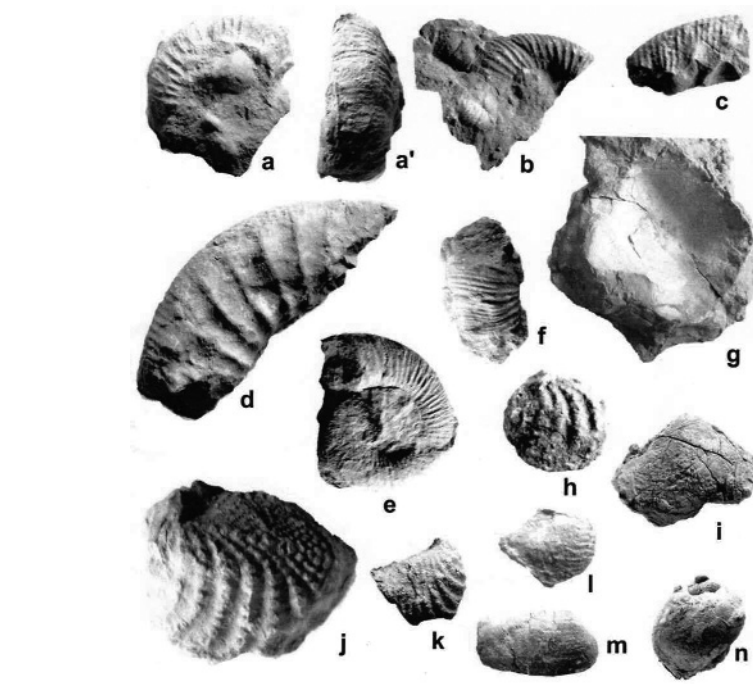
## PERFIL DE LA QUEBRADA VARGAS

Aunque se cuenta con varias vistas y panoramas comentados o interpretativos del flanco norte del cerro Penitentes (Schiller 1912, figs. 20, 21 y 22 ; Lo Forte 1996 , fig. 6; Cegarra y Ramos 1996, fig. 6), son pocos los perfiles tectónicos reales del área sobre los cuales fundar nuestro análisis crítico. Solo cabe mencionar para el cerro Penitentes propiamente dicho los de Gonzalez Bonorino (1950, lám. 1), Groeber (1951, perfil a de su lamina 2), Ramos (1985b, perfil C-D de su fig. 2) y Cegarra y Ramos (1996, perfil a lo largo del río Blanco de su fig. 1). En tanto, para el interfluvio al sur del río Cuevas con la quebrada Vargas se cuenta con otro perfil de estos últimos autores.

Es precisamente este perfil de la ladera izquierda de la quebrada Vargas que brinda, a nuestro entender, la clave de las relaciones entre el frente de corrimiento y la serie autóctona más oriental que tiene valor de tegumento pegado al zócalo preandino del flanco oeste de la Cordillera

Frontal. Esto se fundamenta en la interpretación de la zona comprendida entre el techo de la llamativa cornisa de calcarenitas de la Formación La Manga del curso inferior de la quebrada Vargas que transgrede las porfiritas cuaríferas del Grupo Choiyoi y la base de la primera escama. Según los perfiles de Ramos (1985 b) y Cegarra y Ramos (1996) y los mapeos de Ramos (1985a), Sanguinetti (1989) y Ramos *et al.* (1996), esta faja, de un kilómetro de ancho, es atribuida a la Formación Tordillo y descrita como un conjunto de conglomerados con dos conspicuas intercalaciones volcánicas (Volcanitas Vargas). Mientras que según nuestras observaciones esta zona resulta estratigráficamente y tectónicamente mucho más compleja (Fig. 3a) y presenta mucha similitud con lo que habíamos descrito inmediatamente al norte de Puente del Inca al nivel del perfil del Barquito (Vicente 2005b, fig. 9a).

De hecho, un perfil detallado de esta ladera norte de la quebrada (Fig. 3a) muestra que a las calcarenitas callovo-oxfordianas inclinadas 25° hacia el SW suceden efectivamente en concordancia, sin intercalación del Yeso Principal, algunas areniscas rojas y conglomerados asignables al Malm, pero luego el conjunto se ve truncado por la discordancia de una primera faja de Conglomerados Penitentes inclinados 15° hacia el oeste. Al respecto, cabe recordar que esta discordancia "primordial" ya había sido reconocida y señalada por Schiller (1912, fig. 22) en su vista comentada de la ladera derecha de la quebrada. Estos conglomerados son a su vez cubiertos en leve discordancia por aglomerados volcánicos grises que recuerdan mucho los Aglomerados Santa María. Esta sucesión se encuentra repetida a media falda por una importante falla inversa (F) buzando 45° al O que hace cabalgar una segunda faja de Conglomerados Penitentes sobre los aglomerados precedentes (Fig. 4). Esta segunda faja soporta también en discordancia una segunda faja de aglomerados. Por fin, esta última se ve truncada por el corrimiento de las calizas tithonianas de la primera



**Figura 2:** Invertebrados marinos de la comarca del cerro Penitentes, Alta Cordillera de Mendoza, Argentina. a-a': *Substeueroceras koeneni* (Steuer) (SGN 25011), b: *Micracanthoceras* sp. (SGN 25012), c: *Himalayites* aff. *andinus* H. Leanza (SGN 25013), d: Perisphinctidae indet. (SGN 25014), e: *Substeueroceras* aff. *striolatissimum* (Steuer) (SGN 25015), f: *Substeueroceras* sp. (SGN 25016), g: *Ceratostreon minos* (Coquand) (25017), h: *Steinmanella* (*Splenditrigonia*) *haupti* (Lambert) (SGN 25018), i: *Lucina neuquensis* Haupt (SGN 25019); j: *Steinmanella* (*Splenditrigonia*) *erycina* (Philippi) (SGN 25020), k: *Pterotrigonia* (*Scabrotigonia*) *transatlantica* (Behrendsen) (SGN 25021), l: *Rutitrigonia* sp. (SGN 25022), m: *Panopea dupiniana* d'Orbigny (SGN 25023), n: *Natica* sp. (SGN 25025). Todas las figuras x0.66. Zonas de *Coronogoceras alternans* y *Substeueroceras koeneni*. Tithoniano superior. Los fósiles se encuentran en el Repositorio del SEGEMAR (Av. Julio A. Roca 651, 1322 Buenos Aires, Argentina) identificados como "Colección J.-C. Vicente" bajo la sigla SGN (Servicio Geológico Nacional).

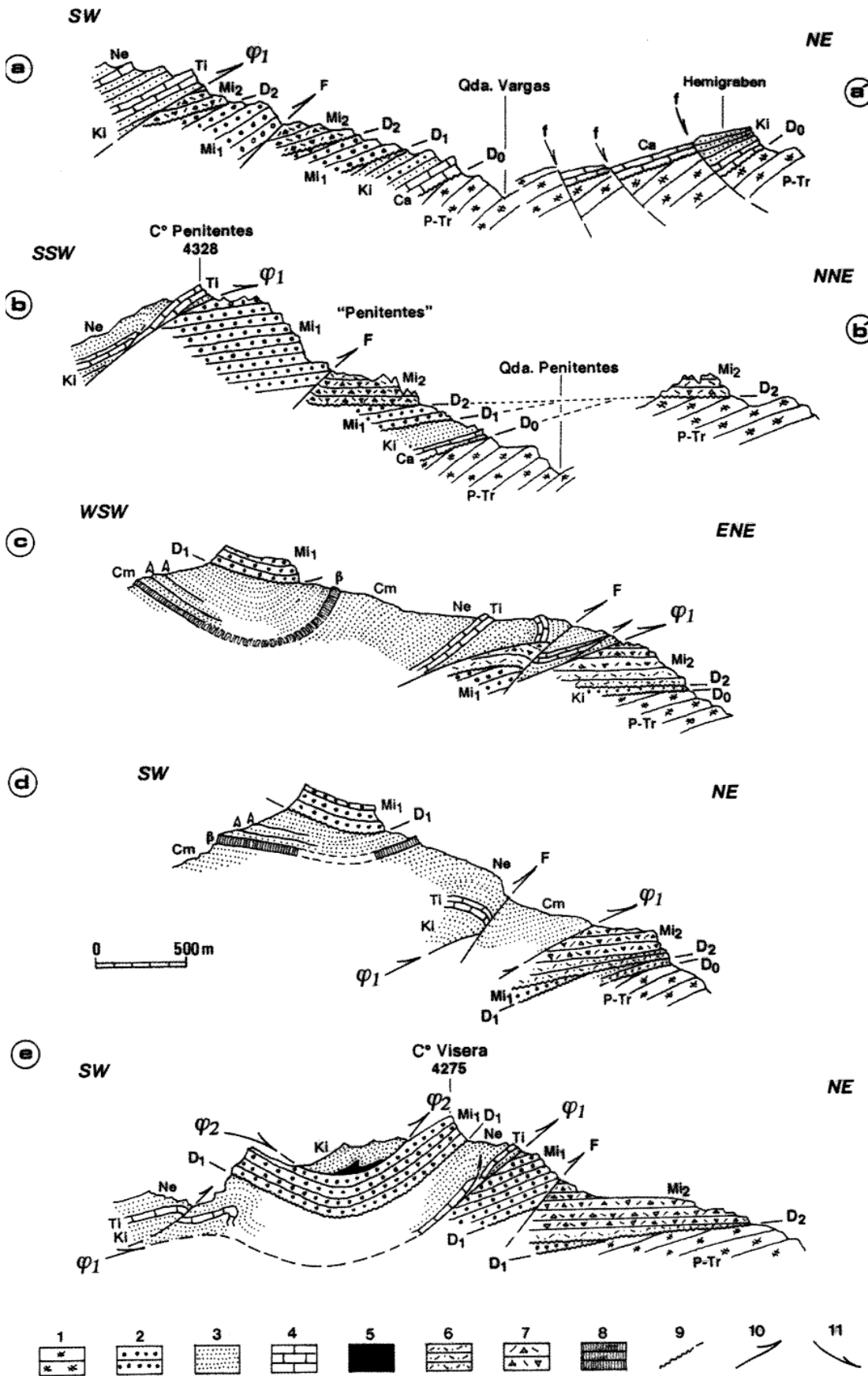
escama, es decir la del llamado corrimiento Penitentes. Axialmente, al nivel de la ribera izquierda de la quebrada, es posible observar ese frente tectónico, con restos de conglomerados del Kimmeridgiano (Formación Tordillo) fuertemente enderezados y cizallados horizontalmente que cabalgan los últimos aglomerados (Fig. 5). En resumen, se destaca la repetición tectónica de la secuencia terciaria y sus discordancias.

Para continuar con la terminología introducida en Vicente (2005b), D1 designará en adelante la discordancia basal de los Conglomerados Penitentes, mientras que D2 señalará la discordancia de los Aglomerados Santa María. Además de que el espesor de los Conglomerados Penitentes disminuye progresivamente hacia el este, se notará que la discordancia D2 bisela también notoriamente en esa misma dirección los conglomerados, a tal punto

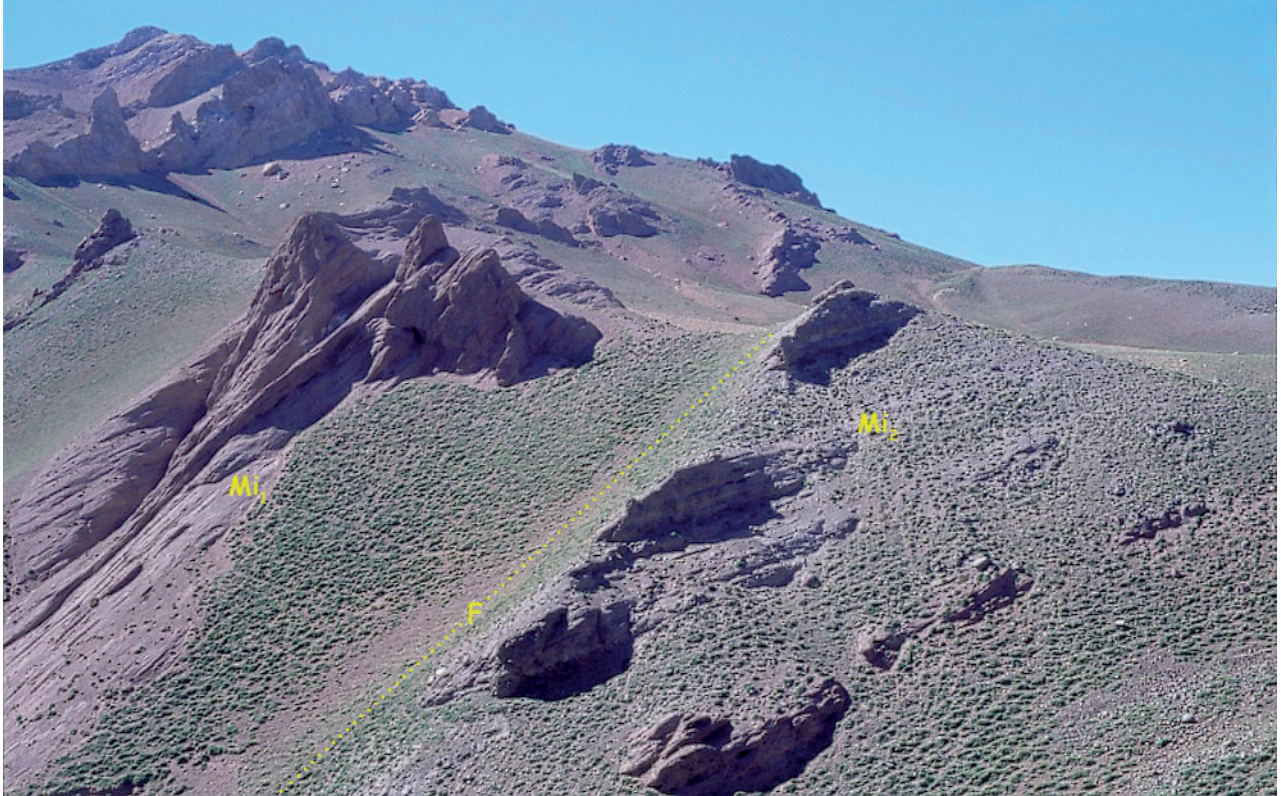
que los Aglomerados Santa María pueden llegar a descansar hacia el este directamente sobre el Grupo Choiyoi, así como se observa tanto más al norte (Cerro Santa María) como también, como veremos, más al sur (pie oriental de los cerros Penitentes y Visera).

Otro aspecto interesante del perfil concierne la tectónica extensiva visible en su parte más oriental que afecta y desplaza la cornisa callovo-oxfordiana (Fig. 3a'). El hecho de que en el extremo más oriental queda conservado un didáctico hemigraben de conglomerados rojos del Kimmeridgiano (Formación Tordillo) con relieve característico en abanico (Fig. 6), sugiere que esta tectónica remonta al Jurásico superior y constituye un relicto extensivo que habría escapado, por su posición muy externa, a la inversión compressiva andina.

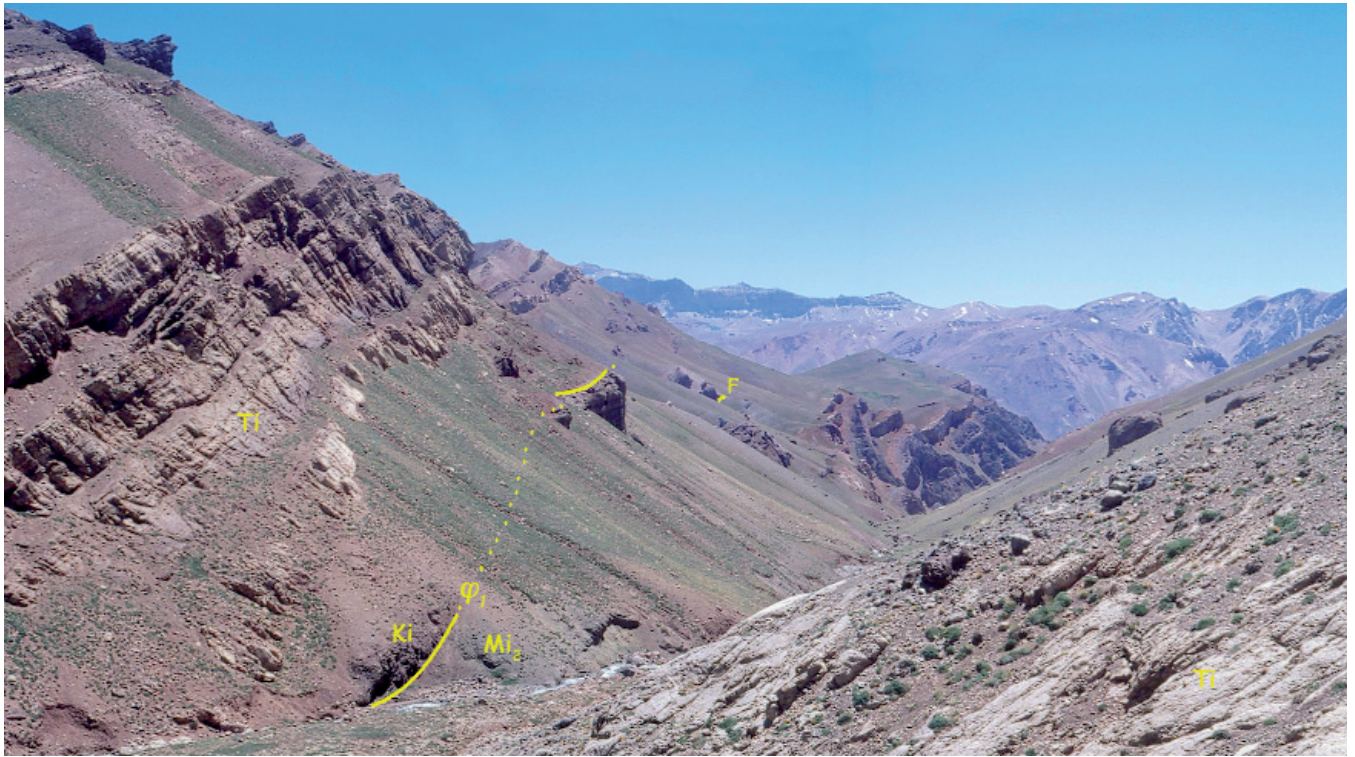
Por último conviene hacer algunos co-



**Figura 3:** Perfiles seriados en torno al cerro Penitentes entre la quebrada Vargas y el cerro Visera. 1 : Riolitas ; 2 : Conglomerados ; 3 : Areniscas rojas ; 4 : Calizas ; 5 : Yeso ; 6 : Tobas ; 7 : Aglomerados ; 8 : Basaltos ; 9 : Discordancia ; 10 : Cabalgamientos y corrimientos ; 11 : Fallas normales. P-Tr : Permo-Triásico (Gr. Choyoi) ; Ca : Callovo-oxfordiano (Fm. La Manga) ; Ki : Kimmeridgiano (Fm. Tordillo) ; Ti : Tithoniano ((Fm. Quintuco) ; Ne : Neocomiano (Fm. Mulichinco) ; Cm : Cretácico medio (Gr. Rayoso) ; Mi1 : Mioceno inferior (Conglomerados Penitentes) ; Mi2 : Mioceno superior (Aglomerados Santa María). D0 : Discordancia basal del Jurásico ; D1 : Discordancia de los Conglomerados Penitentes ; D2 : Discordancia de los Aglomerados Santa María ; 1 : Corrimiento Penitentes (Ia Escama) ; 2 : Corrimiento de la IIa Escama ; F : Cabalgamiento frontal ; f : Fallas normales ; : Colada de basalto.



**Figura 4:** Aspecto del cabalgamiento (F) de la segunda faja de Conglomerados Penitentes ( $Mi_1$ ) sobre los Aglomerados Santa María ( $Mi_2$ ) en la ladera izquierda de la quebrada Vargas.



**Figura 5:** Vista general del perfil de la ladera izquierda de la quebrada Vargas. Nótese en el primer plano izquierdo la cornisa tithoniana (Ti) de la Ia Escama y por debajo conglomerados rojos del Kimmeridgiano (Ki) corridos (1) sobre la última faja de Aglomerados Santa María ( $Mi_2$ ). Al fondo, aguas abajo, se divisa la parte más oriental del perfil, no invertida, donde el tegumento jurásico, transgresivo sobre el Grupo Choiyoi, se muestra desplazado por fallas normales. A media falda se sitúa el cabalgamiento frontal (F) de la figura anterior. Vista tomada desde la ladera derecha a partir de la superficie estructural del techo de la cornisa tithoniana.

mentarios sobre la composición litoestratigráfica de la primera escama. La demostración de la edad tithoniana de la cornisa carbonática basal confirma su pertenencia al Grupo Mendoza y justifica el hablar de facies Quintuco. Mientras que el conjunto de areniscas rojas y conglomerados con escasas intercalaciones carbonatadas que le sucede y cuya edad neocomiana es probable, su asignación a la facies Mulichinco parece indicada. En cuanto al resto de la serie roja bastante gruesa que culmina, cerca del contacto con la segunda escama ( $\Phi_2$ ), con conspicuos niveles lacustres amarillentos, su asignación al Grupo Rayoso es factible. Dentro de este marco queda claro que las volcanitas basálticas descritas por Sanguinetti (1989) en la primera escama están directamente asociadas a este último grupo y caracterizan entonces un volcanismo de retroarco más bien mesocretácico. De toda manera, visto la confusión introducida por los precedentes autores se impone una urgente revisión detallada de esta secuencia de borde de cuenca donde alternan facies muy litorales con aportes fluviales de origen indiscutiblemente oriental. Mientras tanto, queda por elogiar nuevamente a Schiller (1912) por haber sospechado, a nivel del perfil de Puente de Inca, la presencia del Tithoniano-Neocomiano en la base de la primera escama a pesar del hallazgo en aquel entonces de faunas poco significativas desde del punto de vista cronológico.

### RESEÑA DEL FLANCO NORTE DEL CERRO PENITENTES

A pesar de la oblicuidad del perfil anterior (SW-NE) con respecto a la orientación prácticamente N-S de las estructuras andinas, el reconocimiento de unidades terciarias en neta discordancia sobre el tegumento jurásico y la puesta en evidencia de la repetición tectónica de la secuencia conduce a interrogarse sobre una eventual continuación de esta situación hacia el sur. Más aún cuando los perfiles de Ramos (1988) y Cegarra y Ramos (1996)

por ambas partes de la quebrada Vargas sugieren una notoria ausencia de continuidad. En este contexto, el flanco norte del cerro Penitentes aparece como un blanco privilegiado. Lamentablemente, el pié del acantilado principal de los conglomerados del cerro Penitentes se muestra cubierto por importantes derrubios que ocultan en parte la geología de la ladera derecha de la quebrada Vargas y la hacen menos favorable que su ladera opuesta. Sin embargo, además de la clara discordancia de la primera faja de Conglomerados Penitentes sobre los conglomerados y areniscas rojas del Malm (Formación Tordillo) ya señalada por Schiller (1912) e ilustrada en nuestra figura 7, dos hechos son particularmente significativos. El primero es el rápido adelgazamiento hacia el SE de la cornisa de la Formación La Manga, el segundo es su brusca desaparición a expensas de aglomerados subhorizontales que llegan a descansar hacia el Este directamente sobre el Grupo Choiyoi (Fig. 3b'). Estos aglomerados se observan muy bien en la figura 8, constituyendo una notoria faja oscura a media falda del acarreo y presentan una llamativa erosión diferencial en pedestales señalada por Schiller (1912, figs. 21 y 30). Según ese autor, estos curiosos "Penitentes" serían responsables del nombre atribuido al famoso cerro que los domina. En el detalle, a nivel del perfil mismo (Fig. 3b), es dable observar que estos aglomerados descansan todavía sobre algunos restos de la primera faja de Conglomerados Penitentes ellos mismos discordantes sobre el Grupo Choiyoi. Esto significa que a causa de las discordancias terciarias respectivas D1 y D2 desde la quebrada Vargas se bisela progresivamente hacia el ESE en menos de 1,5 km sucesivamente el Malm, el Callovo-Oxfordiano y la primera faja de Conglomerados Penitentes. A esto debe agregarse el propio biselado interno de las unidades terciarias ya que el depocentro de los aglomerados Santa María queda desplazado hacia el este con respecto al de los Conglomerados Penitentes.

El mayor problema que plantea este perfil es la relación de estos aglomerados en medio del acarreo con la base del acantilado formado por la masa principal de los Conglomerados Penitentes. Por la repetición tectónica evidenciada en la ladera norte de la quebrada Vargas y el espectacular salto topográfico que traduce este acantilado norte de cerca de 500 m, se considera la posibilidad de un cabalgamiento en la base que montaría la faja principal de los Conglomerados Penitentes sobre los Aglomerados Santa María pero que se encuentra cubierto por los derrubios. Por suerte, este hecho tiene la confirmación inmediatamente al sur a nivel del portezuelo de las nacientes de la quebrada Penitentes. Más allá, este cabalgamiento prosigue hacia el sur vía las nacientes de la quebrada Pochoco hasta alcanzar el pie oriental del cerro Visera.

### RESEÑA DEL FLANCO SE DEL CERRO PENITENTES

Apartado de los accesos tradicionales, este flanco SE del cerro Penitentes ofrece un muy notable y didáctico perfil SO-NE que resume lo esencial de la estructura del frente andino a esta latitud. Permite apreciar, en particular, con toda su magnitud el corrimiento Penitentes con su base esencialmente tithono-neocomiana que toma al asalto la masa principal de los Conglomerados Penitentes. Cabe señalar que la base de la escama incluye también una importante faja de areniscas rojas por debajo de la cornisa calcárea tithoniana atribuible al kimmeridgiano (Formación Tordillo) (Fig. 3b). El contacto tiene una inclinación aparente de 25-30° hacia el SO y trunca nítidamente los Conglomerados Penitentes inclinados a su vez de 8° hacia el SO. El panorama de la figura 9 muestra que el plano de corrimiento baja desde la cumbre del cerro y alcanza rápidamente las nacientes de la quebrada Pochoco donde toma un rumbo este siguiendo la ribera sur y logra descansar directamente sobre los Aglomerados Santa María antes de proseguir



**Figura 6:** Tectónica distensiva neojurásica conservada en la parte oriental del perfil de la ladera izquierda de la quebrada Vargas. Nótese los desplazamientos de la cornisa calcárea callovo-oxfordiana (Formación La Manga) y el hemigraben de Jurásico superior (Formación Tordillo) con sedimentación característica en abanico conservado en la parte más oriental del perfil. Vista hacia el norte desde los "Penitentes" labrados en los Aglomerados Santa María del pie oriental del cerro Penitentes.

hacia el sur con esta misma relación. Se asiste entonces a una verdadera envoltura meridional del lomo del cerro por la unidad corrida, al estilo de una hemiventana tectónica. Esto significa que el plano de corrimiento ha sido combado posteriormente a su génesis, lo que arguye en favor de su carácter polifásico.

Por lo demás, hemos ya advertido que el contacto principal se ve recortado en las nacientes de la quebrada Pochoco por la prolongación sur del cabalgamiento del pie oriental del cerro Penitentes. En la figura 10 se ve muy bien el salto topográfico producido por este cabalgamiento. Vista la importancia del acantilado esculpido en los conglomerados de la cara NE del cerro Penitentes con respecto al filo que, hacia el NE, constituye la divisoria con la quebrada Vargas y se muestra labrado en los Aglomerados Santa María cuya base discordante sobre el Grupo

Choiyoi se percibe distintamente en el paisaje, está claro que un desnivel tan importante no puede explicarse por simple erosión diferencial. Por último, se notará que el cordón de primer plano que oculta parte de la base del cerro Penitentes corresponde a areniscas rojas del Cretácico inferior del lomo de la unidad corrida que viene a descansar tectónicamente mediante una suela de calizas tithonianas sobre los Aglomerados Santa María. Se advierte también en esta vista que la traza del corrimiento Penitentes que culmina a más de 4.300 m cerca de la cumbre del cerro Penitentes baja a menos de 3.800 m en el primer plano como consecuencia de la envoltura meridional de la culminación estructural del cerro.

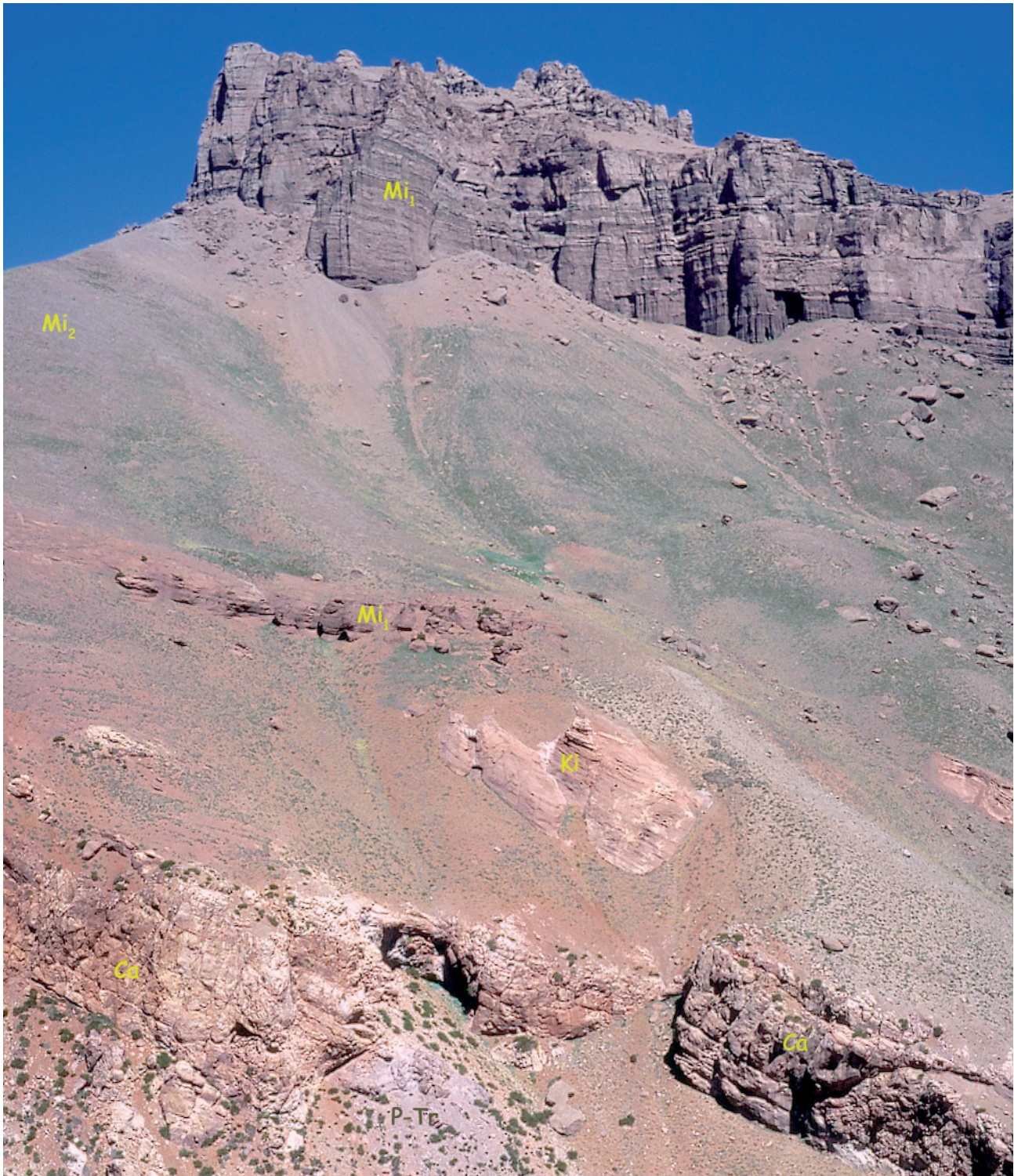
A continuación, queda por examinar la continuación de las estructuras hacia el SE, es decir por el sector del emblemático cerro Visera.

## GEOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL CERRO VISERA

Sobre este sector solo se disponía del mapa preliminar de Ramos (1985a, cf. su figura 2) y luego de su versión cartográfica actualizada a color (Ramos *et al.* 1996). En esta última, el cerro Visera figura como la continuación directa de la primera escama y constituido básicamente por las Formaciones La Manga y Tordillo conforme a la lógica estratigráfica adoptada más al norte por esos autores. En el mismo sentido, cabe mencionar la vista del flanco norte del cerro Visera presentada por Cegarra y Ramos (1996, su figura 7) como una ilustración del corrimiento Penitentes donde sería dable observar las calizas de La Manga corridas sobre los Conglomerados Santa María.

Pues bien, tal como lo habíamos antici-





**Figura 7:** Detalle de la discordancia de la primera faja de Conglomerados Penitentes sobre las areniscas rojas y conglomerados del Kimmeridgiano (Formación Tordillo) que suceden a la cornisa calcárea callovo-oxfordiana (Formación La Manga) del primer plano. Vista general del flanco NNE del cerro Penitentes, ladera derecha de la quebrada Vargas.

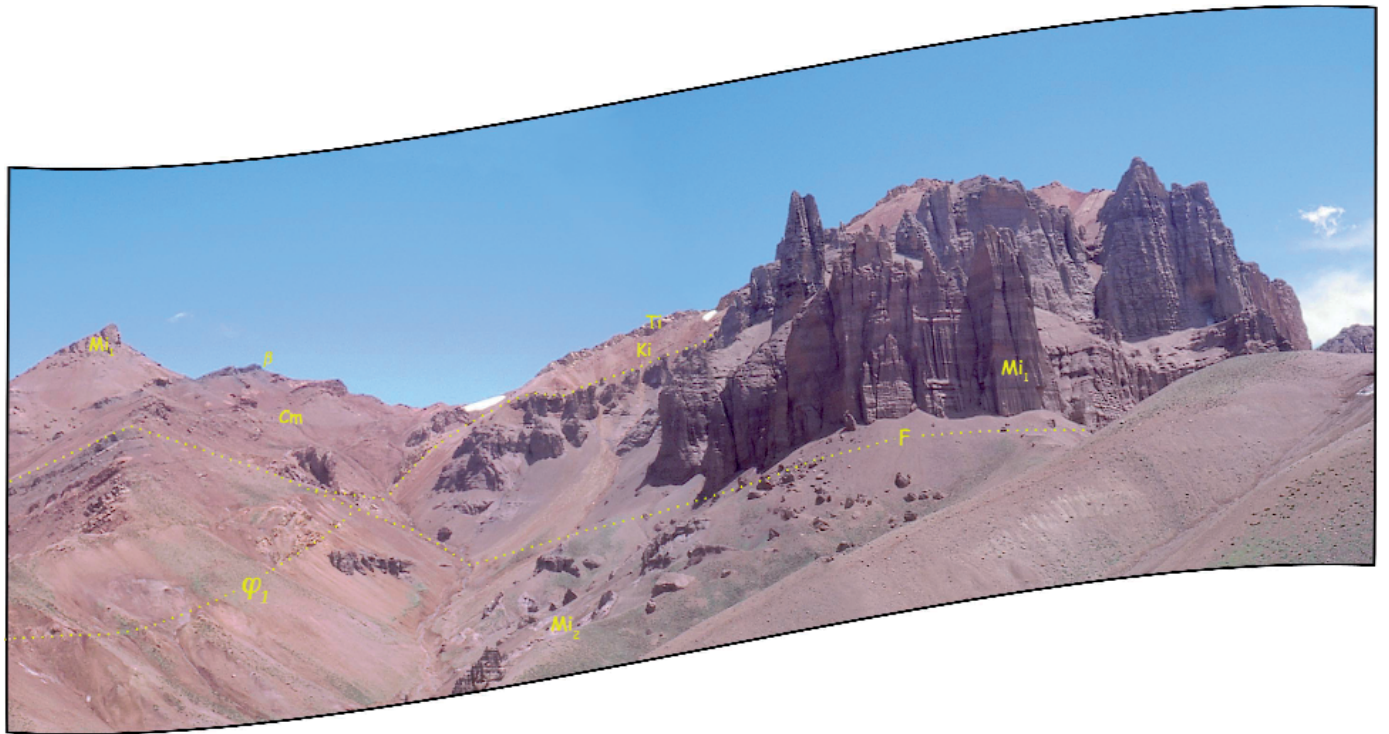
pado en la introducción, la visita al cerro Visera y alrededores resultó particularmente instructiva e innovadora. En efecto, el cerro Visera resulta constituido bá-

sicamente por Conglomerados Penitentes claramente discordantes (15-20°) sobre areniscas rojas del Cretácico inferior (Grupo Rayoso) y plegados en un llama-

tivo sinclinal colgado cuyas alas forman unas expresivas crestas. La discordancia basal de los conglomerados es particularmente evidente en el ala occidental (Figs.



**Figura 8:** Panorama general del flanco NE del cerro Penitentes mostrando las relaciones entre los conglomerados del acantilado principal ( $Mi_1$ ) y los Aglomerados Santa María ( $Mi_2$ ) subhorizontales que forman el interfluvio en las nacientes de la quebrada Penitentes y los "Penitentes" visibles a media faja del acarreo. Al pié del acantilado pasaría el cabalgamiento frontal (F).



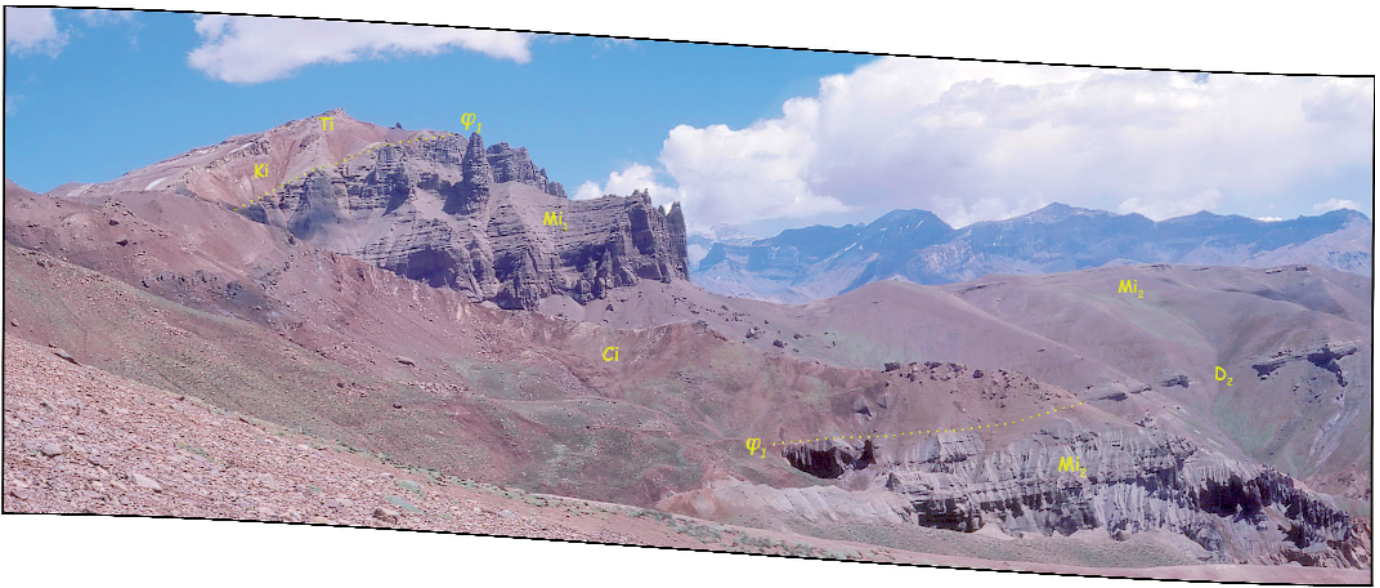
**Figura 9:** Vista general del flanco SE del cerro Penitentes por las nacientes de la quebrada Pochoco. Aspecto del acantilado principal de los Conglomerados Penitentes ( $Mi_1$ ) y atrás el corrimientos Penitentes ( $P_1$ ) de la escama que baja de la cumbre para seguir por la ribera derecha de la quebrada. Este plano se muestra a su vez desplazado por la traza del cabalgamiento frontal (F) que controla la relación de los Conglomerados Penitentes con los Aglomerados Santa María ( $Mi_2$ ) del primer plano.

11 y 12), pero se reconoce también en el ala oriental. Además, esa ala oriental se muestra repetida por la traza del corrimiento Penitentes. A ese nivel, el corrimiento lleva en su base, además de las areniscas rojas sobre las cuales descansan

a espaldas en discordancia los conglomerados de la estructura principal del sinclinal, una faja de calizas tithonianas fuertemente cizalladas y biseladas que truncan nítidamente y oblicuamente una faja inferior de conglomerados que a su vez ca-

balgan hacia el este sobre los Aglomerados Santa María subhorizontales (Figs. 3e y 13).

Si uno compara entonces la posición estructural de esta última faja de conglomerados con la faja principal del cerro Pe-



**Figura 10:** Panorama general del flanco sur del cerro Penitentes. Nótese, al nivel del perfil del cerro Penitentes, la traza del corrimiento Penitentes ( $\phi_1$ ) inclinado  $25^\circ$  al SO que trunca nítidamente los Conglomerados Penitentes basculados  $8^\circ$  al SO. En el primer plano, a consecuencia de una inflexión axial hacia el sur, se observa el corrimiento de las areniscas del Cretácico inferior (Ci) de la unidad corrida directamente sobre los Aglomerados Santa María. En el segundo plano a la derecha aparece la base discordante ( $D_2$ ) de los aglomerados directamente sobre el Choyoi.

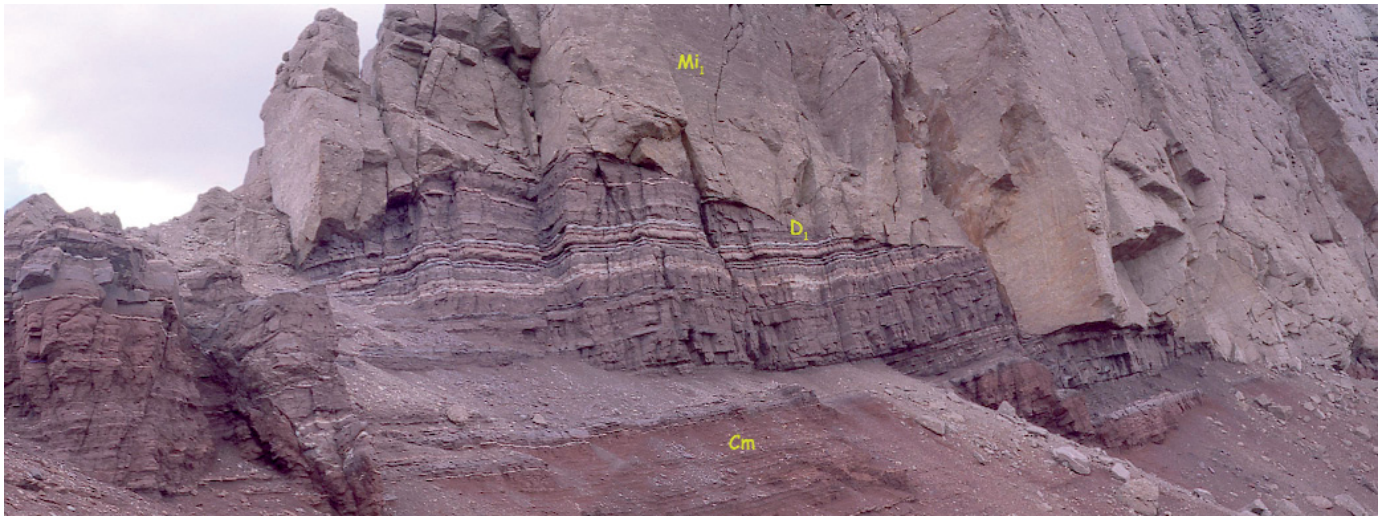


**Figura 11:** Vista general hacia el ESE sobre el flanco occidental del cordón del cerro Visera. Nótese, en primer plano, la cresta de Conglomerados Penitentes ( $Mi_1$ ) discordantes sobre las areniscas rojas y coladas basálticas del Grupo Rayoso (Cm) de la unidad corrida. En segundo plano, obsérvese la estructura característica de sinclinal colgado del cerro Visera formado por los Conglomerados Penitentes y en el corazón las notorias klippes de areniscas rojas del Kimmeridgiano (Fm. Tordillo), oriundas de la IIa escama.

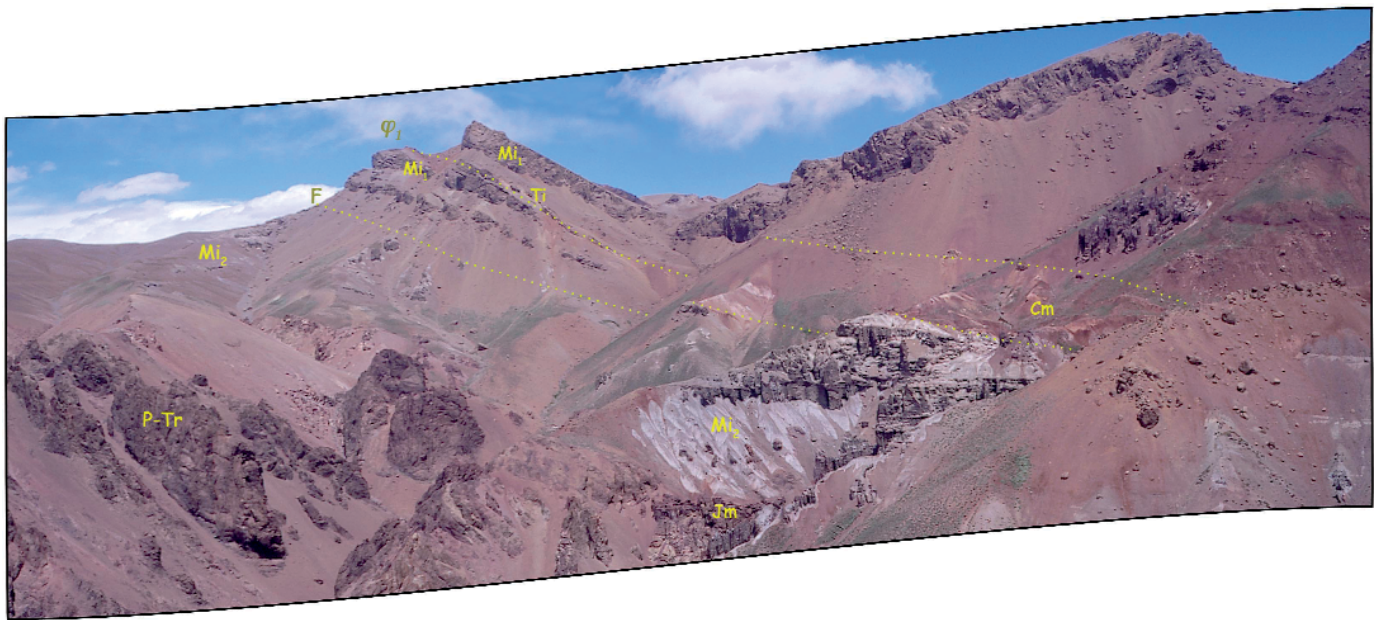
nitentes (Fig. 3b), se constatan muchas similitudes si no fuera el espesor más reducido: ambas ocupan una posición de autóctono relativo con respecto al corrimiento Penitentes ( $\phi_1$ ) y ambas se muestran comprendidas entre este último y el cabalgamiento frontal (F) dispuesto sobre los Aglomerados Santa María. Siguiendo la traza del corrimiento Penitentes, desde el pie SE del cerro Penitentes has-

ta el pie NE del cerro Visera, se observa como en ese tramo intermedio el corrimiento se efectúa, primero directamente sobre los Aglomerados Santa María en la parte más avanzada del corrimiento Penitentes (Fig. 3c) y luego, a aproximarse del cerro Visera, lo hace sobre una faja intermedia de areniscas rojas que a su vez cabalgan los aglomerados a favor de la prolongación del cabalgamiento frontal (Figs.

3d y 14). A lo largo de todo ese tramo la base del corrimiento Penitentes se muestra jalonado por notorios jirones de calizas tithonianas y de yeso de modo que es fácil seguirlo. Es la diferencia de inclinación entre el corrimiento Penitentes ( $20^\circ$ ) y el cabalgamiento frontal ( $40^\circ$ ) lo que explica el biselado lateral de la faja autóctona de conglomerados en beneficio de las areniscas rojas subyacentes.



**Figura 12:** Detalle de la discordancia ( $D_1$ ) de los Conglomerados Penitentes del ala occidental del cordón del cerro Visera sobre las areniscas rojas y evaporitas del Grupo Rayoso ( $C_m$ ) de la 1ª escama. Nótense las fallas normales sinsedimentarias asociadas que desplazan el contacto.



**Figura 13:** Panorama general hacia el sur sobre el ala oriental del cordón del cerro Visera. Nótense, en el primer plano, la faja gris claro de Aglomerados Santa María subhorizontales discordantes sobre el Grupo Choiyoi y cabalgados por las areniscas rojas del Grupo Rayoso. Al fondo el perfil del cerro Visera mostrando la repetición tectónica ( $\phi_1$ ) de la faja de Conglomerados Penitentes y el cabalgamiento frontal (F) sobre los Aglomerados Santa María del filo de la Ciénega del Tupungato.

Por otro lado, cabe recalcar que la masa principal de los Conglomerados Penitentes que constituyen el cerro Visera ocupan una posición relativa de alóctono por haber sido transportada (*piggy-back*) a cuestras de la primera escama. Ello constituye un aspecto novedoso y complementario con respecto a los perfiles anteriores. Esto prueba que aunque la discordancia de esos conglomerados sinorogénicos del Mioceno inferior conforma una

indudable primera estructuración de la zona la más externa (fase pehuenche), esa ha sido luego fuertemente reactivada para lograr plegar en sinclinal los conglomerados del cerro Visera y producir el corrimiento frontal directamente sobre los aglomerados a nivel de las nacientes de la quebrada Pochoco. En este marco, a todas luces polifásico del frente andino, la cronología exacta resulta un tanto compleja ya que deben considerarse por lo

menos dos fases, a saber una al final del Mioceno inferior y otra en el Mioceno superior. La ubicación de las *klippes* de areniscas rojas del Malm, oriundas de la segunda escama ( $\phi_2$ ) y conservadas en el corazón del sinclinal sobre los Conglomerados Penitentes mediante una suela de Yeso Principal, debe atribuirse lógicamente al final del Mioceno inferior, es decir antes del combamiento del sinclinal. En cambio, la avanzada última del



**Figura 14:** Vista cercana del flanco oriental del cerro Visera. Obsérvense la repetición tectónica de la cornisa de Conglomerados Penitentes ( $Mi_1$ ) por la traza del corrimiento Penitentes ( $\phi_1$ ) y la cornisa de calizas tithonianas ( $Ti$ ) que jalonea su base y trunca la primera faja de conglomerados. Al pie aparecen los Aglomerados Santa María subhorizontales ( $Mi_2$ ) cabalgados ( $F$ ) por esta primera faja. En el primer plano se nota la traza del cabalgamiento frontal ( $F$ ) de areniscas rojas yesíferas del Grupo Rayoso ( $Cm$ ) sobre los aglomerados gris claro. Por último, nótese la pequeña *klippe* de la Formación Tordillo conservada al fondo, en el lomo del cerro Visera.

corrimiento Penitentes se sitúa indiscutiblemente en el Mioceno tardío ya que alcanza el techo de los Aglomerados Santa María (Fig. 14).

Finalmente, hace falta mencionar la reaparición hacia el NNE de un poco de tegumento del Dogger conservado por debajo de los aglomerados en forma de una delgada faja de conglomerados rojos, transgresivos sobre el Grupo Choiyoi, que se adelgaza rápidamente hacia el Este (Fig. 13).

## CONCLUSIONES

Los diferentes perfiles y panoramas ana-

lizados entre la quebrada Vargas y el cerro Visera presentan una notoria comunidad de estilo. Esto muestra que, a pesar de las culminaciones e inflexiones axiales, en parte ligadas al carácter lenticular de los abanicos aluviales responsables de los depósitos de los Conglomerados Penitentes en el Mioceno inferior, el frente andino conserva una constante lógica tectónica. Esta última ya había sido advertida en los perfiles levantados al norte inmediato de las Cuevas (Vicente 2005a y b). La primera lógica concierne el contenido estratigráfico de la llamada primera escama. Su base incluye a lo sumo un poco de

Tordillo (Kimmeridgiano) pero en lo esencial una cornisa calcárea de edad indiscutiblemente tithoniana. Se confirma así indirectamente que esa unidad tectónica es básicamente despegada a nivel del Yeso Principal (Formación Auquilco). Ciertamente, esta primera escama coincide con la terminación paleogeográfica oriental de los depósitos de yesos oxfordianos. Más al Este, en la llamada serie autóctona oriental que tiene valor de tegumento vinculado al zócalo, la transición del Dogger (Formación La Manga) al Malm (Formación Tordillo) se efectúa sin evaporitas. Se entiende entonces la dificultad

de los autores anteriores para interpretar la serie estratigráfica de esta primera escama y el error de asignación de edad, por el carácter muy litoral de la serie junto a la escasez de faunas diagnósticas y su contraste con la litoestratigrafía más tradicional de centro de cuenca de las escamas siguientes más occidentales. No obstante, cabe recordar que ya Gerth (1932, fig. 47) había advertido con un pionero esquema sobre las importantes variaciones de facies que afectan el mesozoico del sector aconaguino.

La segunda lógica tiene que ver con los depósitos terciarios en la medida en que la esencial distinción entre Conglomerados Penitentes de naturaleza epiclástica (Mioceno inferior) y Aglomerados Santa María de origen volcánico (Mioceno medio a superior) con sus respectivas discordancias basales permite afinar notablemente la cronología polifásica del frente andino. En particular conduce a otorgar cierta importancia a la fase del final del Mioceno inferior ya que se considera como responsable del emplazamiento de la *klippe* de Malm conservada en el corazón del sinclinal del cerro Visera. Según nuestra interpretación, se infiere una notable reactivación del corrimiento de la segunda que implica una flecha de corrimiento de más de 6 km. En resumidas cuentas, el frente de corrimiento andino del sector presenta una compleja interferencia tanto en el tiempo como en el espacio entre reactivaciones del plano de despegue principal de las escamas más externas y las inversiones parciales de las estructuras extensionales heredadas del Jurásico superior. De ello se deduce, en el contexto polifásico que imperó, una curiosa mezcla entre avanzadas de estilo de piel fina y recortes de piel gruesa, lo que brinda originalidad e interés a la zona.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre-Urreta, M.B. y Lo Forte, G.L. 1996. Los depósitos tithoneocomianos. En Ramos, V.A. (ed.) Geología de la región del Aconagua, provincias de San Juan y Mendoza, Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24(7): 179-229, Buenos Aires.
- Cegarra, M.I. y Ramos, V.A. 1996. La faja plegada y corrida del Aconagua. En Ramos, V.A. (ed.) Geología de la región del Aconagua, provincias de San Juan y Mendoza, Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24(14): 387-422, Buenos Aires.
- Gerth, H. 1932. Geologie Südamerikas Zweiter Teil. Geologie der Erde. Gebrüder Borntraeger: 201-389, Berlin.
- Gonzalez Bonorino, F. 1950. Geologic cross-section of the Cordillera de Los Andes at about parallel 33° L.S. (Argentina-Chile). Geological Society of America, Bulletin 61: 17-26.
- Groeber, P. 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29°30'. Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Ciencias Geológicas 1(5): 235-352, Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1981. The Jurassic-Cretaceous boundary beds in west central Argentina and their ammonite zones. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abh. 161: 62-92, Stuttgart.
- Leanza, H.A. 1993. Jurassic and Cretaceous trigonoid bivalves from West-Central Argentina. *Bulletins of American Paleontology* 105(343): 1-95, 17 pls., Lawrence.
- Leanza, H.A. y Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969 - III - Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1: 250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 218: 135 p. Buenos Aires.
- Lo Forte, G.L. 1996. Los depósitos jurásicos de la Alta Cordillera de Mendoza. En Ramos, V.A. (ed.) Geología de la región del Aconagua, provincias de San Juan y Mendoza, Subsecretaría de Minería de la Nación. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24(6) : 139-178, Buenos Aires.
- Polanski, J. 1972. Descripción geológica de la Hoja 24a-b, Cerro Tupungato, provincia de Mendoza. Carta Geológico-Económica de la República Argentina, escala 1: 200.000. Ministerio de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería, Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 128: 114 p., Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1985a. El Mesozoico de la Alta Cordillera de Mendoza: Facies y desarrollo estratigráfico - Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 1: 492-513.
- Ramos, V.A. 1985b. El Mesozoico de la Alta Cordillera de Mendoza : Reconstrucción tectónica de sus facies - Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 2: 104-118.
- Ramos, V.A. 1988. The tectonics of the Central Andes: 30° to 33° S latitude. Geological Society of America, Special Paper 218: 31-54.
- Ramos, V.A., Cegarra, M.I. y Perez, D.J. 1996. Carta Geológica 1:100.000 Región Aconagua. En Ramos, V.A. (ed.) Geología de la región del Aconagua, provincias de San Juan y Mendoza, Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24, Buenos Aires.
- Sanguinetti, A.S. 1989. Volcanismo neojurásico-neocomiano de la quebrada de Vargas, Alta Cordillera de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 44(1-2): 381-393.
- Schiller W. 1912. La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la provincia de San Juan. Ministerio de Agricultura de la Nación. Sección Geología, Mineralogía y Minería. Anales 7(5):1-68, Buenos Aires.
- Vicente J-C. 2005a. Conglomerados Penitentes vs. Aglomerados Santa María: el frente de corrimiento polifásico del Aconagua revisitado. 16° Congreso Geológico Argentino (La Plata), Actas 2: 185-192.
- Vicente J-C. 2005b. La fase primordial de estructuración de la faja plegada y corrida del Aconagua: importancia de la fase pehuenche del Mioceno inferior. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60(4): 672-684.

Recibido: 24 de abril, 2009

Aceptado: 10 de septiembre, 2009