

SEGUNDO CONGRESO GEOLOGICO CHILENO
6-11 Agosto 1979 ARICA-CHILE

OBSERVACIONES TECTONICAS EN LA PRECORDILLERA DE COPIAPO:
EL SECTOR DE PUQUIOS-SIERRAS LA TERNERA-VARILLAR.

Constantino MPODOZIS M.
Departamento de Geología
Universidad de Chile
Casilla 13518 - Correo 21
Santiago - Chile

John DAVIDSON M.
Departamento de Geología
Universidad de Chile
Casilla 13518 - Correo 21
Santiago - Chile

RESUMEN

En un corte transversal de la Precordillera de Copiapó, a la latitud de Sierra La Ternera (27°15'S) entre Puquios y la Sierra Varillar aflora una serie de horsts de zócalo paleozoico separados por depresiones tectónicas constituidas por sedimentitas y volcanitas mesozoicas. Ambos elementos morfoestructurales están limitados por un sistema de fallas inversas submeridianas de alto ángulo de probable edad terciaria media a superior. Este dispositivo estructural, originado por ruptura frágil del zócalo se superpone y disecta a la cobertura mesozoica, la cual ha sido afectada por una tectónica polifásica producto de, por lo menos, dos etapas de deformación. La primera se caracteriza por un plegamiento paralelo de dirección NNW con planos axiales de alto ángulo. La segunda corresponde al replegamiento del sistema anterior según ejes NE. Acompaña a esta última deformación la ruptura, en algunos sectores, de las charnelas anticlinales y la formación de escamas tectónicas de orden kilométrico, limitadas en su base por contactos inversos sub-horizontales. La edad de estos eventos tectónicos es probablemente post Cretácico inferior-pre Terciario.

ABSTRACT

Several paleozoic basement horsts isolated between tectonic grabens filled by mesozoic volcanics and sedimentary rocks crop out along a cross-section of the Precordillera de Copiapó, at Sierra La Ternera (27°15'S.L.) from Puquios up to Sierra Varillar. An approximate north-south trending, mid

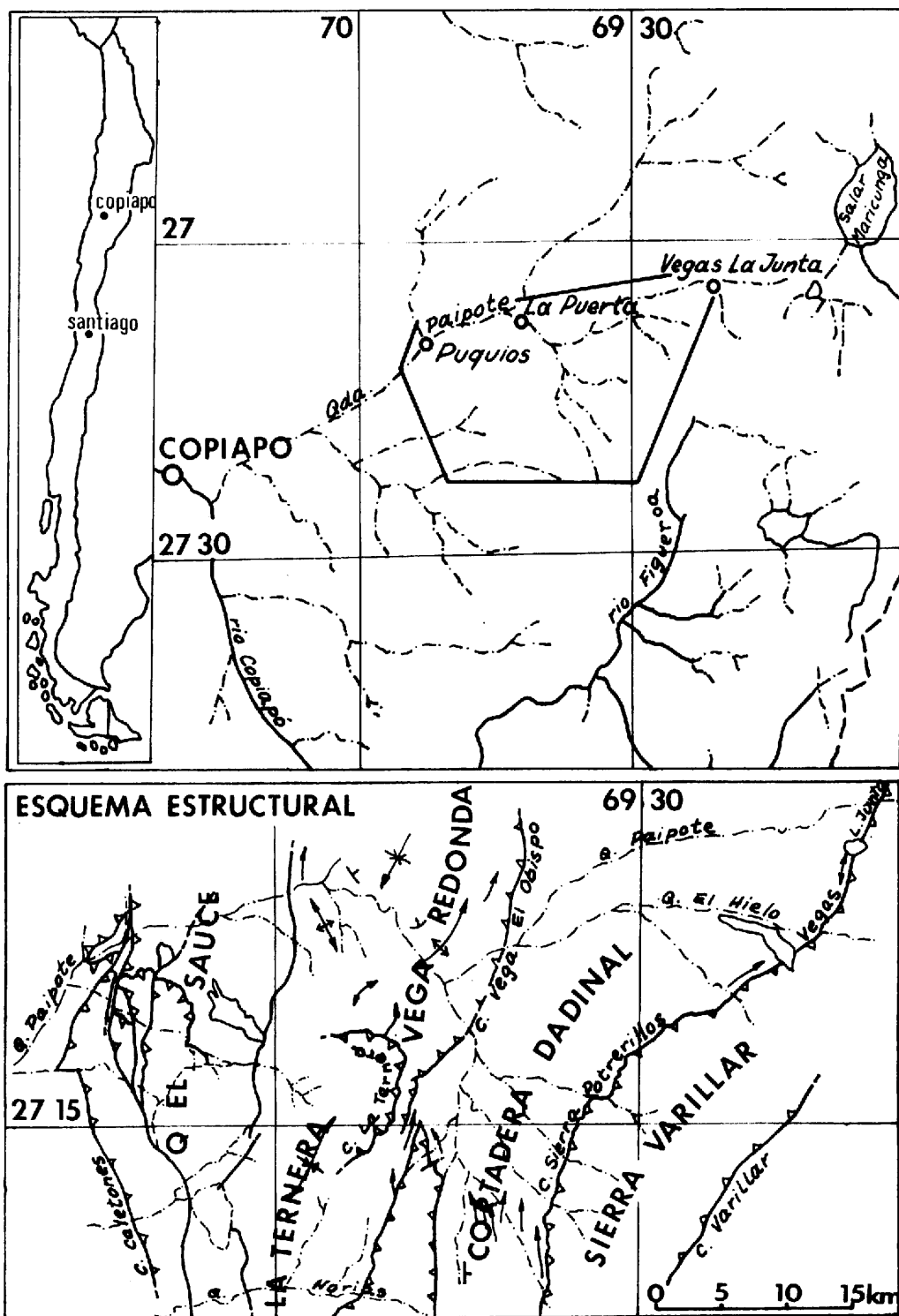


Fig. 1. Ubicación Area Estudiada y Morfoestructura general.

dle to late tertiary reverse fault system, bounds both morphostructural units. This structural grain, originated through basement brittle fracture is superimposed and/or cuts the mesozoic cover, in which a polyphase (at least two phases) deformation is present. Parallel north-west trending up-right folds characterized the first phase. They were refolded by a north-east trending second phase folds. During this last event, some anticlinehinges were sheared-off and kilometric scale low angle imbricate thrust faults developed. A post early cretaceous-pre tertiary age is inferred for these tectonic events.

INTRODUCCION

La precordillera de Atacama, inmediatamente al E de Copiapó, constituye una zona clave para resolver problemas que conciernen a las paleogeografías y tectónicas andinas y pre-andinas. Ya desde el año 1974, los autores y otros investigadores del Depto. de Geología de la Universidad de Chile, realizan reconocimientos geológicos y mapeos detallados sistemáticos en la región, en algunos casos como guía a los trabajos de terreno de cursos de Geología de Campo (1974-1975-1977-1978). Estas observaciones ya han permitido señalar notables adelantos en el conocimiento estratigráfico de la Región de Atacama, con respecto a los trabajos previos vertidos en el mapa 1:250.000 de Segerstrom (1968). Fuera de estas informaciones, el sector de Puquios y la Qda. Paipote, ubicados 60 km al ENE de Copiapó (Fig. 1) ha sido objeto de estudios y observaciones aisladas que ponían en relieve la importancia de tectónicas tangenciales superpuestas y que se ubican en una zona de engrane paleogeográfico entre un arco volcánico occidental y una cuenca marginal tras-arco oriental (Vicente, curso Geología de Chile, 1974; Godoy y Davidson, 1976). Recientemente el Instituto de Investigaciones Geológicas ha emprendido el levantamiento 1:100.000 de la Hoja Carrera Pinto, lo que contribuirá a precisar la geología del sector, cuyas líneas generales aquí se exponen.

Entre la localidad de Puquios y la Sierra de Varillar (50 km al E) se distinguen cinco dominios mayores (Fig. 2) que corresponden a pliegues de fondo que originan una serie de horsts de zócalo paleozoico separados por depresiones tectónicas relleno por sedimentitas y volcanitas mesozoicas. La ruptura frágil del zócalo se sobreimpone y disecta a la cobertura, limitando según un sistema de fallas sub-

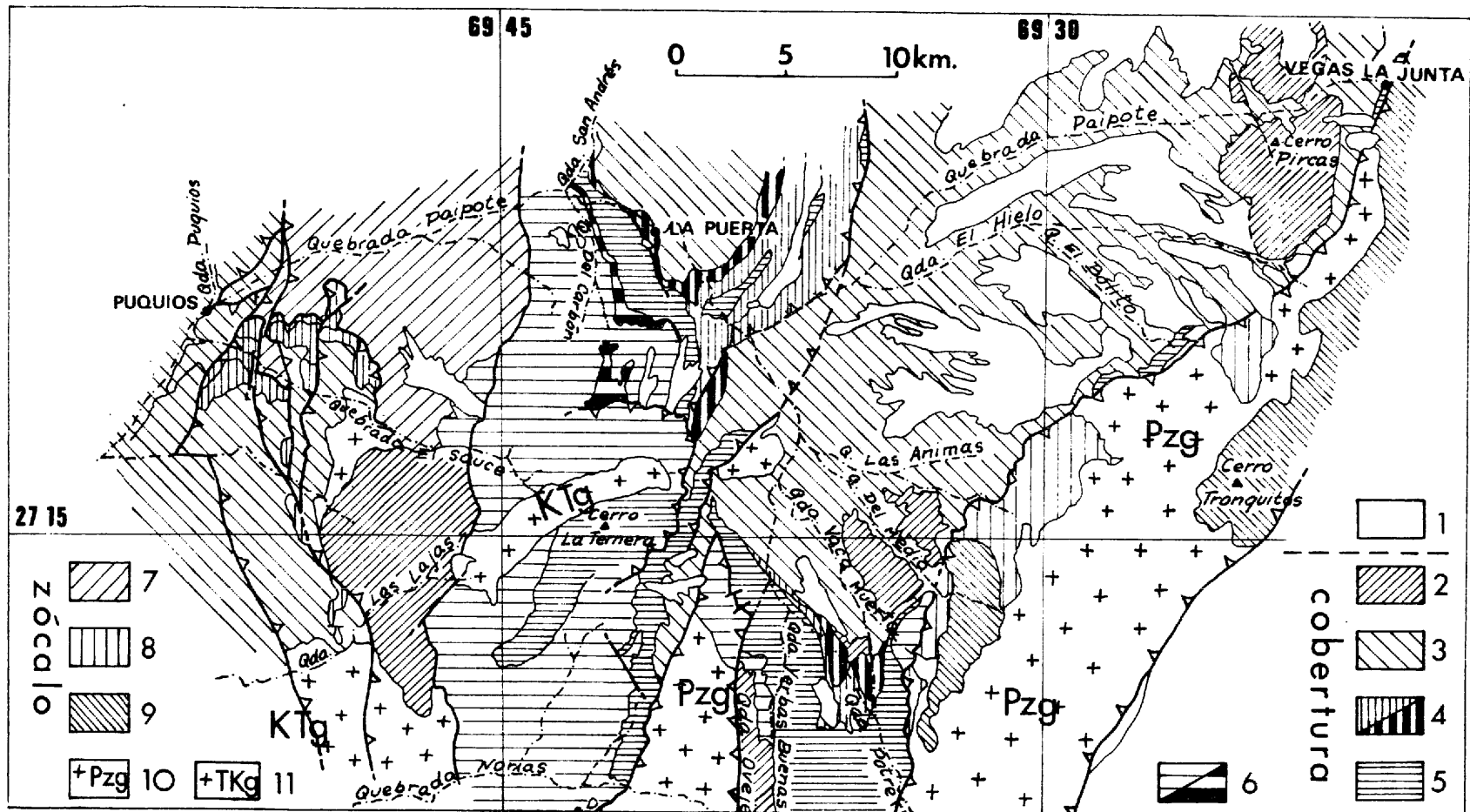


Fig. 2. Geología del sector Puquios-Sa. Varillar entre Qda. Norias y Qda. Paipote. 1. Gravas; 2. Secuencias Pircas, Lajas y Vaca Muerta (Cret. sup.-Te inf?); 3. Lavas, brechas y tobas (Cret. medio); 4. Lavas, Sed. marinos rojos (J. sup.-Neocomiano); 5. Jurásico marino; 6. Sed. Tr. sup.; 7. Sed. pérmicos?; 8. Riodacitas y riolitas pérmicas; 9. Sedimentitas Devono-Carboníferas; 10. Granitoides pérmicos; 11. Granitoides Cretácico superior-Terciario inferior.

2113

meridianas de alto ángulo, los siguientes elementos morfoestructurales, de E a W: Horst de Sierra Varillar, Sinclorium de Cortadera-Dadinal, Anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda, Sinclinal de la Ternera y Anticlinal de Q El Sauce.

ESTRATIGRAFIA

A continuación describiremos las diferentes secuencias estratigráficas de cuatro sectores considerados representativos de la zona estudiada.

El flanco occidental de la Sierra Varillar (Fig. 3a)

En el curso superior de las quebradas Potrerillos, Vaca Muerta y Agua del Medio, afluentes de la Q. Cortadera y constituyendo el borde oriental de la depresión de Cortadera-Dadinal, afloran rocas pertenecientes tanto al bloque de zócalo de la Sierra Varillar como a su cobertura mesozoica, relacionados tectónicamente por medio de un accidente inverso terciario de vergencia occidental (cabalgamiento Vegas La Junta-Sierra Potrerillos).

El zócalo prejurásico. La unidad más antigua expuesta en la zona corresponde a más de 1.000 m de sedimentitas epimetamórficas (grauvacas y wackas arcósicas verdes con intercalaciones rítmicas de pizarras negras y algunos niveles de calizas estromatolíticas) (Brinck et al. 1978) y que corresponden a la prolongación meridional de las sedimentitas de Q. Chinchas-Sierra El Hielo (Davidson et al., 1978). Estas sedimentitas fueron asignadas por estos autores al Paleozoico superior (Devónico-Carbonífero?) según una correlación con afloramientos similares en la Cordillera Claudio Gay (Kubaneck y Zeil, 1971), Pedernales (Cisternas, 1977) y Alto Río Tránsito (Reutter, 1974). Todos estos últimos, sedimentos marinos de características semejantes a los depósitos de grauvacas y pizarras carboníferas (litofacies occidentales) de la cordillera Frontal Argentina (Caminos, 1979).

En marcada discordancia angular (discordancia saaliana?) se ubica encima de los anteriores una sección de más de 2.000 m de lavas ácidas masivas (riolitas, dacitas) de característico color gris oscuro a negro. Estas lavas podrían representar en la zona, al evento volcánico permo-triásico de gran desarrollo en la Precordillera de Co

piapó (Kubaneck y Zeil, 1971; Cisternas y Vicente, 1976; Jensen, 1976; Davidson et al., 1978). Ambas unidades están intruidas hacia el este por un complejo intrusivo polifásico (granodioritas-granitos leucocráticos) de plutones pre-jurásicos que constituyen el núcleo de la sierra Varillar conformando una franja de 35 km de largo por 8 km de ancho entre la Sierra del Hielo y Sierra Potrerillos. Con toda seguridad constituyen intrusivos pertenecientes a la "Provincia plutónica Pérmica" de Mc Bride et al. (1976) y dentro de la cual se incluyen prácticamente todos los granitoides prejurásicos de los Andes de Copiapó, de acuerdo a las edades radiométricas obtenidas (Farrar et al., 1970; McNutt et al., 1974; Zentilli, 1974). Todas estas unidades cabalgan hacia el oeste sobre una serie de reducida extensión areal (Qdas. Agua del Medio y Vaca Muerta) constituida por alrededor de 500 m de brechas riolíticas, ignimbritas, tobas riolíticas y riolitas de colores claros que, a pesar de sus relaciones tectónicas con las riolitas masivas negras, podrían corresponder a facies diferentes y estratigráficamente más elevadas(?) del evento volcánico permo-triásico.

La cobertura andina. Sobre las riolitas y brechas riolíticas permo-triásicas en las quebradas Agua del Medio (Brinck et al., 1978) y Vaca Muerta (Cuitiño et al., 1978) se disponen en transgresión, los sedimentos carbonatados y clásticos marinos de la formación LAUTARO (Segerstrom, 19) que representa al Jurásico marino en la Precordillera de Copiapó. En el sector esta unidad está constituida por 300 a 400 m de sedimentitas en cuyos niveles inferiores se observan conglomerados y areniscas calcáreas (Qda. Agua del Medio) o bien sólo calcarenitas (Q. Yervas Buenas, Amigo et al., 1978). Hacia arriba se sucede una secuencia relativamente homogénea de calcarenitas y calcilutitas que muestran una característica patina de alteración amarillenta. El material fosilífero recolectado permite reconocer el Sinemuriano medio (Asteroceras sp.), Toarciano (Harpoceras sp., Phymatoceras sp., Coeloceras sp., Polyplectus sp., Lioceratoides sp.) y finalmente Aaleniano en los niveles más altos de la Qda. Yervas Buenas (capas con Bredya sp., Amigo et al. 1978). Cabe recordar que von Hillebrandt (1970, 1973) levantó un perfil detallado del Jurásico en la Qda. Yervas Buenas reconociendo niveles desde el Sinemuriano medio (zona del turneri) hasta el Bajociano (zona del sauzei). Sobre los niveles aalenianos, en Qda. Potrerillos

se desarrolla una secuencia regresiva que comienza con 30 m de areniscas calcáreas con lentes de yeso y fauna de Belemnites, Terebrátula y Arca, a los cuales suceden más de 100 m de andesitas porfíricas constituyendo varias coladas, entre las cuales se ubican niveles cal careníticos y, hacia el techo, intercalaciones evaporíticas (Amigo et al., 1978). Esta unidad volcánica depositada sobre el Lías-Dogger marino posee una gran distribución areal y ha sido separada como unidad cartográfica.

En el curso medio de Qda. Potrerillos y descansando concordantemente sobre las andesitas aparece una característica secuencia de 300 m de areniscas rojas (Jurásico superior-Cretácico?) muy bien estratificadas con intercalaciones menores de lutitas y conglomerados. Son frecuentes las estructuras sedimentarias primarias tales como estratificación cruzada, grietas de secamiento, marcas de resaca, ondulitas, huellas de vermes, figuras de carga y calcos de cristalización de sales, lo que sugiere un ambiente de deposición supralitoral del tipo "tidal flats". Las areniscas rojas de Qda. Potrerillos son perfectamente comparables con la secuencia de areniscas rojas de Qda. Vicuña (55 km al NNE) en cuya porción calcáreo-arcillosa superior se hallaron Pterotrigonia y Buchotrigonia steinmanni (Lisson) del Valanginiano probable (von Hillebrandt, 1973). Teniendo en cuenta estos antecedentes cabe considerar la posibilidad de una edad Cretácica inferior(?) para las areniscas rojas de Qda. Potrerillos.

Entre las quebradas Potrerillos y Vaca Muerta, las areniscas rojas supralitorales están cubiertas por una potente secuencia (2.000 m?) de lavas andesíticas rojizas con intercalaciones de tobas, brechas y areniscas rojas y verdes. (Andesitas y depósitos volcanoclásticos de Qda. Paipote (Malm-Cretácico?). Su mejor desarrollo se presenta a lo largo de la Qda. Paipote, desde Dadinal hacia el este, hasta alcanzar Vegas La Junta, donde pasan en perfecta continuidad a las acumulaciones volcanoclásticas post bajocianas de ese sector (Malm-Cretácico?), e infrayacen en discordancia angular a las secuencias de Qda. Pircas del Cretácico-Terciario (Davidson et al., 1978). Las relaciones con los depósitos rojos infrayacentes corresponden probablemente a una discor-

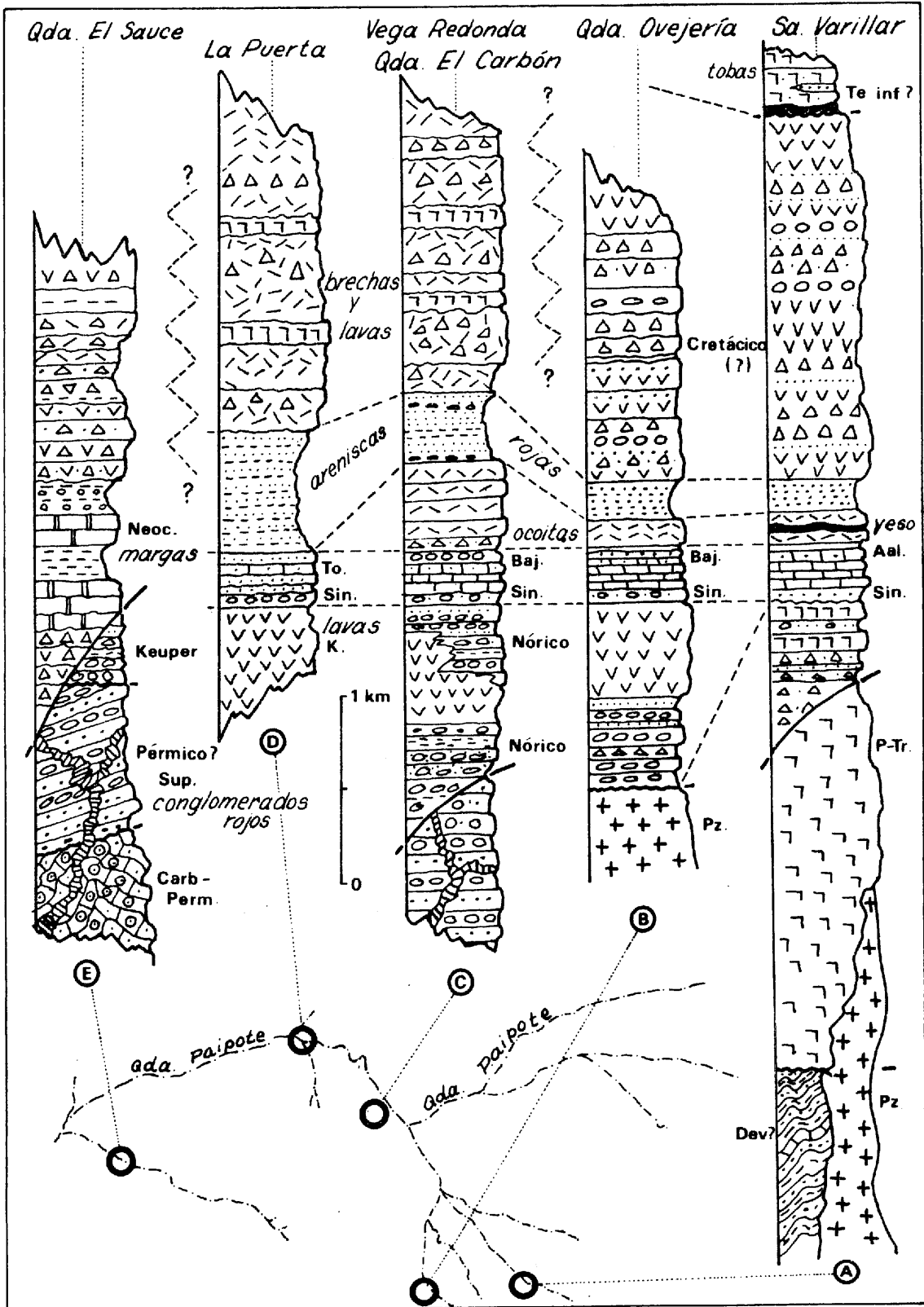


Fig. 3. Estratigrafía de la Precordillera de Copiapó, entre Puquios y Sierra Varillar.

dancia de erosión ya que en muchos lugares (quebradas Cortadera y San Pedrito) así como en Vegas La Junta no afloran las areniscas supralitorales, encontrándose directamente coladas andesíticas sobre las sedimentitas marinas del Lías-Dogger. En el mapa 1:250.000 de Segers trom (1968) las lavas andesíticas de Qda. Paipote han sido incluidas dentro de la "formación Cerrillos". Sin embargo ellas no guardan ninguna relación espacial con las volcanitas post-neocomianas que afloran en las cercanías de Copiapó. Podemos asegurar, por el momento, que se trata de lavas post-bajocianas, y dependiendo de la edad real de las areniscas rojas infrayacentes, es probable que representen un evento volcánico cretácico. Secuencias similares desarrolladas más al sur (ríos Manflas y Tránsito) han sido asignadas al Malm (formación Picudo; Reutter, 1974; Jensen, 1976).

Volcanitas ácidas y sedimentos lagunares terciarios.

Entre las quebradas Las Animas y Potrerillos, descansando en suave discordancia angular sobre las lavas de Qda. Paipote aflora una secuencia sub-horizontal constituida por 300 m de tobas riolíticas, calizas lacustres y yeso. Al sur de la Qda. Agua del Medio (Brinck et al. 1978) la sección comienza con 60 m de yeso a los cuales suceden 100 m de tobas brechosas rio-dacíticas con intercalaciones de calcarenitas y 120 m de riolitas verdes y grises con intercalaciones de tobas ácidas más al sur, entre las quebradas Vaca Muerta y Potrerillos, las tobas ácidas están cubiertas por mantos de gravas inconsolidadas del tipo "upper land graves" de Segerstrom (1963) y a las cuales se les asigna generalmente una edad miocena (Clark et al., 1967). Las características petrográficas de las volcanitas ácidas, las hacen similares, en parte a la "formación Hornitos" de Segerstrom (1959) de probable edad Paleocena según lo indican dataciones radiométricas recientes (Zentilli, 1974).

El flanco oriental de la Sierra La Ternera (Fig. 3b).

La sierra La Ternera, de dirección sensiblemente nortesur, limita por el oeste la depresión de Dadinal-Cortadera. Esta última es una cubeta sinclinal compleja apoyada igualmente en su borde occidental sobre zócalo paleozoico constituido por granitoides pérmicos(?). Estos ocupan el núcleo del anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda (Gómez et al., 1978), que se abre largamente hacia el sur en dirección a

la Qda. Norias, dejando solo una estrecha franja de terrenos mesozoicos entre este bloque y el complejo paleozoico de la sierra Varillar (Fig. 2). En fuerte discordancia de erosión sobre los granitoides de Qda. Ovejería se encuentra:

La formación La Ternera (Triásico superior).

Está constituida por dos niveles claramente diferenciables: un miembro basal con más de 500 m de conglomerados y areniscas y cuyos elementos clásticos son de naturaleza granítica o volcánica ácida; y un miembro superior con más de 700 m(?) de lavas y brechas andesíticas masivas (Gómez et al., 1978; Pinochet et al., 1978). Ambos miembros, por estar intercalados entre el Pérmico? y el Liásico y por su litología pueden ser fácilmente correlacionados con la formación La Ternera expuesta más al norte en la Qda. El Carbón (Brüggen, 1918) y cuya edad sería Triásico superior (Nórico?-Rético, cf. infra).

La formación Lautaro (Sinemuriano-Bajociano).

Concordantemente sobre los niveles asignados al Triásico, se desarrollan depósitos marinos jurásicos de características similares a los descritos anteriormente: Está presente un nivel basal con 60-70 m de conglomerados y areniscas cuarcíferas finas amarillentas con Asteroceras sp., Arnioceras sp., Arietites sp. del Sinemuriano inferior, a los cuales suceden 100 m de coquinas arenosas con Cheltonia sp., Uptonia sp. y Radstockiceras sp. del Sinemuriano-Pliensbachiano medio (Gómez et al., 1978). Sobre estos niveles, más al norte en Qda. San Pedrito, aparecen 70 m de calcilitas grises con Polyplectus sp. del Toarciano medio cubiertos por 40-80 m de calcarenitas, areniscas y conglomerados amarillentos regresivos con Peronoceras sp. y Phymatoceras sp. del Toarciano medio-superior (Pinochet et al., 1978). En la confluencia de las quebradas San Pedrito y Pelada, Hillebrandt (1973) cita margas grises con lentes calcáreas ricas en Posidonia y una fauna de amonites de la zona del sauzei (Chondroceras submicrostomum GOTTS-CHE, Otoites sp., Sonninia (Poecilomorphus) subdeltafalcata TORNQUIST, del Bajociano medio.

Sobre los niveles marinos, quebrada San Pedrito aparecen 200 m de andesitas ocoíticas rojizas con intercalaciones de areniscas líticas verdes y cubiertas por 300 m de conglo-

merados y brechas rojas que, hacia el techo gradan a areniscas líticas rojas, repitiendo de esta forma la secuencia estratigráfica de Qda. Potrerillos-Vaca Muerta. Sin embargo, aquí no existen, como en el caso anterior, niveles yesíferos dentro de las lavas a la vez que las sedimentitas rojas superiores no presentan ningún tipo de estructuras sedimentarias que indiquen condiciones supralitorales. Se trata solo de rocas volcánico-detriticas con un gran porcentaje de clastos andesíticos. Sobre las areniscas rojas se desarrollan a continuación más de 1.000 m de lavas y brechas andesíticas rojas y verdes (lavas y brechas de Qda. Paipote) del Jurásico-Cretácico, que al norte de Qda. San Pedrito descansan directamente sobre los niveles marinos del Toarciano-Bajociano, faltando las lavas ocoíticas y las sedimentitas rojas infra-yacentes (Boric et al., 1978), lo que indicaría nuevamente la naturaleza discordante del contacto basal de la unidad superior.

Las sedimentitas liásicas de Sierra La Ternera.

La cumbre de Sierra La Ternera está constituida por un paquete subhorizontal de calizas y conglomerados liásicos que constituyen en realidad un amplio "sinclinal colgado" intruido por un stock granítico terciario (Boric et al., 1978). Este último produce una extensa aureola de rocas córneas desarrollada en las sedimentitas liásicas encajantes. Cabe señalar que los niveles liásicos de la cumbre de Sierra La Ternera están parcialmente desolidarizados de su zócalo triásico y avanzan largamente hacia el este a lo largo de un cabalgamiento subhorizontal (cabalgamiento de Sierra La Ternera) de tal manera que ellos descansan tectónicamente sobre las unidades jurásico-cretácicas que constituyen el relleno de la depresión de Cortadera-Dadinal. Las secuencias liásicas de la Sierra La Ternera poseen un carácter bastante diferente a aquel de las sedimentitas liásicas ya descritas. A partir del cabalgamiento de Sierra La Ternera hacia el oeste se disponen (Pinochet et al., 1978):

Una secuencia de 300 m de metacalcarenitas con textura granoblástica y restos mal conservados de Weyla sp., Spiriferina sp. y ammonoideos del Lías inferior-medio cubiertos por 500 m de metaconglomerados arenosos, con algunas intercalaciones de metaareniscas y pizarras. Las relaciones entre la secuencia liásica metamórfica de la Sierra La Ternera y los niveles liásicos más o-

rientales no son claras, debido al contacto tectónico que las separa. Probablemente ambas representen ambientes paleogeográficos diferentes.

El sector de La Puerta-Quebrada El Carbón (Fig. 3c y 3d).

En esta región, al norte de la Sierra La Ternera, desde la Qda. de San Andrés hasta la Qda. El Carbón y la estrecha garganta labrada por la Qda. Paipote, en La Puerta, la sucesión estratigráfica presenta notables variaciones con aquella que caracteriza la región de Varillar-Cortadera. Aquí está expuesta la localidad tipo de la formación La Ternera, sobre la cual se ubica una serie marina del Lías-Dogger esencialmente clástica cubierta por secuencias volcanoclásticas que, si bien equivalentes con las unidades volcanoclásticas más orientales, poseen un carácter notablemente más "volcánico". Enormes acumulaciones de lavas ocoíticas masivas (lavas y brechas de La Puerta) indican la proximidad del arco volcánico del Jurásico superior (y Cretácico?) señalando un ambiente paleogeográfico diferente. Ambos grupos de facies están relacionados tectónicamente entre sí: las secuencias de La Puerta-Vega Redonda cabalgan hacia el este (cabalgamiento de Vega El Obispo; Bembow et al., 1978) sobre aquellas que ocupan la depresión de Cortadera-Dadinal.

Formación La Ternera (Triásico superior). En la Qda. El Carbón afloran las capas de esta unidad, definida por Brüggén (1918) y que está formada de base a techo (Cuadra et al., 1978) y de oeste hacia el este por más de 500 m de conglomerados con intercalaciones de niveles brechosos y arenosos de color amarillento a rojizo constituidos esencialmente por clastos volcánicos ácidos y cuarcíferos con cemento silíceo y en los cuales se encuentran restos de troncos silicificados. En la parte alta de esta sección (Mina El Carbón) se encuentran niveles de lutitas negras y areniscas con mantos de carbón de donde proviene la clásica "flora de Dicroidium" (Solms-Laubach et al., 1889; Brüggén, 1918) asignada al Rético. Siguen a continuación 400-500 m de lavas andesíticas a riódacíticas con algunas intercalaciones de volcarenitas y finalmente 100 m de tobas verdes y rojas con intercalaciones hacia el techo de areniscas rojas con clastos de andesitas y volcánicas ácidas.

Hacia el sur de la localidad anterior disminuye la importancia del nivel medio volcánico, encontrándose en el nivel superior niveles lenticulares de calizas y lutitas con abundante flora fósil recolectada por Bobenrieth y otros (1978) y que correspondería a Cladophlebis sp., Taenopteris sp., Dicroidium cf. odontopteris, Dicroidium cf. lancifolia, Pecopteris sp., Noeggerathiopsis sp., Chiropteris sp. y Clathropteris sp. Esta típica "flora de Dicroidium" similar a aquella citada para la Mina El Carbón (Solms-Laubach et al., op. cit.), está asociada con Monotis subcircularis GABB. en Hualañé (Curicó), lo que permite asignarle una edad Nórico superior (Gutiérrez, in Bobenrieth et al., 1978). Por otra parte en la localidad de El Puquén (Los Molles) ha sido descrita una asociación de flora fósil similar cuya edad sería Cárnico-Rético (Cecioni y Westermann, 1968).

La formación La Ternera tendría de esta forma una edad ligeramente más antigua a la aceptada hasta este momento. La sucesión estratigráfica reconocida en la localidad típica de la formación La Ternera es prácticamente similar a aquella de Qda. Ovejería (cf. supra) excepción hecha del nivel superior volcánico-detritico, no desarrollado en esta última localidad.

Formación Lautaro (Sinemuriano-Bajociano). Al igual que en los sectores anteriores, esta formación, que descansa concordantemente sobre el Triásico, alcanza una potencia de 350 m mostrando, sin embargo, una litología diferente, ya que predominan las facies clásicas sobre las carbonatadas. Al sur de Vega Redonda (Bobenrieth et al., 1978) se pueden reconocer:

- una sección basal constituida por 300 m de areniscas calcáreas y conglomerados arcósico-cuarcíferos con clastos de volcanitas ácidas y una asociación de Weyla alata, Cardinia sp., Gryphaea sp., Litotrochus humboldti, Pleurotomaria, Spiriferina sp., Rynchone-lla sp. y Terebratula sp. del Sinemuriano, en todo similar a la recolectada por Segerstrom (1968) entre Vega Redonda y Dadinal.
- una sección superior carbonatada. 200 m de calizas micríticas, calcarenitas y coquinas con ammonideos

(Peronoceras sp., Dactylioceras sp., Harpoceras sp., Phymatoceras sp.) del Toarciano. Estas están cubiertas concordantemente por lavas andesíticas.

Al norte de Qda. Paipote, sin embargo, los niveles más altos de la formación Lautaro, en el anticlinal de Vega Redonda (Bembow et al., 1978) muestran nuevamente niveles conglomerádico-arenosos que constituyen una se cuencia regresiva de 150 m de espesor apoyada sobre calcarenitas y calcilitas con Dactylioceras sp. del Toarciano inferior. Al oeste de Vega Redonda, en la confluencia de las quebradas San Andrés y Paipote, la formación Lautaro está constituida por último (Ilabaca et al., 1978) solo por 300 m de conglomerados y areniscas cuarcíferas en las cuales se encontraron Arietice ras sp. y Dactylioceras sp. del Pliensbachiano-Toarcia no inferior.

En Vega El Obispo, 10 km al NE de Vega Redonda, afloran los niveles más altos de la formación Lautaro. En ese sector están constituidos por calcarenitas y calcilitas con Nerinea sp., Gryphaea sp., Entolium sp., Lucina sp., Pholadomya sp. y Sonninia sp. del Bajociano inferior. Esto no significa necesariamente que en sectores al SW esté representado el Bajociano.

Sobre los niveles arenoso conglomerádicos superiores en el anticlinal de Vega Redonda se desarrolla una unidad volcánica (Bembow et al., 1978) constituida por 500 m de andesitas porfíricas (ocoitas) verdes con intercalaciones menores de andesitas afaníticas y brechas volcánicas que, cerca de la base presentan delgados niveles lenticulares de cherts blancos y rojos. A las coladas suceden 400 m de areniscas, conglomerados y lutitas rojas con clastos líticos de origen andesítico además de granos de cuarzo y feldespatos (grauvacas líticas) repitiendo así, la sección que en el sector de Qda. Potrerillos, descansa sobre el Aaleniano marino. Cabe destacar el gran espesor de las coladas andesíticas masivas en Vega Redonda y la ausencia de las estructuras sedimentarias características de las areniscas rojas supralitorales de Qda. Potrerillos. Por el contrario, las areniscas rojas de Vega Redonda parecen indicar un ambiente marcadamente sub-aéreo. Al SW de esta última localidad las coladas de andesita se acufian rápidamente (Boben-

rieth et al., 1978), apoyándose sin transición, areniscas rojas sobre los niveles marinos desde allí hacia el oeste, como ocurre en la confluencia de las quebradas Paipote y San Andrés (Ilabaca et al., 1978).

El sector de Puquios-Quebrada El Sauce (Fig. 3c).

Las serranías que se extienden al oeste de la Sierra La Ternera hasta la Qda. Paipote (Puquios) se caracterizan por el afloramiento de niveles estructurales relativamente altos de la cobertura mesozoica (Jurásico superior?-Cretácico) que descansan tectónicamente sobre rocas del zócalo representado por sedimentitas rojas y pórfidos cuarcíferos paleozoicos. Indistintamente sobre los elementos anteriores se depositan conglomerados, brechas y lavas vitrofíricas (Terciario inferior?) y depósitos coluviales del Terciario superior. Los terrenos del zócalo y parte de la cobertura mesozoica constituyen un pilar tectónico terciario (Godoy y Davidson, 1976), identificándose además con el aquí denominado anticlinal de Qda. El Sauce.

Conglomerados y cuarcitas pre-nóricas (Paleozoico superior?). A lo largo de la Qda. Paipote, entre las quebradas Las Chilcas y Caletones de Puquios aflora una secuencia de areniscas y conglomerados rojos fluviales con niveles de cuarcitas blancas atravesados por un enjambre de diques lamprofírico. Su espesor, descartando el plegamiento que la afecta, es superior a 500 m. Su base no está expuesta pero al norte de Qda. Paipote afloran en el núcleo anticlinales desarrollados en las areniscas rojas, niveles de calizas recifales y areniscas con Bellerophon sp. y Productus sp. del Carbonífero-Pérmico (Davidson y v. Hillebrandt, 1979). Su techo está constituido por los niveles de la formación La Ternera (s.str.) que descansan sobre ellos al sur de la Qda. El Carbón. Si bien los afloramientos nombrados aparecen incluidos en el mapa 1:250.000 de Segerstrom (1968) dentro de la formación La Ternera s.l.) este mismo autor, en 1960, los consideró como una unidad diferente, asignándoles una edad paleozoica superior, separándolos de las sedimentitas de Qda. El Carbón (Fm. La Ternera, s. str.). Los conglomerados y areniscas rojas fluviales de Qda. Paipote son indudablemente pre-nóricos y sus facies recuerdan a las "areniscas y arcillitas rojizas"

de la sección media del Grupo Paganzo (Azcuy y Morelli, 1970) o Paganzo II (Bodenbender, 1911) aflorantes en las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Caminos, 1979), y considerados generalmente del Pérmico.

La cobertura mesozoica se superpone tectónicamente a los terrenos del zócalo descritos y está representada por 200 m de brechas y lavas andesíticas violáceas a las cuales suceden 300 m de calcarenitas y margas con abundantes ammonoideos neocomianos (Valanginiano?-Hauteriviano) y finalmente más de 1.000 m de tobas rojas, brechas y andesitas porfíricas multicolores. En Puquios (Qda. Paipote); las calcarenitas neocomianas se presentan repetidas tectónicamente por la ruptura de charnelas de pliegues anticlinales recumbentes y la ulterior formación de escamas en los flancos invertidos (girones de arrastre). Esta delicada situación tectónica fué interpretada como intercalaciones marinas en la zona de cambio de facies entre la formación Bandurrias y el Grupo Chañarcillo (Segerstrom, 1961) lo que necesariamente incluyó todos los afloramientos del sector dentro de la primera formación nombrada (Segerstrom, 1968). Esto debido a la aparente poca potencia y lenticularidad de los bancos marinos neocomianos, En Qda. El Sauce, por el contrario, y coronando los cerros que la flanquean, aflora la totalidad de la cobertura mesozoica del sector instalada sobre el pilar de Fraga (Godoy y Davidson, 1976). Las lavas y brechas que infrayacen al Neocomiano podrían representar al Jurásico superior (post-Bajocia no en Sierra Fraga; Davidson et al., 1976), mientras que las areniscas rojas, lavas y tobas multicolores suprayacentes son probablemente post neocomianas y se correlacionarían en parte con las lavas y brechas de La Puerta, descritas en el sector homónimo.

En el curso superior de la quebrada Las Lajas, 15 km al SE de Puquios aflora una secuencia subhorizontal de 300 m de tobas vitrofíricas y brechas que cubren en discordancia los terrenos anteriores e incluso sellan los contactos anormales planos de las escamas de cobertura neocomiana. Hacia el techo se presentan 100 m de margas amarillentas, areniscas y conglomerados de características lacustres. En base a esos antecedentes se les correlaciona con la formación

Hornitos, de probable edad paleocena.

Conclusiones del estudio estratigráfico.

La región de Puquios-Sierra Varillar constituye un importante nudo paleogeográfico desde el punto de vista andino. En efecto, es en este sector altamente tectonizado donde se producen notables cambios de facies y la superposición de las paleogeografías del Jurásico y Cretácico inferior.

para el Jurásico marino, la alternancia de franjas de facies litorales con facies menos litorales hacia el este, a partir de los afloramientos más occidentales de Qda. El Carbón revela un paleorelieve posiblemente controlado por altos topográficos de zócalo.

para el Jurásico-Cretácico(?) volcánico, la ocurrencia de secuencias más "volcánicas" hacia el oeste indicaría la influencia de un "arco volcánico occidental" ya a partir del Bajociano, con una sistemática migración hacia el este en el Cretácico.

para el Neocomiano marino, se desarrollan extensos afloramientos de sedimentitas rojas supralitorales con facies "tidal flats" desde el sector de Qda. Cortadera hacia el este, a partir de las facies marinas francas de Qda. El Sauce.

durante el Cretácico superior-Terciario se detectan periodos intensos de erosión, acelerados por el alzamiento de bloques de zócalo. Estos depósitos se entremezclan con flujos de tobas vitrofíricas y conglomerados depositándose probablemente en cuencas separadas durante el Terciario inferior (cf. secuencias Pircas y Las Lajas).

Desde el punto de vista hercínico, tanto la variedad como la extensión de los afloramientos detectados permitirán precisar en trabajos futuros la paleogeografía del Paleozoico superior.

TECTONICA

El área de estudio registra claramente los efectos de una tectónica de zócalo en compresión en la cual la cobertura se comporta generalmente como revestimiento siguiendo los accidentes del zócalo y solo en sectores particulares se ha despegado de éste, originando una superficie de discontinuidad que trunca los estratos autóctonos y define un estilo de cobertura s.str. Tal es el caso del sector Qda. El Sauce y sus cumbres circundantes.

LAS GRANDES UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.

En la zona se distinguen 5 dominios estructurales mayores (Figs. 1 y 2) que presentan notorias diferencias de estilos tectónicos, condicionados por distintos grados de competencia que poseen los terrenos que las constituyen. De Este a Oeste tenemos:

El horst simétrico de zócalo de Sierra Varillar.

Este elemento orográfico de 40 km de largo en el sentido NE-SW, está constituido por terrenos paleozoicos (Devónico-Triásico inferior) y limitado por los cabalgamientos de Varillar por el Este (Muzzio, 1978) y Vegas La Junta-Sierra Potrerillos por el Oeste. La traza de este último cabalgamiento está cubierta por depósitos de gravas mio-pliocenas en el curso superior de la Qda. El Hielo.

El Sinclinorium de Cortadera-Dadinal.

Corresponde a una cubeta sinclinal compleja flanqueada por zócalo paleozoico tanto por el Este como por el Suroeste, mientras que la cobertura jurásico-cretácica del anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda lo hace por el Noroeste, a lo largo del cabalgamiento Vega El Obispo. Esta depresión está constituida exclusivamente por terrenos de la cobertura del Triásico-Terciario inferior y mantos de gravas inconsolidadas. Presenta un estilo de revestimiento con formación de pliegues paralelos buzantes al norte. Estos se generaron por el acercamiento de los bloques de zócalo de Varillar y de San Pedrito, entre las quebradas de Ovejería y Potrerillos. Parte de la cobertura parece despegarse en ese último sector, mientras que las sedimentitas triásicas de Qda. Ovejería se comportan como tegumento

solidario al zócalo.

El anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda

Esta estructura N-S está constituida por una cuña simétrica de zócalo paleozoico que cabalga por sus flancos la cobertura triásica y jurásica en su porción meridional. Hacia el Norte se hunde bajo esta misma cobertura constituyendo el núcleo del braquianticlinal de Vega Redonda. El límite oriental de esta asociación estructural lo constituye el cabalgamiento de Vega El Obispo, y es a su vez cubierta largamente desde el oeste por el flanco oriental desolidarizado del sinclinal de Sierra La Ternera a lo largo de un cabalgamiento subhorizontal (cabalgamiento Sierra La Ternera). En su porción septentrional, esta unidad presenta plegamientos superpuestos de revestimiento (modelos de interferencia, vide supra).

El sinclinal de Sierra La Ternera

Corresponde a una depresión "colgada" de eje NNE rellena por terrenos triásicos y liásicos en parte metamorfizados debido a la intrusión de un stock granítico. Su flanco oriental constituye una escama rígida de rocas córneas subhorizontales que truncan las direcciones estructurales generadas con anterioridad en el flanco occidental del anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda (cabalgamiento Sierra La Ternera). Su flanco occidental permanece solidario al zócalo paleozoico, amortiguando los efectos hacia el oeste del contacto subhorizontal principal.

El anticlinal de Oda. El Sauce

Representa el anticlinal de zócalo más occidental de la zona estudiada. En él afloran esencialmente sedimentitas paleozoicas rojas y cobertura (s.str.) neocomianas. Su borde oriental es un accidente vertical que afecta los depósitos vitrofíricos y brechosos terciarios de las Lajas y su traza está cubierta por gravas inconsolidadas en el flanco occidental de la Sierra La Ternera. Su borde occidental es la falla o cabalgamiento de Caletones de Puquios, de vergencia hacia el Oeste, según un ángulo de 45 a 50°.

Análisis geométrico de las principales estructuras (Fig. 2 y 6).

En cada uno de los dominios estructurales descritos coexisten, íntimamente relacionados, tres tipos de estructuras fundamentales: en primer lugar, cabalgamientos subverticales que son las fronteras entre los bloques de zócalo y su cobertura mesozoica; y en segundo lugar, cabalgamientos horizontales y pliegues, que corresponden a deformaciones particulares de la cobertura en cada dominio.

Los cabalgamientos subverticales

De Oeste hacia el Este se describen a continuación 5 accidentes o cabalgamientos principales, de gran continuidad axial. Constituyen los eventos tectónicos más recientes (Terciario?), imprimiendo su característico estilo de zócalo a toda la región estudiada.

Cabalgamiento de Caletones de Puquios. Se trata de varias familias de fallas inversas de alto ángulo de vergencia occidental que hacen cabalgar el anticlinal de Qda. El Sauce sobre rocas volcanoclásticas cretácicas. Su traza corta los contactos subhorizontales de las escamas neocomianas, con un recorrido NNE desde la Qda. Paipote hasta la Qda. Cruz de Cañas, para posteriormente seguir al sur con rumbo NNW. Totaliza los 30 km sin contar con su traza septentrional, al norte de Qda. Paipote (Godoy y Davidson, 1976).

Cabalgamiento Las Lajas. Este accidente, en parte subvertical, tiene una corrida superior a 40 km desde el pie oriental de Sierra Fraga (Godoy y Davidson, op. cit.) hasta Qda. Norias por el sur. Sigue el pie occidental de Sierra La Ternera y afecta tanto el zócalo paleozoico del anticlinal de Qda. El Sauce como los depósitos subhorizontales (paleocenos?) de Las Lajas. Su traza está sepultada bajo depósitos de gravas inconsolidadas tanto al sur como al norte de Qda. Paipote.

Cabalgamiento Vega El Obispo. Esta importante estructura regional de vergencia general oriental se puede seguir desde Qda. Norias por el sur hasta Qda. Asientos por el norte, lo que dá un recorrido superior a

100 km. Es probable que se trate de un accidente antiguo (Cretácico) que se reactivó durante las compresiones terciarias. Se ubica en una zona de cambios de facies significativa desde el punto de vista de la paleogeografía de Jurásico superior-Neocomiano. En la zona pone en contacto sucesivamente desde Vega El Obispo al sur:

- la cobertura del anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda sobre los depósitos volcanoclásticos rojos de Qda. Paipote.
- el granito de Qda. Ovejería y su tegumento triásico sobre cobertura jurásica desde la Qda. San Pedrito hasta Qda. Norias.

Cabalgamiento Vegas La Junta-Sierra Potrerillos. Limita por el oeste al horst de zócalo de Sierra Varillar, corriendo con rumbo sinuoso (NS-NE) a lo largo de 40 km. Su plano de falla varía entre 45° y 80° y tiene vergencia occidental. En el extremo nororiental induce el volcamiento de las series jurásico-terciarias(?) y su traza está cubierta por depósitos de gravas del Terciario superior.

Cabalgamiento Varillar (Muzzio, 1978-1979). Límite oriental del horst de Sierra Varillar, induce notables volcamientos hacia el Este de la cobertura jurásica del sinclinorium de Patón-Río Figueroa (cf. Qda. Pachurrones, Muzzio, op. cit.).

Los cabalgamientos horizontales. Estos accidentes corresponden a cizalles de la cobertura desolidarizada, favorecidos por una morfología previa y causados por acortamientos de zócalo paleozoico.

El cabalgamiento de Sierra La Ternera. Su traza se ubica en la cota 3.250 m a lo largo del flanco oriental de la Sierra La Ternera. De norte a sur, los terrenos liásicos y triásicos córneos de la Sierra La Ternera cabalgan el ala occidental del anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda. Por el oeste el accidente se inflexiona, constituyendo el ala occidental del sinclinal de La Ternera. La escama rígida de rocas córneas que lo forma se desplazó hacia el este, junto con el stock terciario(?) de cerro La Ternera e indujo fallas inver

sas de vergencia oriental en la cobertura jurásico-cretácica de la depresión de Cortadera-Dadinal.

Los cabalgamientos de Puquios y Qda. El Sauce. Las estructuras involucradas se ubican en el sector SE inmediato al pueblo abandonado de Puquios, entre las quebradas Paipote y El Sauce. Su traza subhorizontal está desplazada por el cabalgamiento Caletones de Puquios. Así al oeste de este último, ésta se puede seguir a ambos lados de la Qda. Paipote unos 50 m sobre el nivel de su cauce. En ese sector es posible observar al menos dos contactos horizontales que jalonan varios jirones de arrastre compuestos de calcarenitas con Criocereras sp. Los contactos de estas calizas neocomianas con masas caóticas de andesitas y brechas infra y suprayacentes están mineralizados, y sus flancos tienen una ligera vergencia oriental. Hacia el oeste se coloca, tectónicamente sobre la escama calcárea más superior, una potente secuencia de andesitas y brechas moradas. Hacia el norte, en el sector de Sierra Fraga, este accidente subhorizontal corta niveles estructurales más bajos en la cobertura y coloca el Bajociano sobre sedimentitas keuperianas (Godoy y Davidson, 1976). Al este del cabalgamiento Caletones de Puquios, el contacto se desplaza más de 500 m hacia arriba y su traza se puede seguir subhorizontalmente a ambos lados de la Qda. El Sauce coronando las cumbres entre los 1.800 y 2.000 m, hasta desaparecer bajo los vitrofiros (paleocenos?) de la secuencia Las Lajas. En este caso, no se trata de jirones de arrastre de flancos anticlinales invertidos y cizallados, como en el caso anterior, sino más bien de una sola y única escama de cobertura desolidarizada neocomiana. Su base muestra intensamente los efectos de un marcado rebotamiento basal, durante el cual la "suela" de andesitas y brechas en sectores desaparece, para dejar directamente en contacto, las calcarenitas neocomianas con las areniscas y conglomerados rojos del zócalo. Este último presenta pliegues NNE de arrastre, a escala de varias decenas de metros, asociados al movimiento de la cobertura.

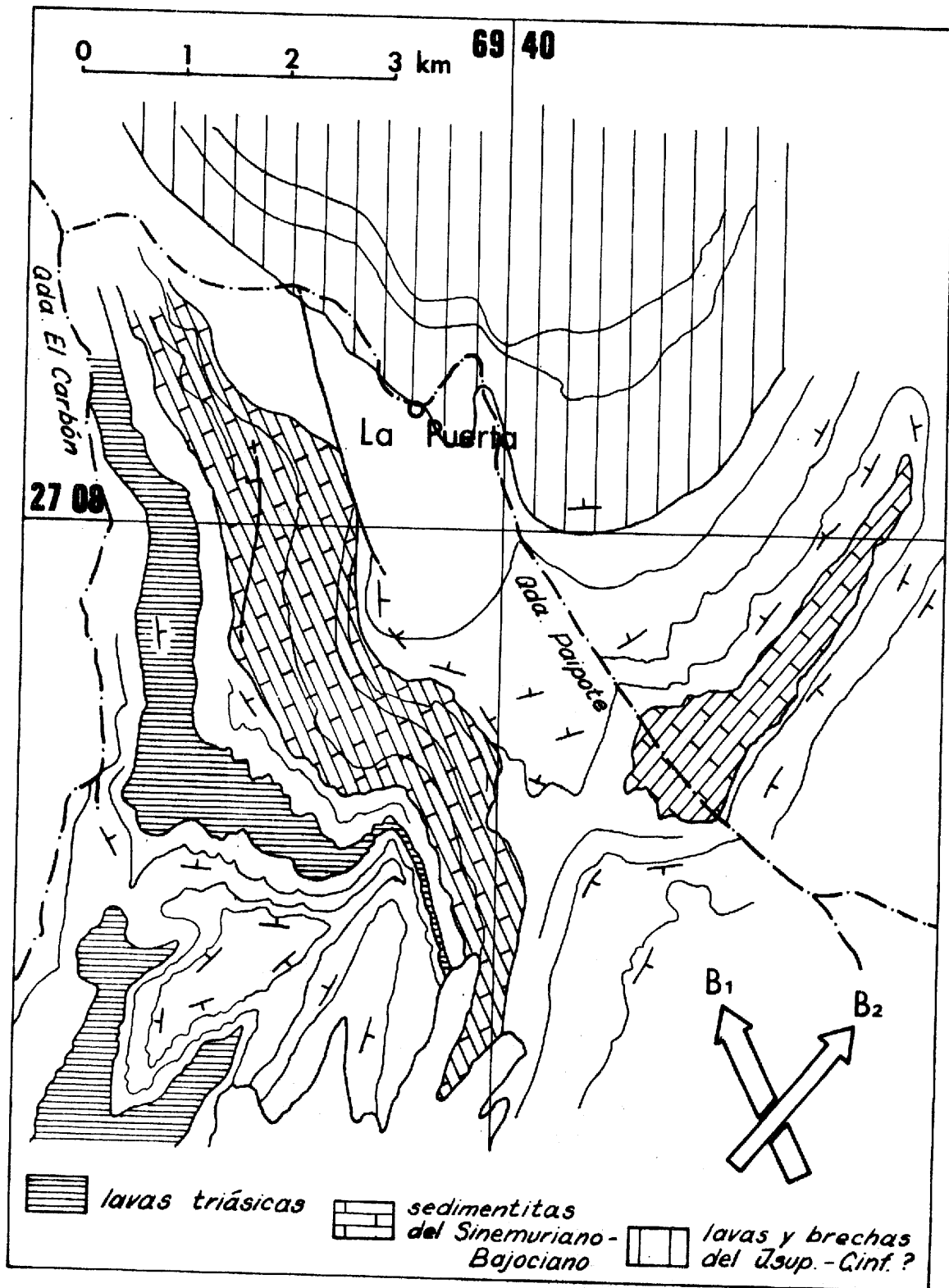


Fig. 4. Plegamientos superpuestos en el sector de La Puerta.

Los pliegues (Fig. 4 y 5)

Las superficies no planares presentes en el área y que se originaron por deformación están influenciadas directamente por los movimientos del zócalo excepción hecha de los pliegues y pliegues-falla generados por las estructuras asociadas a los cabalgamientos horizontales (cabalgamiento Sierra La Ternera y Puquios-Qda. El Sauce).

Pliegues de Revestimiento. Dos sectores de la zona estudiada permiten aun reconocer estructuras de este tipo, ya que en las restantes ha sido erosionada la cobertura. Sinclinorium de Cortadera-Dadinal. En la porción meridional de esta depresión, entre los bloques de zócalo de Sierra Varillar y Qda. Ovejería, se observan más de una decena de pliegues de ejes NS buzantes al N, entre los cuales es imposible reconocer una segunda deformación superpuesta, ya que al parecer los sucesivos acortamientos de zócalo han sido normales a la orientación de los planos axiales de los ejes B_0 . Anticlinal de Vega Redonda-Qda. El Carbón. Este sector ilustra notablemente un plegamiento superpuesto de ejes divergentes (Fig. 4). Los ejes B_1 tienen dirección NNW con planos axiales de alto ángulo (anticlinal de Qda. El Carbón-San Pedrito?), mientras que los B_2 son prácticamente normales a los anteriores replegándolos según planos axiales de dirección NE. Se tiene en este caso un modelo de interferencia transicional de primer a segundo tipo (Ramsay, 1967) el cual resulta de la interacción de los dos antiformes nombrados y así las superficies son plegadas según una serie de domos y depresiones. Estas dos generaciones de pliegues no pueden haberse formado durante una deformación progresiva y única, como es la opinión de Miller (1971; "Querfaltung"...). Creemos, por los antecedentes regionales que disponemos, que se trata más bien de fases sucesivas de deformación durante el ciclo orogénico andino. Mientras los ejes NNW están asociados a la individualización de las grandes unidades morfoestructurales (pliegues de fondo), los ejes NE son normales a la compresión que generó el cabalgamiento Vegas La Junta-Sierra Potrerillos y el rejuvenecimiento del cabalgamiento Vega El Obispo. La traza del primer cabalgamiento nombrado sufre una inflexión en su rumbo y se coloca NE entre las quebradas Infer-

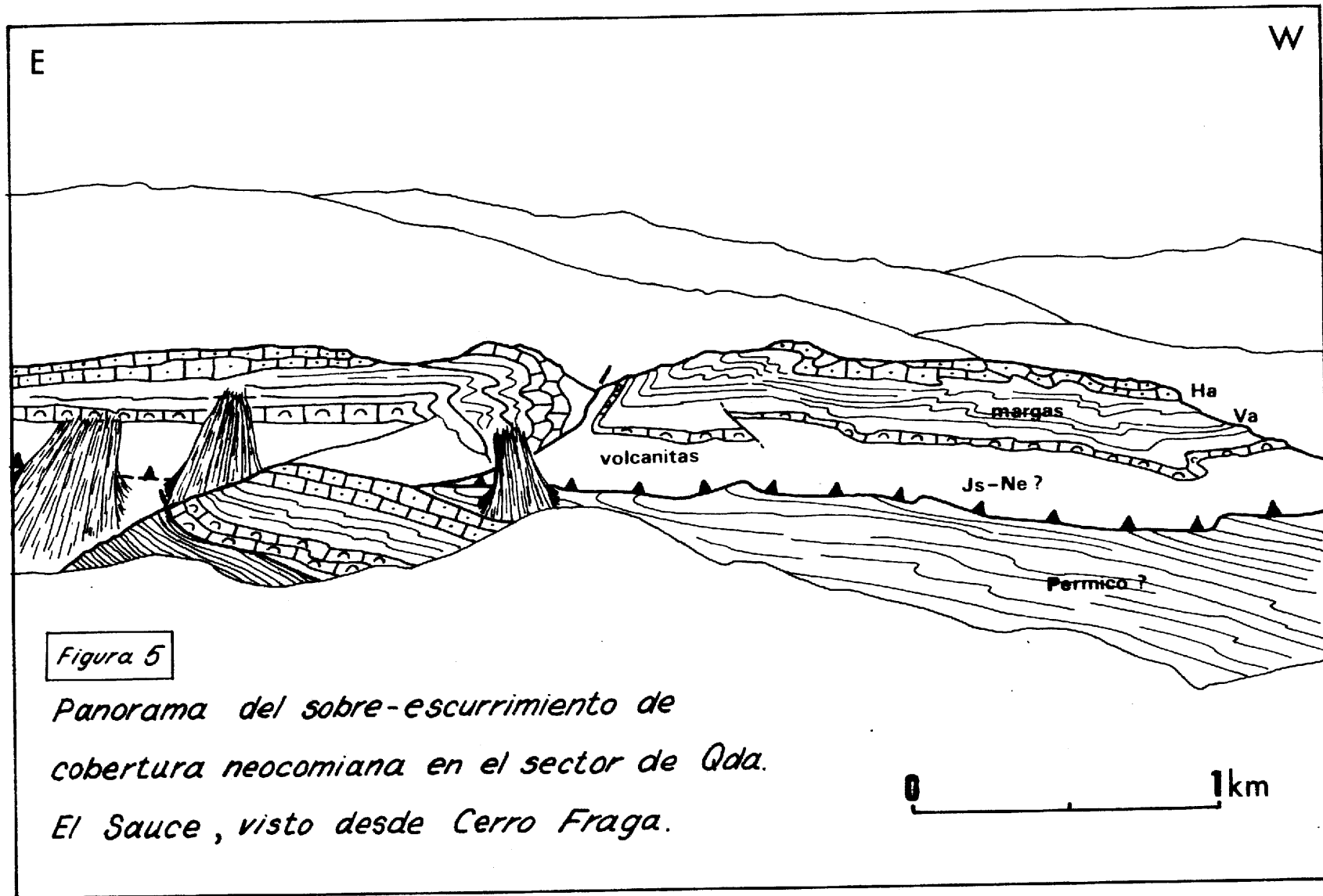


Figura 5

Panorama del sobre-escurrimiento de cobertura neocomiana en el sector de Qda. El Sauce, visto desde Cerro Fraga.

nillo y del Medio, avanzando mucho más que sus extremos. Esto nos hace suponer una dirección de esfuerzo desde el SE para la generación en este sector del cabalgamiento y las estructuras que induce. El desarrollo a gran escala de estructuras "domos y depresiones" ha sido descrito en las partes centrales de los cinturones orogénicos cuando las rocas del zócalo se reactivan afectando la cobertura durante los eventos tectónicos más tardíos (King, 1959). Tal sería probablemente el caso para el orógeno andino, al menos en esta latitud. Modelos similares fueron descritos por Tobisch (1966).

Otros pliegues de revestimiento están asociados directamente al comportamiento frágil del zócalo, el cual "pellizca" la cobertura (tegumento) favorecido por el comportamiento más dúctil de ésta.

Así, en el frente del cabalgamiento Vegas La Junta-Sierra Potrerillos, se encuentran sucesivamente de norte a sur los sinclinales de Sierra El Hielo, Oda. El Bolito y Quebradas del Medio-Vaca Muerta-Potreri-
llos (Mercado, en prep.).

El cabalgamiento Varillar, induce igualmente notables estructuras volcadas hacia el este en su cobertura jurásico-cretácica (Muzzio, 1979).

Pliegues de cobertura (s.str.)

Se han producido por desolidarización de la cobertura, comportándose en forma independiente de los accidentes del zócalo. Dos sectores en el área estudiada presentan estas características. Un primer caso corresponde al sinclinal "colgado" de sedimentitas córneas de Sierra La Ternera. Mientras su flanco occidental permaneció enraizado al zócalo, el flanco oriental, por acortamiento del basamento, y favorecido probablemente por la rigidez que presentaban las metasedimentitas, cabalgó hacia el este el flanco occidental del Anticlinal de San Pedrito-Vega Redonda. En su frente septentrional, la escama desarrolla una marcada foliación de plano axial subvertical, asociada a pliegues en cofre. El segundo caso se presenta en las escamas de cobertura neocomiana en Oda. El Sauce. Durante 8 km se suceden anticlinales y sinclinales cuyo núcleo de margas

valanginianas ha aumentado disharmónicamente. Todo el conjunto se deforma independientemente del zócalo pérmico? sobre una superficie de discontinuidad no deformada, a partir de la cual se desprenden pequeños cabalgamientos que escurren las charnelas anticlinales sobre los flancos sinclinales. Estas escamas son cabalgamientos elementales desprovistos de flanco inverso, y su base es paralela a los planos de estratificación.

MORFOLOGIA Y TECTONICA

El análisis de las tectónicas superpuestas que han sucedido en una región permite conocer en qué medida una fase tectónica puede preparar el desarrollo de la siguiente y sobre todo tener ingerencia en el estilo que presentará la región después del advenimiento de esa nueva fase. Clásicos son ya los ejemplos acerca de la génesis morfotectónica de los cabalgamientos provenzales (Lutaud, 1924). En nuestra región de estudio, facilidades pretectónicas (erosión de las charnelas anticlinales de los grandes pliegues de zócalo en el Cretácico superior-Terciario) habrían posibilitado la generación de estructuras alóctonas en el Terciario, en esas zonas debilitadas con anterioridad. Se explica así el escurrimiento de capas más jóvenes sobre más viejas, ya que los sinclinales quedan preservados de la etapa erosiva, debido a su posición.

TECTOGENESIS (Fig. 6).

Los eventos tectónicos que se suceden en una región no quedan necesariamente todos registrados, sin embargo la evolución andina del sector Puquios-Sierra Varillar nos ha mostrado al menos tres etapas fundamentales de deformación.

Primera etapa de deformación

Esta etapa de deformación se produce con anterioridad a la Serie Pircas y con posterioridad a las series volcano clásticas post-neocomianas en Puquios, es decir en algún momento del Cretácico superior. Durante ella se produce una compresión generalizada que plegó el zócalo y su cobertura según anticlinales y sinclinales con longitud de onda

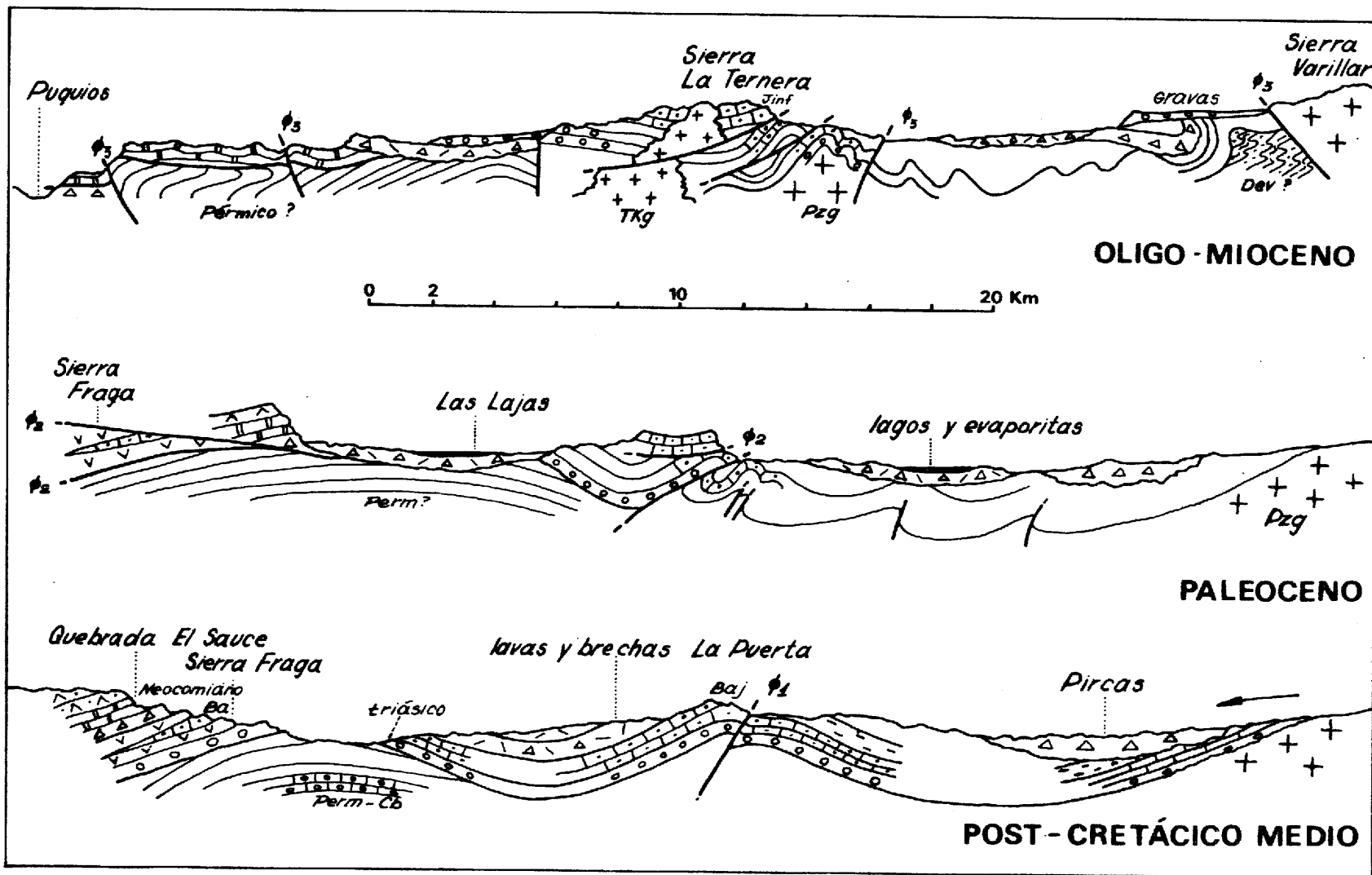


Fig. 6. Evolución Tectogenética del sector Puquios-Sa. La Ternera-Sa. Varillar.

decakilométrica. Estos pliegues de fondo constituyen en realidad domos y cuencas que controlan la depositación de la cobertura dando ejes divergentes. A consecuencias de esto resultan las estructuras de E a W siguientes: anticlinal de Sierra Varillar, sinclinal de Cortadera-Dadinal, anticlinal de San Pedrito, sinclinal de sierra La Ternera y anticlinal El Sauce. Algunos de estos elementos ya jugaron un papel preponderante en la paleogeografía jurásica, dado los importantes cambios de facies que se observan en las secuencias de ese periodo. En el sector de Vega El Obispo se produjo la ruptura de la cobertura en una charnela anticlinal según una falla inversa de vergencia oriental (falla Vega El Obispo y estructuras asociadas) cuya traza actual se sigue hasta Qda. Asientos, a lo largo de 100 km. En el sector de Sierra La Ternera, este accidente se ubicaría a lo largo de la charnela del anticlinal de San Pedrito. Esta estructura se coloca además en una zona de cambios de facies entre lavas de la Puerta y depósitos volcanoclásticos de Qda. Paipote (Js-Ci?). Acompaña a esta etapa de plegamiento, la intrusión del stock de Cerro La Ternera que causa una aureola de rocas córneas en las sedimentitas liásicas y triásicas que rellenan el sinclinal de La Ternera.

Concluido este plegamiento temprano, sobreviene un periodo erosivo que se traduce en la erosión de las crestas anticlinales, y que origina zonas débiles en la cobertura. En el caso del anticlinal El Sauce, este fenómeno fue de intensidad suficiente para dejar expuestos en la superficie los conglomerados y cuarcitas rojas del Pérmico(?). En las depresiones sinclinales, mientras tanto, se depositaron brechas y tobas polimícticas similares a la Serie Pircas (granitos paleozoicos, calcáreos jurásicos, volcanitas, etc.).

Segunda etapa de deformación

Durante esta etapa compresiva la deformación fue absorbida a lo largo de zonas débiles como Vega El Obispo y por ruptura frágil de los sinclinales de zócalo. En el ámbito del anticlinal El Sauce se escama la cobertura sobre el anticlinal de Qda. El Sauce según flancos de cizalle paralelos a los planos de estratificación resultando las escamas de Puquios-Qda. El Sauce y de Fraga, hacia el norte de la Qda. Paipote (Godoy y Davidson, 1976). En el sector de Sierra La Ternera, avanza hacia el Este, sobre el anticlinal

San Pedrito, el sinclinal "colgado" de La Ternera. A ambos lados del paleorelieve La Ternera se depositan a continuación las secuencias vitrofíricas con intercalaciones lacustres de yeso. Estos depósitos correlacionables con la formación Hornitos (Paleoceno?) sellan los contactos subhorizontales del escamaje de Puquios-Qda. El Sauce.

Tercera etapa de deformación

Durante esta etapa ocurren las fallas inversas (cabalgamientos principales) y la ruptura de los flancos de los anticlinales de zócalo. Probablemente están relacionados con un repliegue de aquel en la zona de Sierra El Hielo-Varillar. Se producen como última consecuencia el doblamiento de los ejes reoformados y los domos de interferencia de Qda. El Carbón-Vega Redonda (anticlinal de Vega Redonda). Sobreviene finalmente un episodio erosivo que deposita las gravas inconsolidadas (Mioceno-Plioceno?) en todo el sector estudiado.

CONCLUSION GENERAL

El sector de Puquios-Varillar ilustra notablemente los efectos de la superposición de fases compresivas desarrolladas durante la orogénesis andina. En la generación de relieve en este sector de la cadena, intervienen en forma preponderante tres diferentes estructuras de compresión que se suceden en el tiempo. La tectónica distensiva es relativamente modesta en el sector considerado, sino nula, lo que contradice los conceptos clásicos de "tectónica andina". Las escamas de cobertura generadas durante las dos primeras fases compresivas, si bien pequeñas a escala alpina, o aun a la escala de aquellas estudiadas en el sur de Perú (Vicente et al., 1978), abren un vasto campo de análisis tectónico en otros sectores de la cadena donde el zócalo haya sido fuertemente reactivado. Esta interpretación tectónica implicará necesariamente renovar correlaciones regionales y las reconstrucciones paleogeográficas que de ellas se deriven.

Agradecimientos

El Departamento de Geología de la Universidad de Chile financió el presente estudio. Contribuyeron en forma apre-

ciable tanto el Instituto de Investigaciones Geológicas como el Departamento de Geología de COBRESAL, en el apoyo logístico necesario para llevar a buen término las campañas de terreno y en la confección de cortes delgados para los estudios petrográficos. Nuestros colegas E. Godoy y S. Rivano aportaron valiosas críticas al manuscrito. Carmen Saenz tipeó con diligencia los originales de este trabajo. A todos ellos va nuestro sincero reconocimiento.

Referencias

- AMIGO, A., CAVIEDES, J. y SEPULVEDA, P. (1978). Estudio geológico del sector de Qda. Potrerillos y Qda. Yerbas Buenas, Precordillera de Copiapó, III Región. Informe inédito curso Geología de Campo II Depto. de Geología, U. de Chile.
- AZCUY, C. y MORELLI, J. (1970). The Paganzo Basin. Tectonic and sedimentary characteristics of the Gondwana sequences in Northwestern Argentina. Sec. Gondw. Symp., Proc. and Papers. I.U.G.S. Marshalltown, S. Africa.
- BEMBOW, M., DUHALDE, M., PEREIRA, M. y PINO, H. (1978). Estudio geológico del sector comprendido entre La Puerta y El Obispo, Qda. de Paipote, Copiapó, III Región. Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. Geología, U. de Chile.
- BOBENRIETH, L., MARTICORENA, L., MOREL, R. y NASI, C. (1978). Geología del área Vega Redonda, Qda. La Ternera, Qda. Paipote (27°10' L.S.) Copiapó, III Región, Chile. Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. Geología, U. de Chile.
- BODENBENDER, G. (1911). Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes. República Argentina. Bol. Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, 19 (1): 2-211.
- BORIC, R., MONGARD, C., MUNDACA, P., PADILLA, H. (1978). Geología del sector Qda. Cortadera-Cerro La Ternera, Copiapó, Región Atacama. Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. Geología, U. de Chile.

- BRINCK, G., PINCHEIRA, M., TAPIA, I. (1978). Geología del sector Qda. Las Animas y Agua del Medio, Precordillera de Copiapó, III Región. Informe inédito, curso Geología de Campo II, Depto. de Geología, U. de Chile.
- BRUGGEN, J. (1918). Informe sobre el carbón de La Ternera (Copiapó). Publ. Serv. Geol. N° 1, p. 1-10, Santiago.
- CAMINOS, R. (1979). Sierras pampeanas Noroccidentales, en J.C. TURNER (Coord.) Geología Regional Argentina, Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, p. 225-291.
- CECIONI, G. y WESTERMANN, G. (1968). The Triassic/Jurassic marine transition of Coastal Central Chile. Pacific Geology 1, p. 41-75.
- CISTERNAS, M.E. y VICENTE, J.C. (1976). Estudio geológico del sector de las Vegas de San Andrés (Prov. de Atacama-Chile). Actas I Congr. Geol. Chileno, Santiago, T. I, p. A227-A252.
- CLARK, A., MAYER, C., MORTIMER, C., SILLITOE, D., COOKE, R., SNELLING, N. (1967). Implications of the isotopic ages of ignimbrite flows, Southern Atacama Desert, Chile. Nature, 251, p. 723-724, Londres.
- CUADRA, W., FRERAUT, R., MARTIN, W. (1978). Informe de Geología de Campo II, Primavera 78, Localidad La Puerta, Copiapó, III Región. Depto. de Geología, U. de Chile, Inédito.
- CUITIÑO, L., LATORRE, J., MOYA, V. (1978). Area entre Qda. Potrerillos y Qda. Agua del Medio (Precordillera de Copiapó). Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. de Geología, U. de Chile.
- DAVIDSON, J., GODOY, E., COVACEVICH, V. (1976). El Bajociano marino de Sierra Minillas y Sierra Fraga, Provincia de Atacama, Chile: Edad y marco geotectónico de la formación La Negra en esta latitud. Actas I Congr. Geol. Chileno, T. I, p. A255-A272, Santiago.

- DAVIDSON, J., MPODOZIS, C. et al. (1978). Geología de la Precordillera de Copiapó: Las nacientes de la Qda. Paipote al oeste del Salar de Maricunga (Resultados del curso de Geología de Campo II, 1977). Comunicaciones N° 23, p. 1-34, Depto. de Geología, U. de Chile, Santiago.
- FARRAR, E., CLARK, A., HAYNES, S., QUIRT, G., CONN, H., ZENTILLI, M. (1970). K/Ar evidence for the post-Paleozoic migration of the granitic intrusion fo ci in the Andes of Northern Chile. Earth and Planetary Sci. Lett., V. 10, p. 60-66, Amsterdam.
- GODOY, E. y DAVIDSON, J. (1976). Pilares tectónicos en compresión de edad Mioceno superior en los Andes del Norte de Chile (22°-30° L.S.). Actas I Congr. Geol. Chileno, T. I, p. B87-B103, Santiago.
- GOMEZ, R., HANSEN, G., LAGNO, L. (1978). Geología del área Qda. Ovejería-Qda. Yervas Buenas, Precordillera de Copiapó. Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. de Geología, U. de Chile.
- HILLEBRANDT, A. von (1970). Zur Biostratigraphie und Ammoniten fauna des Sudamerikanischen Jura (inbes Chile). Neues Jahrb. Geol. Paläont., Abh. 136, p. 166-211, Stuttgart.
- HILLEBRANDT, A. von (1973). Neue Ergebnisse über der Jura in Chile und Argentinien. Münster Forsch. Geol. Paläont., V. 31-32, p. 167-199, Münster.
- HILLEBRANDT, A. von y DAVIDSON, J. (1979). Hallazgo de Paleozoico superior en el flanco oriental de Sierra Fraga, Región Atacama. Actas II Congr. Geol. Chileno, 6-11 Agosto, Arica, Chile.
- ILABACA, P., MANTEROLA, J., MORA, R. (1978). Levantamiento Geológico 1:25.000, Sector La Puerta-Cordillera de Copiapó. Informe inédito curso Geología de Campo II, Depto. de Geología, U. de Chile.

- JENSEN, J. (1976). Geología de las nacientes del Río Copiapó, entre los 27°53' y 28°30' de latitud Sur, Provincia de Atacama, Chile. Memoria inédita. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- KING, B.C. (1959). Problems of the Precambrian of Central and Western Uganda; structure, metamorphism and granites. Sci. Progr. (London), 47, p. 735-739.
- KUBANECK, F. y ZEIL, W. (1971). Beitrag zur Kenntnis der Cordillere Claudio Gay (nord Chile). Geol. Rds. V. 60, p. 1009-1024, Stuttgart.
- LUTAUD, L. (1924). Etude tectonique et morphologique de la Provence Cristaline (These) Rev. Geogr. T. XII, fasc. 1, 271 p., 16 pl.
- MC BRIDE, S., CAELLES, Y., CLARK, A. y FARRAR, E. (1976). Paleozoic radiometric age provinces in the Andean Basement. Latitudes 25°-20°S. Earth and Planet. Sci. Lett., V. 29, p. 373-383, Amsterdam.
- MC NUTT, R., CROKETT, J., CLARK, A., CAELLES, J., HAYNES, S., FARRAR, E. y ZENTILLI, M. (1974). Initial $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ ratios of plutonic and volcanic rocks of the Central Andes between latitudes 26° and 29° South. Earth and Planet. Sci. Lett., V. 27, p. 305-313, Amsterdam.
- MILLER, H. (1971). "Querfaltung" im mesozoischen Schichten Nord- und Zentral-chiles. Münster Forsch. Geol. Paläont. H. 20-21, S. 199-214, 10 abb. Münster.
- MUZZIO, G. (1978). Sedimentitas rojas jurásicas de Oda. Moñardes, Precordillera de Copiapó. Consideraciones paleogeográficas. Taller de Título II. Inéd. Depto. de Geol., Univ. de Chile.
- MUZZIO, G. (1979). Geología de la región comprendida entre cordón el Varillar y Sierra Vizcachas, Precordillera de Atacama, Chile. Memoria inédita, Depto. Geol., Univ. de Chile, Santiago.

- PINOCHET, J., MUÑOZ, J., REYES, A. (1978). Geología del área Qda. San Pedrito (27°15'S, 69°40'W) Precordillera de Copiapó, III Región, Chile. Inf. inédito curso Geología de Campo II, Depto. Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- RAMSAY, J.G. (1967). Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Co., 568 p.
- REUTTER, K.J. (1974). Entwicklung und Bauplan der chilenischen Hochkordillere im Bereich 29° Südlichen Breite. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., V. 146(2), p. 153-178, Stuttgart.
- SEGERSTROM, K. (1959). Cuadrángulo Los Loros, provincia de Atacama. Inst. Invest. Geol., Carta Geológica de Chile, V. 1, N° 1, 33 p., Santiago.
- SEGERSTROM, K. (1960). Structural Geology of an area east of Copiapó, Atacama Province, Chile. Int. Geol. Congr., XXI Ses., Nord., part XVIII, Copenhagen.
- SEGERSTROM, K. (1968). Geología de las hojas Copiapó y Ojos del Salado, provincia de Atacama, Inst. Invest. Geol. Bol. 24, 58 p., Santiago.
- SOLMS-LAUBACH, H., GRAFZU, H. und STEINMANN, G. (1889). Das Auftreten und die Flora der rhätischen Kohlenschichten von La Ternera (Chile). Neues Jahrb. f. Miner. Beilage-Band XII, p. 581.
- TOBISCH, O.T. (1966). A large scale basin and dome pattern resulting from the interference of major folds. Geol. Soc. Am. Bull. 77, p. 393-408.
- VICENTE, J.C., SEQUEIROS, F., VALDIVIA, M.A., ZAVALA, J. (1978). El sobre-escurrimiento de Cincha-Lluta: elemento del accidente mayor andino al NW de Arequipa (Sur del Perú). Actas IV Congr. Peruano de Geología, Lima.
- ZENTILLI, M. (1974). Geological evolution and metallogenic relationships in the Andes of Northern Chile between 26° and 29° South. Ph.D. Thesis, 295 p. Kingston, Ontario, Canada.