

GEOLOGIA Y METALOGENIA DE LA PUNA

R. N. Alonso (*) y J. G. Viramonte (*)

RESUMEN

En este trabajo se puntualizan una serie de conceptos sobre las relaciones existentes entre evolución geológica y metalogénesis de la Puna. El análisis de la sedimentación, magmatismo y metamorfismo de la provincia geológica Puna, permite diferenciarla en dos subprovincias con historia geológica y metalogenia propia que son: Puna Austral y Puna Septentrional. Ambas subprovincias están separadas por una megafractura regional de rumbo ONO-ESE, el lineamiento de Olacapato o Transpuneño. La región en estudio se considera como una pieza clave en el desarrollo del orógeno andino.

Palabras clave: *Geología Regional, Metalogenia, Andes, América del Sur, Puna, Argentina.*

ABSTRACT

Relationships between geological evolution, tectonic setting, magmatism and mineralization are pointed out. The geological Puna province is considered as two geological sub-provinces: a northern and southern one, being the Olacapato megafault the boundary between them. Two principal pulses for the metallic mineralization are recognized: an Ordovician and a Miocenic one. Three north-southward mineralized belts for the Ordovician time are described: eastern (Zn, Pb, Ag, baritine), central polymetallic (Cu, Fe, Zn, Pb, baritine and quartz) and western (Au, quartz) which would be the southern end of some Bolivian belts. On the other hand, four transversal (WNW-ESE) mineralized belts for the Miocenic times, associated with the transversal volcanic ranges are described. From north to south: Coyahuaima (Sn, Ag, Pb, Sb); Quevar (Ag, Pb, Zn); Antofalla (Pb, Ag, Zn); Carachipampa (Cu). At last, relationships between the geological evolution of the Puna province and the non-metallic mineral occurrences are described, pointing out that northern Puna can be defined as "metal-bearing region" and the southern Puna as "non-metal bearing region".

Key words: *Regional geology, Metallogeny, Andes, Puna, South America, Argentina.*

Introducción

En este trabajo se sintetizan los aspectos geológicos y metalogenéticos de la región de la Puna. Dicha región a pesar de su importancia minera es poco conocida. La Puna constituye la terminación austral de la alta plataforma de los Andes centrales mejor conocida a escala continental como Altiplano, el cual se desarrolla estrechamente relacionado al arco volcánico cenozoico. El Altiplano-Puna constituye el más importante plateau en márgenes no-colisionales y por sus dimensiones, 2.000 km. de longitud por 300 km. de amplitud,

es uno de los rasgos geológicos remarcables a nivel planetario.

La Puna, desarrollada fundamentalmente en territorio argentino, es claramente diferenciable del Altiplano propiamente dicho, el cual alcanza mejor representación en Bolivia y Perú. Asimismo, la Puna como provincia geológica en el sentido de Turner (1972), fue dividida en dos regiones o subprovincias (Puna Austral y Puna Septentrional) a uno y otro lado del lineamiento de Olacapato (Alonso et al., 1984a). Dicho lineamiento, responde a una megafractura regional, la cual con rumbo ONO-ESE atraviesa otras provincias geo-

(*) Universidad Nacional de Salta-CONICET, Buenos Aires 177, 4400-Salta, República Argentina.

lógicas del eje andino. La diferenciación geológica observable en la corteza superior, sería una respuesta a la segmentación profunda de la placa de Nazca subducida. La variación geológica de ambas subprovincias condiciona un diferente desarrollo metalogenético. Se considera como Puna Austral a la región de plateau asociado al arco volcánico comprendida entre los 24° y 27° S y Puna Septentrional a la región entre los 24° y los 22° S (figura 1). A los 24° S se ubica el lineamiento o megafractura de Olacapato, que también llamaremos "Transpuneño". Asimismo, coincidente con los 24° de latitud sur, se produce la horizontalización progresiva de la placa de Nazca subducida, que pasa desde una inclinación de 30° a norte de los 24° a una inclinación somera al sur de los 28° Sur (Ej. Isacks, et al., 1982; Allmendinger, et al., 1983; Jordan, et al., 1983).

Marco geográfico de la Puna

La Puna abarca unos 10.000 kilómetros cuadrados del noroeste del territorio argentino, ocupando parte del occidente de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. Es una región desértica, de clima riguroso, con temperaturas invernales extremas de hasta -32° C, gobernada paisajísticamente por extensas planicies salinas e imponentes estratovolcanes que a veces sobrepasan los 6.000 m. de altura. El promedio de alturas es cercano a los 4 km. sobre el nivel del mar. Es un sector deprimido limitado al oeste por la cordillera volcánica occidental que la separa de territorio chileno y al este por la Cordillera Oriental, una faja fallada y plegada que acompaña al plateau. Al norte de los 22° de latitud penetra en el Altiplano boliviano y al sur de los 27° S termina en la cordillera de San Buenaventura.

Estratigrafía

La figura 1, es un mapa geológico sintético de los principales terrenos que ocurren en la Puna argentina los cuales serán descriptos en los puntos siguientes.

Entre los principales antecedentes sobre la geología de la región se tiene a Catalano (1930), Vilela (1953), Turner (1960), Turner (1972), Turner y Méndez (1979), Méndez et al. (1979), Allmendinger et al. (1982, 1983), Coira (1979, 1983), Alonso et al (1984 a, b), Jordan (1984), Salfity et al. (1984), Viramonte et al. (1984) y Jordan y Alonso (1987).

Precámbrico

Las rocas más antiguas de la comarca posiblemente corresponden a litofacies metamórficas altamente deformadas que afloran discontinuas en el borde occidental del salar Antofalla y sierra de Calalaste, las cuales han sido asignadas al Precámbrico indeterminado (Segerstrom y Turner, 1972; Allmendinger et al., 1982). También rocas de mediano a alto grado metamórfico aflorantes en el borde oriental del salar Hombre Muerto fueron atribuidas al Precámbrico (Aramayo, 1986). Seguirían en orden relativo de antigüedad las pizarras y filitas de la Formación Puncoviscana que afloran en el contrafuerte oriental puneño. Esta formación fue atribuida al Precámbrico por Turner (1960) y posteriormente su edad se llevó hasta el Cámbrico inferior en función del hallazgo de icnofósiles vermiformes y artrópodi-formes (ej. Aceñolaza y Toselli, 1981). Sin embargo algunas dataciones radimétricas en cuerpos plutónicos que intruyen a la Fm. Puncoviscana indican tanto edades precámbricas como cámbricas (ej. Omarini et al., 1985), de allí que la verdadera edad sea un actual tema de controversia.

Paleozoico

Rocas consideradas cámbricas, constituidas por cuarcitas blanquecinas, se presentan en reducidas afloramientos en la serranía de Cobres (Moreno, et al., 1980) donde correspondían a facies marginales del Grupo Mesón, el cual se encuentra mayormente restringido a la Cordillera Oriental donde alcanzan su máximo desarrollo (Salfity, et al., 1975). Alonso y Marquillas (1978, 1981), estudiaron el contenido icnofaunístico de este grupo en la Cordillera Oriental y sostienen que el mismo contiene elementos que indicarían edad cámbrica inferior. Ello genera otro elemento contradictorio en la discutida posición del límite precámbrico-cámbrico en los Andes.

El período Ordovícico está representado por diversos complejos litológicos. Por un lado se destacan las sedimentitas y leptometamorfitas que conforman gran parte de las serranías interiores puneñas. Se trata principalmente de pelitas y grauvacas, de tonalidades verdosas a grises, en secuencias alternantes. Si bien no se ha medido un espesor total por no encontrarse expuesta la base, la potencia del conjunto es de varios miles de metros. Turner (1960) definió dos formaciones que entonces consideró precámbricas y que son la Fm. Copalayo, con predominio de pelitas sobre areniscas y la Fm. Caucoá a la inversa. El hallazgo de graptolites (Rolleri y Mimmgram, 1968;

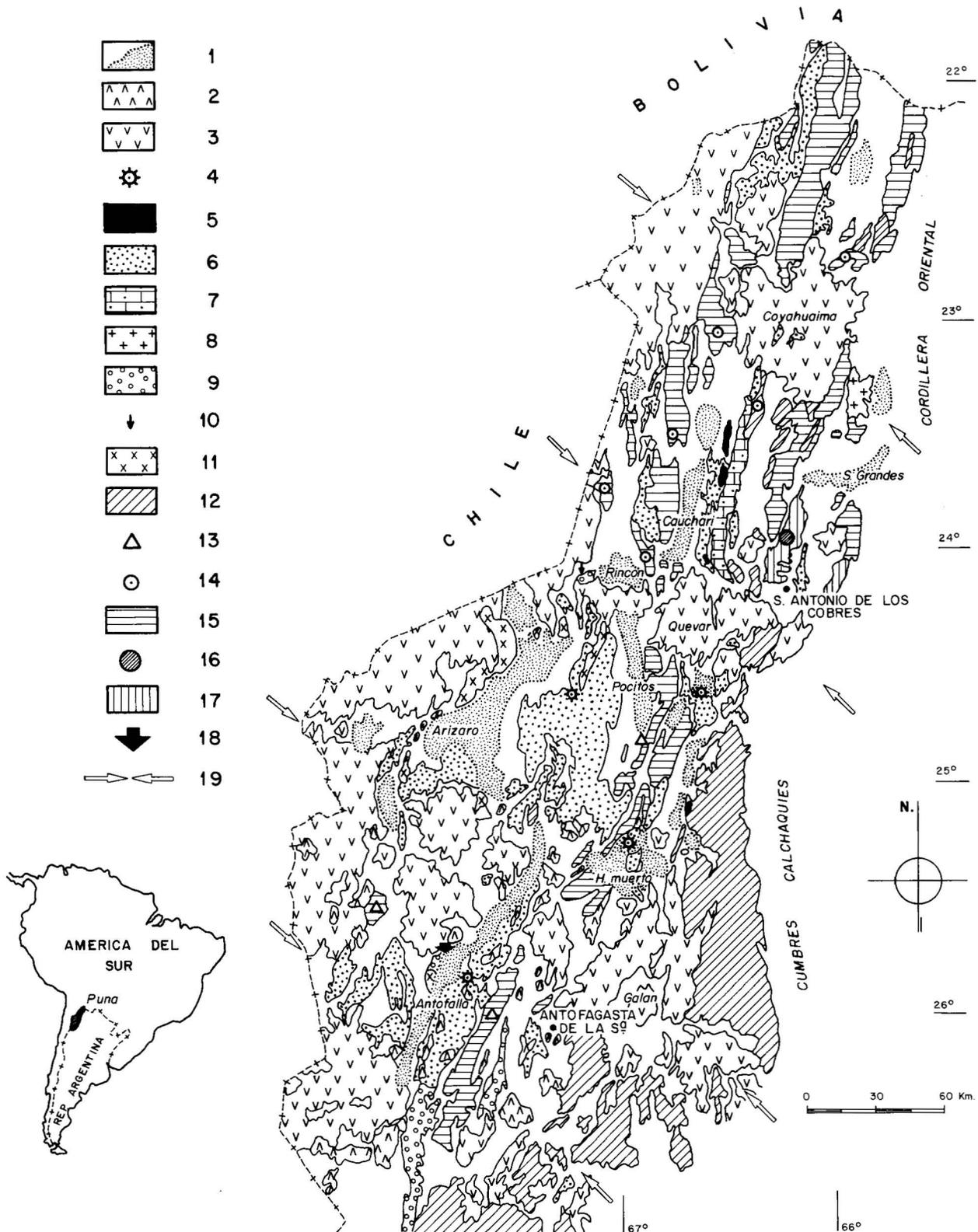


Fig. 1.—Mapa geológico de la Puna. Cuaternario: 1) Depósitos detríticos y salinos en las depresiones intermontanas; 2) Basaltos. Terciario: 3) Vulcanitas (dacitas, andesitas, ignimbritas); 4) Masas salinas (halita, yeso, boratos); 5) Intrusivos subvolcánicos; 6) Grupo Pastos Grandes y otros depósitos continentales sincrónicos (rocas clásticas, piroclásticas y evaporíticas). Cretácico: 7) Grupo Salta (areniscas, conglomerados, calizas); 8) Formación Tusaquillas, Fm. Rangel (granitos alcalinos y calcoalcalinos). Paleozoico superior: 9) Fm. Cerro Oscuro, Fm. Arizaro (areniscas, conglomerados, calizas). Paleozoico medio: 10) Fm. Salar del Rincón (areniscas, lutitas). Paleozoico inferior: Ordovícico: 11) Granitos calcoalcalinos (Taca-Taca, Macón, Chuculaqui); 12) "Faja Eruptiva" (pórfidos, metamorfitas, granitoides); 13) Intrusivos ultramáficos; 14) Coladas volcánicas interestratificadas; 15) Fm. Copalayo, Fm. Falda Ciénaga (sedimentitas y metamorfitas de muy bajo grado). Cámbrico: 16) Grupo Mesón (cuarcitas). Precámbrico: 17) Fm. Puncoviscana (pizarras, grauwacas); 18) Metamorfitas indeterminadas (filitas, esquistos); 19) Principales alineamientos volcano-tectónicos.

Aceñolaza y Toselli, 1971), permitió reubicarlas cronológicamente en el Ordovícico. Posteriormente Aceñolaza et al., (1976), describieron sedimentitas con graptolites de la Puna Austral como Fm. Falda Ciénaga. Otros hallazgos de graptolites se deben a Ramos (1972) y Schwab (1973). Aceñolaza (1973) llamó la atención sobre el cambio litológico que se produce a uno y otro lado de la megafactura de Olacapato. Mientras al norte se presentan facies de sedimentitas amarillentas, al sur ocurren leptometamorfitas oscuras. Por otra parte en numerosas localidades se ha informado la presencia de rocas ígneas intercaladas en las secuencias ordovícicas. Así, Schwab (1973) y Coira (1979), mencionan vulcanitas submarinas intercaladas sincronicamente en las sedimentitas de la Puna Septentrional, mientras que Argañaraz, et al., (1973), Allmendinger et al., (1982) y Koukarsky (1984) citan intrusivos máficos y ultramáficos distribuidos en las leptometamorfitas de la Puna Austral. En el borde oriental de la Puna Austral, Viramonte et al. (1976) han investigado el tránsito gradual que se produce en las rocas ordovícicas sedimentarias clásticas de la Fm. Copalayo entre diferentes facies de un metamorfismo regional de edad paleozoica. El polimetamorfismo actual de este conjunto litológico obedece en algunos lugares a la penetración de plutonitas terciarias. Sus rocas constituyen una faja metamórfica de disposición paralela a la elongación de la Fm. Oire en el ambiente de Puna Austral (Omarini et al., 1984).

La llamada "Faja Eruptiva de la Puna Oriental" fue originalmente definida como integrada por pórfidos riódacíticos y granitoides al norte y sur de la Puna respectivamente (Méndez et al., 1973), caracterizados ambos por la presencia de cuarzos azules y megacristales de feldespatos. Su heterogeneidad litológica dió lugar a numerosas interpretaciones (Coira, et al., 1982). Posteriores observaciones de campo y dataciones radimétricas permitieron redefinir nuevamente este complejo litológico, incorporándole la faja metamórfica en transición y asignando el conjunto al Ordovícico (Omarini, et al., 1984). Sin embargo, parte de esa faja de transición serían en realidad rocas precámbricas como fuera mencionado por Aramayo (1986). Por otra parte en la Puna Austral ocurren una serie de cuerpos graníticos calcoalcalinos (Taca-Taca, Macón, Arita, La Causalidad, etc.) que arrojaron un amplio rango de edades (Turner y Méndez, 1979; Méndez et al., 1979). Una isócrona inédita obtenida en el granito de Taca-Taca dió una edad de 471 m.a., valor igual a los obtenidos en la "Faja Eruptiva" (J. Viramonte, en Alonso et al., 1984b).

Sedimentos devónicos, carboníferos y pérmicos, fueron ubicados en un reducido afloramiento en el sector sudeste del salar Rincón. Aceñolaza et al. (1972) definieron las siguientes formaciones para esa localidad: Fm. Salar del Rincón (arenarcas blancas a verdosas con invertebrados marinos devónicos); Fm. Cerro Oscuro (areniscas rojas continentales con trazas fósiles y restos vegetales carboníferos) y Fm. Arizaro (calizas grises y amarillentas marinas, con dientes de peces, invertebrados y microfósiles pérmicos). Un estudio estratigráfico detallado de estas formaciones corresponde a Donato y Vergani (1985). Allmendinger et al. (1982) asignaron con dudas al Devónico sedimentitas grises que afloran en el borde occidental del salar Antofalla. En la sierra de los Colorados, al oeste de Antofagasta de la Sierra, se ha comprobado la presencia de un complejo litológico sedimentario de probable edad Paleozoico superior (Fielding et al., 1986). El análisis preliminar de bandas espectrales en imágenes de satélites "TM", indica que muchos de los terrenos cartografiados como terciarios en la Puna, en realidad corresponden a otros sistemas geológicos más antiguos.

Mesozoico

No se conocen registros de los tiempos triásicos y jurásicos. Sedimentitas rojas aflorantes al oeste del salar Cauchari fueron atribuidas al Jurásico por Schwab (1973, 1984) pero no se tiene certeza sobre su verdadera edad. Vilela (1953) y Méndez (1974) definieron como cretácicos unos afloramientos reducidos de la Puna Septentrional. Schwab (1973), consideró como cretácicos gran parte de los terrenos aflorantes al oriente de la depresión de Cauchari-Olaroz, presentando posteriormente un análisis de la evolución geológica de la cuenca cretácica occidental (Schwab, 1984; 1985). Alonso et al (1984a) establecieron un ordenamiento estratigráfico diferente al seguido por el autor precedente, aunque coinciden sin embargo en que la Fm. Cerro Morado (Vilela, 1953) que fuera asignada al Terciario, corresponde en realidad al Grupo Salta en facies atípicas. Esos terrenos están restringidos en exclusividad a la Puna Septentrional y tienen como límite estratigráfico-tectónico el lineamiento transpuneño. La potencia del conjunto sedimentario, integrado principalmente por conglomerados, areniscas y fangolitas de colores rojos, rosados y grises amarillentos, es de unos 2.000 metros.

En la Puna Septentrional fueron datados como del Cretácico inferior plutones graníticos (Ran-

gel, Tusaquillas), que se encuentran alojados en rocas ordovícicas (Halpern y Latorre, 1973).

Cenozoico

Terciario

Las rocas pertenecientes al Terciario, representan areal y volumétricamente una parte relevante del edificio puneño, albergando algunas de ellas grandes masas evaporíticas. Se presentan dos tipos principales de litologías que son: rocas sedimentarias y rocas ígneas. Entre estas últimas se destacan las rocas volcánicas, de las cuales las plutónicas están restringidas puntualmente a pequeños intrusivos que llegan a producir una alteración térmica incipiente en la roca de caja. Todo el conjunto rocoso comprende gran parte de la cubierta que se desarrolla sobre los terrenos ordovícicos marinos infrayacentes, que afloran en serranías interiores de rumbo submeridiano y que limitan algunos de los flancos de los salares mayores (ej. borde occidental del salar Pocitos y borde oriental de los salares Cauchari, Olaroz, Antofalla, Arizaro, etc.). Los estratos terciarios llegan a hundirse en los salares donde constituyen total o parcialmente su basamento.

Las rocas sedimentarias representan el registro de una evolución iniciada en el Eoceno medio y que con algunas interrupciones se mantiene hasta el Plioceno tardío. Corresponden al relleno paulatino de una cuenca continental amplia, que fue compartimentándose a partir del Eoceno, dando lugar a pequeñas cubetas con diferente índice de subsidencia. Una de ellas fue estudiada por Turner (1960) quien definió el Grupo Pastos Grandes al que dividió en tres formaciones que de base a techo son: Fm. Geste, Fm. Pozuelos y Fm. Sijes. Consideró al grupo en la clásica denominación de "Calchaquense" y "Araucanense" incorporando las formaciones Geste y Pozuelos a la primera denominación y la Fm. Sijes a la restante. De acuerdo con ello supuso una edad miopliocena para esa sucesión en sentido contrario a Pratt (1957) quien las había considerado como pleistocenas en base al hallazgo de diatomeas. A partir de los trabajos de Turner (1960) la denominación de Grupo Pastos Grandes se usó generalizadamente para incluir cualquier afloramiento de rocas terciarias de la Puna (ej. Méndez et al., 1979). Sin embargo como lo señalaron Salfity et al. (1984) habría existido una evolución independiente de las distintas cubetas y la homologación estratigráfica puede en muchos casos inducir a error. Posteriormente a los trabajos de Turner

(1960) se han creado algunos nuevos nombres formacionales, tanto en el área tipo del Grupo Pastos Grandes (Alonso y Gutiérrez, 1986), como en otras regiones puneñas (ej. Schwab, 1973; Coira, 1979; Donato y Vergani, 1985).

En forma generalizada puede resumirse que la sucesión sedimentaria comprende una sección basal de fuerte color rojizo, integrada por conglomerados, areniscas y muy escasas pelitas (Fm. Geste). Continúan depósitos salinos, que en el caso de la Puna Austral dan lugar a importantes cuerpos de halita (Alonso et al., 1984b), con intercalaciones abundantes de pelitas rojizas a rosadas y delgadas intercalaciones piroclásticas (Fm. Pozuelos). Se superponen psamo-pelitas, piroclastitas y evaporitas (yeso, anhidrita, boratos) de colores grisáceos, amarillentos, blanquecinos y verdosos (Fm. Sijes/Fm. Trinchera). Por último conglomerados y tufitas grises a verdosas (Fm. Singuel/Fm. Catal/Fm. Pastos Chicos). Esta pila sedimentaria se apoya en fuerte discordancia angular sobre el sustrato pre-eoceno, principalmente sobre las sedimentitas y leptometamorfitas marinas del Ordovícico. Hacia el techo se cubren con depósitos aluvionales y salinos o efusiones lávicas y piroclásticas del Cuaternario. Una columna integrada supera los 5.000 m. de espesor en cubetas de la Puna Austral.

Los terrenos volcánicos alcanzan gran distribución en el Terciario a partir de la fase Pehuenche (Oligoceno tardío) en que, como lo señalaron Viramonte et al., (1984), se produce una intensa efusividad calcoalcalina principalmente en el margen occidental de la Puna y en menor grado en el borde oriental de la Puna con la formación de una cadena discontinua de tendencia potásica. A su vez se produce la penetración hacia oriente del vulcanismo a través de megafracturas de orientación ONO-ESE, que dan cadenas volcánicas transversales, composicionalmente transicionales entre las dos anteriores. Los edificios volcánicos corresponden casi exclusivamente al tipo estrato-volcanes con un predominio de andesitas, dacitas e ignimbritas mesosilícicas a ácidas. En algunos casos se desarrollan calderas con amplios plateau ignimbríticos (ej. Galán). Los productos del vulcanismo, tanto sólidos como líquidos y gaseosos se combinaron y vaciaron en las cubetas sedimentarias ya sea como lluvia de cenizas o soluciones fuertemente mineralizadas dando abundantes tobas y evaporitas e influyendo notablemente en el desarrollo evolutivo de esas cubetas. Existe también una estrecha relación entre las efusiones lávicas y los mantos sedimentarios, los cuales se interdigitan en las proximidades de los aparatos volcánicos y en algunos casos llegan a colmatar

las cuencas, sobre todo aquellas de bajo índice de subsidencia.

La intrusividad en cambio se manifiesta en algunos pequeños cuerpos como el Acay (26 m.a.), Los Patos (20 m.a.), Inca Viejo (15 m.a.), Centenario (16 m.a.), El Oculto, Concordia, Turu-Tari, Huayra Huasi, Aguiliri, etc., tanto en rocas de caja terciaria como en el basamento pre-eoceno (Ej. Coira, 1983; Schwab y Lippolt, 1974; Viramonte, et al., 1976; Sillitoe, 1976).

Una cartografía de la distribución de los terrenos sedimentarios y volcánicos terciarios fue llevado a cabo por Salfity, et al. (1984); Jordan (1984) y Jordan y Alonso (1987). Salfity, et al. (1984), resaltan el hecho que los depocentros de sedimentación terciaria se encuentran en los alrededores de los grandes salares y están limitados por ejes volcánicos ONO-ESE los cuales son coincidentes con fajas de fallamiento que se habrían comportado como pilares en emersión durante el Cenozoico. Mencionan que los espesores de sedimentitas se adelgazan hacia esos pilares, a través de los cuales se canalizó posteriormente el magmatismo post-Oligoceno.

Los ambientes de sedimentación indican un medio continental donde predominan las aguas corrientes como agente erosivo y de transporte, el viento subordinado y el hielo ausente. El clima sufrió variaciones importantes durante la evolución del orógeno. En la base de la secuencia terciaria, el hallazgo de mamíferos fósiles (marsupiales, notoungulados, dasipódidos) indican habitats de vegetación y fauna variada. Sin embargo a partir, a mitad de su desarrollo la secuencia sedimentaria indica un desmejoramiento del clima, con aridización y endorreísmo progresivo que dieron lugar a la formación de importantes volúmenes evaporíticos. Las condiciones mencionados son en muchos casos similares a las existentes en la actualidad, siendo un buen indicador las icnitas de aves fósiles afines a las que viven hoy en los ambientes altoandinos (Alonso, 1985, 1987).

La cronología del Terciario de la Puna es pobre y se sustenta en unas pocas dataciones radiométricas, homologación con fases diastróficas de regiones vecinas y restos de vertebrados, que denuncian edades-mamífero calibrables a las del "patrón patagónico". En base a ello pudo determinarse que la sedimentación se desarrolló entre el Eoceno tardío y el Plioceno superior.

Cuaternario

Los acortamientos durante la fase diastrófica Diaguita (plio-pleistoceno) dan lugar a nuevas

cuencas de sedimentación, emplazadas en gran medida sobre las terciarias. Se mantiene un clima árido semejante y un régimen similar de alimentación de las cubetas. Ello da lugar a los actuales salares, amplias superficies con una costra de sal especular rodeadas por abanicos detríticos coalescentes.

El volcanismo decreció en el arco principal y sus cadenas transversales. Sin embargo se inició en la Puna Austral un importante vulcanismo básico, representado por pequeños centros monogénicos y coladas, que ocurren principalmente en los alrededores de los salares Arizaro, Antofalla y Hombre Muerto.

Estructura

El estilo estructural dominante de la Puna es de bloques de orientación submeridiana, elevados y hundidos, inclinados, con fracturas inversas en los flancos. Las fracturas de rumbo andino controlan la inclinación de los bloques hacia el este u oeste, mientras que las fracturas de rumbo ONO-ESE, controlarían la inclinación hacia el norte o hacia el sur. El fracturamiento submeridiano está cruzado por un fracturamiento de rumbo ONO-ESE en muchos casos regmático. Ambos fracturamientos han segmentado el zócalo puneño en bloques paralelepípedos que han tenido gran influencia en el control de las cubetas terciarias y cuaternarias. Entre las fracturas de rumbo ONO-ESE la más importante es la de Olacapato o transpuneña, que aparece claramente visible en imágenes satelitarias con un recorrido de unos 700 km, atravesando varias provincias morfoestructurales del orógeno.

Varios autores han analizado el papel del fracturamiento transversal de la Puna. Whiting (1959) y Baldis (1980) lo relacionaron con las principales mineralizaciones del noroeste argentino. Salfity, et al. (1984) lo consideraron en función del control de la sedimentación y efusividad de las cuencas cenozoicas. Viramonte et al. (1984) con el desarrollo del vulcanismo y su quimismo. Sureda, et al. (1986) con los fenómenos metalogénicos y Salfity (1985) con el control paleogeográfico que los lineamientos tienen sobre las cuencas. Las megafracturas de rumbo ONO-ESE han tenido movimientos de rumbo y en algunos casos sus bloques limitantes se han movido decenas de kilómetros.

Fenómenos relacionados con neotectónica están ampliamente distribuidos en la Puna Austral y restringidos en la Puna Septentrional (Strecker, et al., 1985; Allmendinger, 1986).

Recursos minerales

La provincia geológica Puna, es una de las regiones argentinas más ricas en depósitos minerales. En su territorio ocurren un gran número de metales, no metales y rocas de aplicación industrial que en su mayor parte permanecen inexplorados o han sido escasamente explotados. Su desfavorable ubicación geográfico-climática contribuye en gran medida al aislamiento de sus yacimientos. Algunos de los minerales o materiales son propios a esta región o al menos se hallan en ella mejor representados. Merecen destacarse los boratos y otras evaporitas como halita, y yeso, los calcareos hidatogénicos ("onix"), vidrios y granulados volcánicos, azufre, zinc, antimonio, oro, plata, estaño diatomitas, salmueras metálicas ricas en litio, potasio, magnesio, boro, entre otros.

Desde fines del siglo pasado se fue acumulando una copiosa bibliográfica sobre la génesis, asociaciones minerales, marco geológico, etc., de los distintos yacimientos, la cual fue sintetizada en Angelelli (1950), Angelelli, et al. (1983) y Schalamuck, et al. (1983). Sureda et al., (1986), elaboraron un trabajo de síntesis sobre los aspectos metalogenéticos del noroeste argentino. Coira (1983), interpreta para la Puna Septentrional subfajas ordovícicas que de oeste a este corresponden a: borde externo de arco (Au, Sb), arco volcánico (Cu, Fe, Zn, Ba, Au-Sn) y depósitos de plataforma (Pb, Zn, Ag, Ba, fosforitas). Dichas subfajas se corresponden con las representadas en la figura 2. Para el Cenozoico, postula que la Puna Septentrional sería una "Provincia Polimetálica Transicional" con rasgos distintivos de la "Faja estannífera austral boliviana" y elementos de la "Provincia Polimetálica" que se extiende desde el Perú, mientras que la Puna Austral mostraría características propias a la "Provincia Polimetálica".

En el presente trabajo se presenta una síntesis de la distribución y tipo de depósitos minerales, tanto metalíferos como no-metalíferos y rocas industriales, intentando una ordenación en dominios y fajas, como un avance que permita su inclusión en futuros mapas metalogenéticos del orógeno andino.

Minerales metalíferos

La distribución de elementos metalíferos alcanza una mejor representación en la Puna Septentrional. Se reconocen dos pulsos mayores de metalización correspondientes a los tiempos Ordovícico (figura 2) y Mioceno (figura 3).

Las rocas del periodo Ordovícico comprenden sedimentitas y leptometamorfitas con vulcanitas concomitantes y escamas intrusivas máficas, así como terrenos igneos-metamórficos ("Faja Eruptiva"). Los frentes regionales de fracturación de rumbo andino conocidos como "Tacónico occidental" y "Púnico" limitan a la "Faja Eruptiva" por el oriente y occidente respectivamente (Salfity, et al., 1975). Si se toma en consideración dichos frentes quedan delimitadas en la Puna Septentrional tres fajas de mineralización ligadas a rocas de edad ordovícica: "faja de Zn-Pb-Ag en baritina" al oriente del frente púnico, "faja polimetálica de Cu, Fe, Zn, Pb en baritina y cuarzo" entre los frentes púnico y tacónico occidental y "faja de Au en cuarzo" al oeste del frente tacónico occidental. Estas fajas son coincidentes con las subfajas ordovícicas mineralizadas de plataforma, arco y borde externo de arco, descriptas por Coira (1983). Un análisis regional muestra que no hay una clara correspondencia entre las fajas mineralizadas descriptas en Bolivia y las presentes en el noroeste de Argentina. Ello sería en parte consecuencia de la segmentación andina (Avila Salinas, 1986).

La faja Zn-Pb-Ag en baritina, coincide aproximadamente con el límite entre las provincias geológicas de Cordillera Oriental y Puna, comprendiendo los depósitos minerales de las serranías Pumahuasi-Cangrejillos (minas Barrios, Isabel, Pumahuasi, Chausete, 9 de Julio, Sol de Mayo, Cerro Colorado, Cari Casini, Leman, Pulpera, Bélgica, Luisito, San Marcial, La Perla, Washington, Cangrejillos, Bach, etc.), los depósitos de la Sierra de Aguilar (minas Tapada, Esperanza, Quera, Aguilar, etc.), y los depósitos de la serranía del Chañi (minas Lagunita, Ruth, Alumbrillo, La Antigua, etc.). Esta faja es aproximadamente continuación de la faja de Pb-Ag definida en Bolivia y culmina netamente contra el lineamiento transpuneño. La mayoría de las minas están abandonadas. Se destaca por su importancia mina Aguilar, el mayor yacimiento de Zn, Pb de América del Sur.

La faja polimetálica de Cu, Fe, Zn, Pb en baritina y cuarzo, coincide aproximadamente con la "Faja Eruptiva" en el ambiente de Puna Septentrional, abarcando los cordones de Escaya-Cochinoca y la sierra del Cobre. Esta faja culmina también netamente contra el lineamiento transpuneño.

La faja de Au en cuarzo tiene buena representación en las sierras de Santa Catalina, Rinconada, Lina, Olaroz y Catua, con las minas Azules, El Torno, San Francisco, Rinconada, Timón Cruz, Ajedrez, El Carmen, Oratorio, Santo Do-

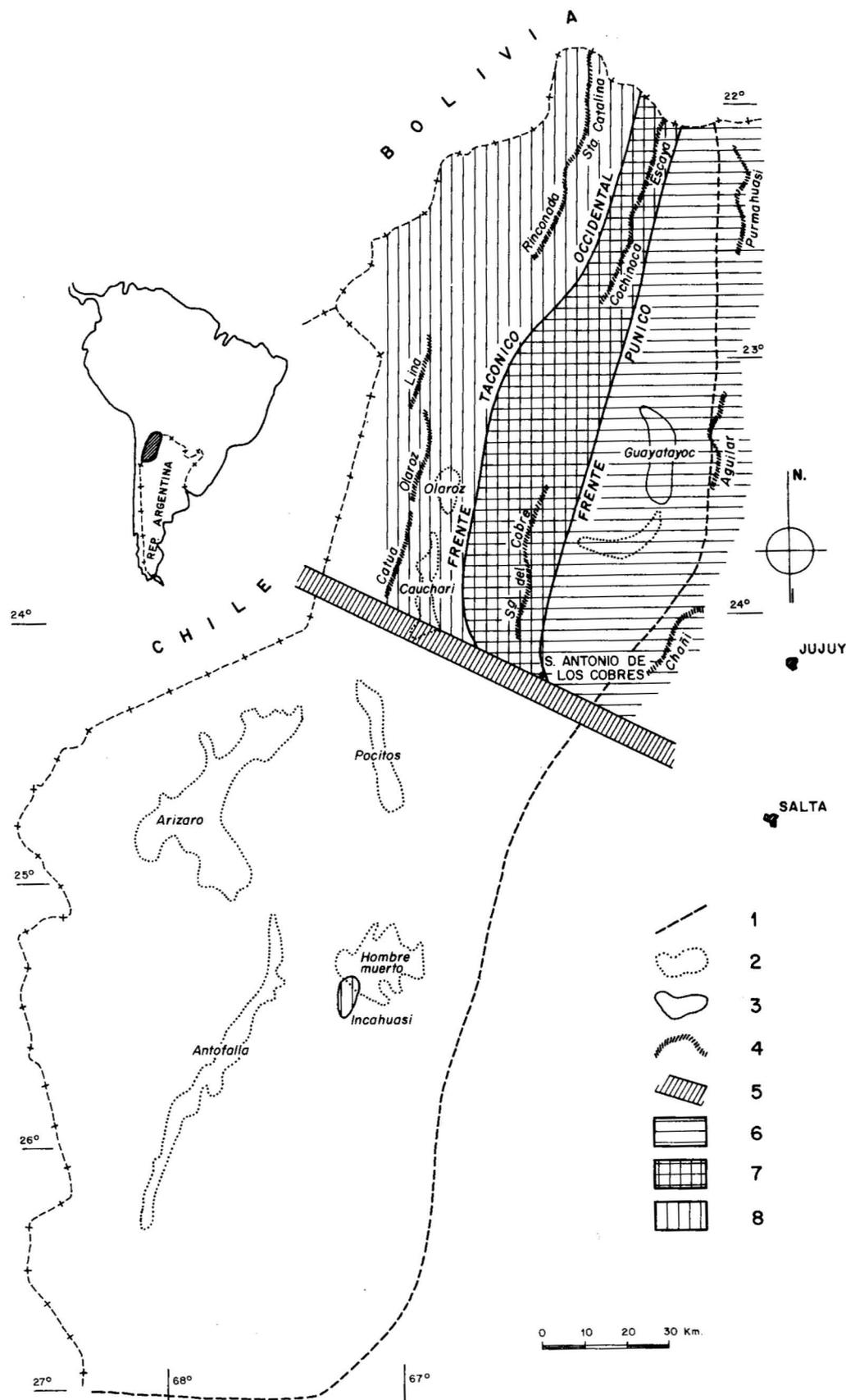


Fig. 2.—Mapa de distribución de minerales metalíferos de la Puna, durante el pulso mineralizante Ordovícico. 1) Límite geográfico aproximado de la Puna; 2) Salares; 3) Lagunas; 4) Sierras y serranías; 5) Lineamiento de Olcapato o transpuneño; 6) Faja de Zn-Pb-Ag en baritina; 7) Faja polimetálica de Cu-Fe-Zn-Pb en baritina y cuarzo; 8) Faja de Au en cuarzo.

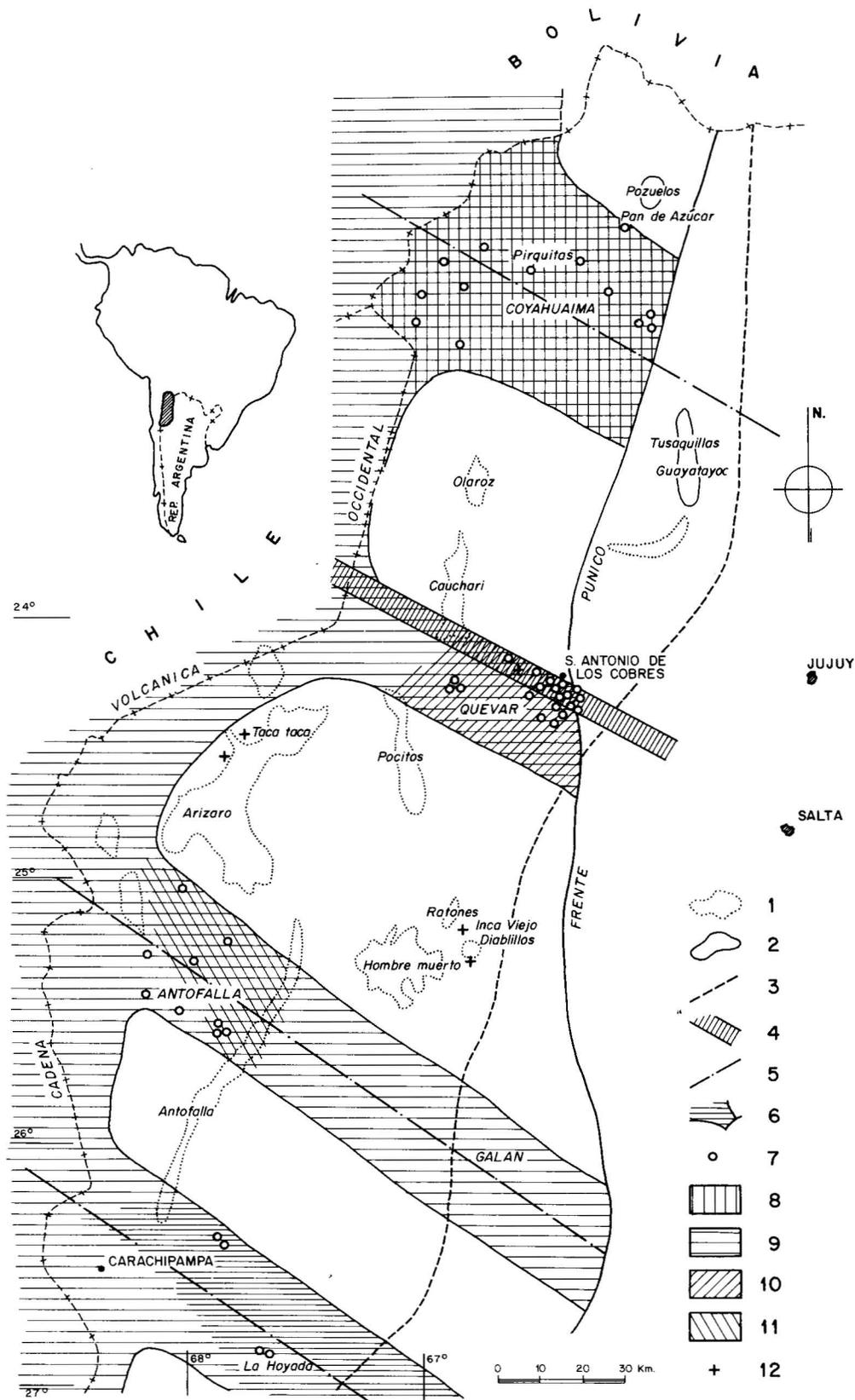


Fig. 3.—Mapa de distribución de minerales metalíferos de la Puna, durante el pulso mineralizante Mioceno. 1) Salares; 2) Lagunas; 3) Límite geográfico aproximado de la Puna; 4) Lineamiento de Olacapató o transpuneño; 5) Lineamientos de rumbo ONO-ESE, transversales al eje andino; 6) Penetración del volcanismo hacia oriente en cadenas transversales solidarias al fracturamiento regional; 7) Yacimientos, depósitos y manifestaciones minerales; 8) Faja de Sn-Ag-Pb-Sb de Coyahuaima; 9) Faja de Cu de Carachipampa; 10) Faja de Ag-Pb-Zn del Quevar; 11) Faja de Pb-Ag-Zn de Antofalla-Galán; 12) Depósitos tipo "porfidos de cobre".

mingo, Rosario de Coyahuamima, Olaroz, Cautua, etc. Las minas Puyita, Pabellón y San José, de antimonio-oro en caja ordovícica, podrían pertenecer tal vez a este pulso mineralizante. La mayoría de las minas se encuentran inactivas aunque recibieron intensa explotación en tiempos de jesuitas. A diferencia de las fajas metalíferas descritas anteriormente que culminan contra el lineamiento transpuneño, la faja aurífera en cuarzo tiene representantes en la Puna Austral, donde localizadamente ocurre el distrito de Incahuasi con metalogenia semejante.

El pulso mineralizante Mioceno (figura 3), está relacionado con el intenso magmatismo desarrollado en la Puna a partir de la fase Quechua (ca. 15 m.a.) y fundamentalmente durante el Mioceno superior (Malvicini y Llambias, 1982). Los depósitos metalíferos se encuentran relacionados con las cadenas volcánicas transversales que penetran hacia oriente del arco volcánico y culminan contra el frente púnico (Viramonte, et al., 1984). Whiting (1959), Baldis (1980), Sureda et al. (1986) entre otros, llamaron la atención sobre la estrecha relación existente entre fracturamiento, magmatismo y centros mineralizados. En este trabajo se toma como unidades o metalotectos con definición propia a cada una de las cadenas volcánicas transversales al rumbo andino en el sentido de Viramonte et al., (1985). Dichas cadenas asociadas al fracturamiento de las placas cabalgante y subducida, han tenido una evolución petrológica y cronológica distintiva y albergan asimismo una metalogenia intrínseca que permite diferenciarlas. Si bien el pulso mineralizante principal ha sido durante el Mioceno, algunos depósitos se formaron durante el Plioceno y unos pocos durante el Cuaternario, lo que a efectos prácticos se considera en conjunto.

Se destaca que las fajas mineralizadas miocenas cortan oblicuamente a las fajas mineralizadas ordovícicas, lo que ocasiona algunos depósitos de origen enigmático.

Se han reconocido cuatro fajas metalíferas miocenas, que proponemos llamar con los nombres de los principales centros volcánicos que ellas abarcan. La primera, en Puna Septentrional, sería la "faja Sn-Ag-Pb-Sb de Coyahuaima" con numerosos depósitos minerales entre los cuales se destaca mina Pirguitas, mayor concentración conocida de plata-estaño de Argentina. Otros depósitos comprenden las minas Pululos, Negro, Caucañi, Pairique, San Pedro, El Chorro (estaño), Pan de Azúcar, España, Potosí, Rachaite, Chinchillas (plomo-plata-zinc), Lina, Doncellas, Coyahuaima (antimonio), Pabellón, Iral (manganeso), etc.

La segunda fase se desarrolla en el límite entre Puna Septentrional y Puna Austral y la denominamos "faja de Ag-Pb-Zn del Quevar". Dicha faja está relacionada al intenso fallamiento del lineamiento transpuneño y dá lugar al rico distrito minero de San Antonio de los Cobres. Se destacan las minas Concordia, Vince (plata), La Paz, Recuerdo, Polvorilla, Matilde, Vicuña, Acazoque, Diana, Esperanza, California, Soncaiman (plomo, plata, zinc), Victoria, Incachule (antimonio), Julio Verne (bismuto, oro), Remate, Quirón (manganeso), etc.

En el ambiente de Puna Austral ocurren dos importantes cadenas volcánicas transversales, Galán y Carachipampa, asociadas a sendas megafracturas. La primera contiene al distrito de Antofalla-Archibarca (plomo, zinc, plata) y otras metalizaciones relacionadas, que denominamos como "faja de Pb-Ag-Zn de Antofalla". La cadena volcánica de Carachipampa contiene el distrito cuprífero de La Hoyada y fuera del área puneña el complejo volcánico de Farallón Negro, con importantes concentraciones de oro, cobre y manganeso. Se la denomina "faja de Cu de Carachipampa".

En la Puna Austral se registran también algunos depósitos del tipo "pórfido de cobre" con edades entre 12 y 15 m.a., que se alojan en distintos tipos de terrenos. Los más conocidos son los de Taca-Taca, Agua del Desierto, El Oculito, Diablillos, Inca Viejo y Centenario (Sillitoe, 1977; Mendez et al., 1979).

Los géiseres y manantiales termales alrededor de los principales centros volcánicos (Alonso y Viramonte, 1985) serían en algunos casos la expresión superficial de un sistema geotermal mayor en profundidad con manifestaciones de metales preciosos epitermales. Asimismo, depósitos sedimentarios de directa filiación volcanogénica, en algunos casos de intracaldera, albergan capas anómalas en plata (ej. mina Providencia).

Minerales no metalíferos y rocas de aplicación industrial

Las mayores concentraciones de elementos no-metalíferos y rocas industriales se manifiestan en el ambiente de Puna Austral (figura 4). Por el contrario los depósitos metalíferos son más abundantes en la Puna Septentrional. La diferente distribución es debida a la particular evolución geológica operada a uno y otro lado del lineamiento transpuneño.

Se reconocen tres pulsos formadores de no-metales y rocas de aplicación correspondientes al Ordovícico, Terciario y Cuaternario.

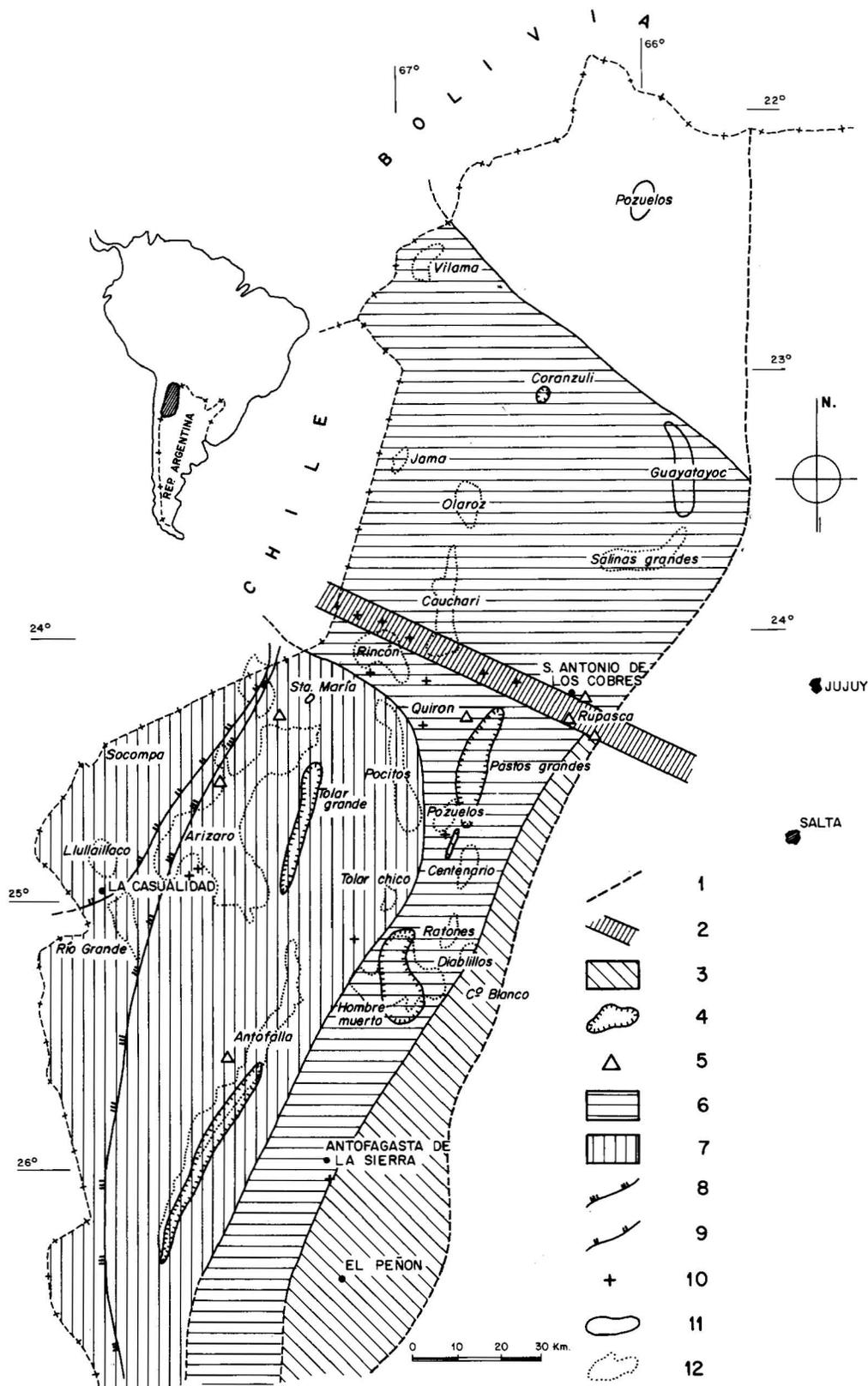


Fig. 4.—Mapa de distribución de minerales no metalíferos y rocas industriales en la Puna. 1) Límite geográfico aproximado de la Puna; 2) Lineamiento de Olacapatu o transpuneño; 3) Faja metamórfica con concentraciones de sillimanita, granate, estaurrolita e intrusiones pegmatíticas portadoras de mica, turmalina, feldespatu y cuarzo; 4) Masas evaporíticas terciarias con halita, yeso, anhídrita y boratos; 5) Coladas y "domos" de vidrios y perlitas; 6) Dominio de salares boratíferos; 7) Dominio de salares sulfatíferos; 8) Límite oriental del azulfre; 9) Límite oriental de los granulados volcánicos (pómez); 10) Calcáreos hidatogénicos (ónix, travertino); 11) Salares; 12) Lagunas.

El pulso Ordovícico, incluye los depósitos minerales formados en el ambiente de la "Faja Eruptiva". Dicha unidad geológica alberga diques pegmatíticos portadores de mica, turmalina, feldespato y cuarzo en los cerros de Centenario, Diablillos, Antofagasta de la Sierra y El Peñón. También se destacan facies metamórficas ricas en estaurólita, granate, cianita y sillimanita. Esta última forma un importante depósito en el borde de la Puna, a la altura del salar Hombre Muerto.

Un segundo pulso corresponde al Neógeno (mio-plioceno). Por una parte se tienen las ingentes cantidades de sales que dieron lugar a potentes depósitos evaporíticos en el ambiente de Puna Austral, favorecidos por una mayor subsidencia de las cuencas y mayor índice de aridez. En la Puna Austral se presentan algunas masas kilométricas de halita, emplazadas en los principales depocentros de sedimentación terciaria, como las que rodean los salares Pastos Grandes, Hombre Muerto, Arizaro y Antofalla (Alonso, *et al.*, 1984a). Asociados a los cuerpos de sal y en un mismo marco genético aparecen potentes depósitos de yeso-anhidrita y en el caso de Pastos Grandes y Hombre Muerto acumulaciones de boratos (Alonso, 1986). Con respecto a los boratos, los cuales constituyen la mayor riqueza minera de la Puna, se destacan el yacimiento de Tincalayu (bórax) y Sijes (colemanita, hidroboracita). En la Puna Septentrional se descubrió en 1982 un yacimiento de bórax, inyoita, ulexita (Loma Blanca). Los boratos de la Puna constituyen las mayores concentraciones conocidas para América del Sur y el Hemisferio Austral, conteniendo además las mayores concentraciones de hidroboracita del mundo (Alonso y Viramonte, 1985b).

Ligado a la construcción de algunos edificios estratovolcánicos de la Puna Austral, se formaron perlitas, esto es, coladas y domos de vidrio, luego hidratados que constituyen los depósitos de Ramada, Acay, Rupasca, Quirón, Vega de Arizaro y Antofalla. Ellos son al momento los únicos yacimientos explotables conocidos en América del Sur. Las erupciones plinianas del volcán Socompa, eyectaron abundante material pumicítico que se depositó en sus alrededores. Acumulaciones secundarias de origen eólico sobre obstáculos topográficos dieron lugar a depósitos explotables de granulado volcánico. Asociado a las manifestaciones fumarolianas póstumas se formaron impregnaciones de azufre en las cúpulas de algunos volcanes del límite argentino-chileno, como los presentes en la Corrida del Cori, donde se encuentra el yacimiento de la Casualidad hoy inactivo.

El tercer pulso corresponde al Cuaternario. Sus representantes más conspicuos son el relleno eva-

porítico de los salares y los depósitos de calcáreos hidatogénicos. Los salares albergan importantes concentraciones de halita, yeso, boratos (ulexita y tincal), thenardita y mirabilita, trona, etc. (ej. Catalano, 1926; Alonso y Gutiérrez, 1984; Alonso, 1986, 1987). El cloruro de sodio forma una costra especular en la mayoría de los salares de la Puna y se explota en Rincón, Pocitos, Pastos Grandes, Arizaro y Salinas Grandes. Los salares de la Puna Austral son más ricos en sales que los de la Puna Septentrional a consecuencia de su sedimentación evaporítica previa durante el Terciario (Viramonte, *et al.*, 1984b).

El borato ulexita está profusamente distribuido en algunos salares puneños ya sea como bancos masivos ("barra") o como nódulos en el sedimento fangoso ("papas"). Está ligado genéticamente a paleofuentes termales boratíferas alineadas sobre fracturas en los bordes de los salares (Alonso y Gutiérrez, 1984). Los principales salares con concentraciones de ulexita son Cauchari, Olaroz, Salinas Grandes y Guayatayoc en la Puna Septentrional y Pastos Grandes, Pozuelos, Centenario, Ratones, Diablillos y Hombre Muerto en la Puna Austral. El bórax se concentra en los salares de Cauchari y Turi Lari (Alonso, 1987). En la figura 4, se representa un dominio de salares boratíferos que ocupa parte de la Puna Septentrional y borde oriental de la Puna Austral. En este sentido tanto el extremo norte de la Puna Septentrional como el borde occidental de la Puna Austral carecen de concentraciones de boratos. Asimismo se define un dominio de salares sulfatíferos para resaltar las manifestaciones de sulfato de sodio que se manifiestan en el sector occidental de la Puna Austral tales como Laguna Socompa y los salares de Pocitos, Tolar Chico, Río Grande y Arizaro.

El carbonato de sodio se presenta como eflorescencias ("coipa") en muchos salares puneños, habiéndose explotado en laguna Santa María. Dada la herencia ambiental de la Puna desde el Mioceno (Alonso, 1987b), no sería rara la presencia de viejos depósitos de trona, asociados a los antiguos cuerpos evaporíticos.

La mayoría de los salares contienen concentraciones de salmueras metálicas ricas en litio, potasio, magnesio, y otros elementos escasos y raros (Igarzábal y Poppi, 1980; Nicolli *et al.*, 1984). Dichas salmueras se encuentran en explotación en el salar de Atacama (Chile), existiendo un proyecto similar en marcha en el salar Rincón.

Los calcáreos hidatogénicos, conocidos como onix, ocurren abundantemente en la Puna Austral. Se han explotado como canteras en Arita, Catua, León, Antuco, Tocomar, etc. El material consiste de calcita o aragonita, depositadas por

fuentes termales, con estructuras de aspecto algal y vistosos colores entre los que se destacan el azul, verde, blanco, marrón, naranja y rojo.

Conclusiones

La segmentación andina, posiblemente consecuencia del fracturamiento profundo de la placa de Nazca subductada, da lugar a sectores de corteza con naturaleza geológica y metalogenética propia. Dichos segmentos constituyen de por sí, subdivisiones menores en las regiones morfoestructurales del orógeno andino. Ello establece características que en muchos casos permiten la definición del subprovincialismo geológico, al cual es en un todo solidario el subprovincialismo metalogenético.

La confección de una moderna carta metalogenética para la región debería tomar en cuenta los aspectos de la segmentación en la definición de los principales dominios de distribución de los depósitos minerales. Los avances que se realizan en este trabajo constituyen una futura base en el sentido mencionado. Asimismo, la definición teórica del provincialismo metalogenético es una llave práctica, útil y necesaria, para la exploración de futuros depósitos minerales.

En síntesis puede decirse que desde el punto de vista geológico, se producen diferencias a lo largo del tiempo en la composición de los terrenos a uno y otro lado del lineamiento transpuneño. Así por ejemplo, la Puna Austral muestra terrenos de niveles corticales más profundos que en parte serían consecuencia de su larga denudación durante el Mesozoico, así como depocentros terciarios bien desarrollados y vulcanismo básico importante. La Puna Septentrional muestra una cubierta mesozoica espesa y sedimentación terciaria de menor desarrollo.

Las metalizaciones para el Ordovícico indican un enriquecimiento de oro hacia el oeste y de metales de base hacia el este. En el Mioceno se aprecia un decrecimiento de todas las metalizaciones hacia el sur, al punto que la mayor parte de la Puna Austral es una región casi estéril. A diferencia de ello aumentan los minerales no-metálicos, lo cual en la balanza de la distribución de los depósitos marca claramente las diferencias entre una Puna Septentrional con predominio de metálicos y una Puna Austral con predominio de no-metálicos.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Lic. Nilda Menegati que colaboró activamente en varias facetas de este tra-

bajo, así como al Sr. José Arroyo Calvín que tuvo a su cargo la confección de la parte gráfica. Numerosos tópicos sobre la geología y la metalogenia fueron analizados con los doctores Ricardo Sureda, Ricardo Omarini y Miguel Galliski (UNSA, Argentina) a quienes se agradece el intercambio de puntos de vista. El Dr. Carlos Martín Escorza (CSIC, España) tuvo la amabilidad de leer el manuscrito y sugerir algunos cambios. Por último nuestro agradecimiento a la empresa Industrias Químicas Baradero S.A., en el nombre del Dr. Luis De Rito y Sr. Carlos Elias, por su asistencia y facilidades durante los trabajos de campaña.

Nota: Una versión previa, inédita, de este trabajo, corresponde a un manuscrito que sirvió de base para una conferencia pronunciada por uno de los autores (R.A.) bajo el título "Evolución geológica y recursos minerales de la Puna Argentina" durante las sesiones del "Simposio Internacional de Tectónica Centroandina y su relación con los recursos naturales", realizado en La Paz (Bolivia) en octubre de 1984.

Referencias

- Aceñolaza, F. (1973). El Ordovícico de la Puna saltocatómarqueña, *V Congreso Geol. Argentino*, Actas 4:3-18.
- Aceñolaza, F., Benedetto, L., y Salfity, J. (1972). El Neopaleozoico de la Puna: su fauna y relación con áreas vecinas. *Anales Acad. Bras. Ciencias*, 44 (suplemento):5-20.
- Aceñolaza, F. y Toselli, A. (1971). Hallazgo de graptolites ordovícicos en el supuesto precámbrico de la Puna de Catamarca y de Salta. *Asoc. Geol. Arg.*, 26:274.
- Aceñolaza, F., Toselli, A., y González, O. (1976). Geología de la región comprendida entre el salar Hombre Muerto y Antofagasta de la Sierra, Catamarca. *Asoc. Geol. Arg.*, 21:127-136.
- Aceñolaza, F. y Toselli, A. (1981). *Geología del Noroeste Argentino*. Univ. Nac. de Tucumán, F.C.N. N.º 1287, 212 págs.
- Alonso, R. (1985). Icnitas de aves como control de niveles boratíferos. *Soc. Cient. del Noroeste Argentino*, 1:37-42.
- Alonso, R. (1986). *Ocurrencia, posición estratigráfica y génesis de los depósitos de boratos de la Puna Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta, 196 págs.
- Alonso, R. (1987a). Valoración icnoavifaunística de ambientes boratíferos. *IV Congr. Latinoamericano de Paleontología*, T. 1:586-597. Santa Cruz de la Sierra.
- Alonso, R. (1987b). Bórax (tincal) de la Puna Argentina. *X Congr. Geol. Argentino*, Actas IV:292-295.
- Alonso, R. y Fielding, E. (1986). Acerca de un nuevo yacimiento de vertebrados paleógenos en la Puna. *III Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*. Resúmenes.
- Alonso, R., Gutiérrez, R., Pascual, R. y Raskovsky, M. (1982). El Grupo Pastos Grandes (Puna salteña, Argentina): Mamíferos de su Formación Pozuelos y su antigüedad. *III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*. Resúmenes.
- Alonso, R. y Gutiérrez, R. (1984). Zonación de ulexita en los salares de la Puna Argentina. *Asoc. Geol. Arg., Revista*, 39:52-57.
- Alonso, R., Gutiérrez, R. y Viramonte, J. (1984). Megacuerpos salinos cenozoicos de la Puna Argentina. *IX Congr. Geol. Argentino*, T. 1:25-42.
- Alonso, R. y Gutiérrez, R. (1986). Litoestratigrafía del Neógeno terminal. Puna Argentina. *Rev. Inst. Cs. Geol. (Juyuy)*, 6:29-47.
- Alonso, R. y Marquillas, R. (1978). El Grupo Mesón. Contenido Paleontológico y edad. *Asoc. Geol. Lilloana*, T. 14 (sup.):5-6.
- Alonso, R. y Marquillas, R. (1981). Trazas fósiles de la Formación Campanario (Grupo Mesón, Cámbrico). Consideraciones ambientales y cronológicas. *Rev. Inst. Cs. Geol. (Juyuy)*, 3:95-110.
- Alonso, R., Viramonte, J. y Gutiérrez, R. (1984). Puna Austral. Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. *IX Congr. Geol. Argentino*, T. 1:43-63.

- Alonso, R. y Viramonte, R. (1985a). Géysers boratíferos de la Puna Argentina. *IV Congr. Geol. Chileno*, Actas II:23-44.
- Alonso, R. y Viramonte, J. (1985b). Provincia Boratífera Centroandina. *IV Congr. Geol. Chileno*, Actas II:45-63.
- Allmendinger, R. (1986). Tectonic development, southwestern border of the Puna plateau. *Geol. Soc. of America*, 97:1070-1082.
- Allmendinger, R., Jordan, T., Palma, M. y Ramos, V. (1982). Perfil estructural de la Puna catamarqueña. *V Congr. Latinoamericano de Geología*, Actas I:499-518.
- Allmendinger, R., Ramos, V., Jordan, T., Palma, M. y Isacks, B. (1983). Paleogeography and Andean Structural Geometry, Northwest Argentina. *Tectonics*, 2:1-16.
- Angelelli, V. (1950). Recursos minerales de la República Argentina. *Rev. Inst. Cs. Naturales* (Bs. As.), 542 págs.
- Angelelli, V., Aristarain, L., Herrera, A. y Fernández, E. (1970). Descripción del mapa metalogenético de la República Argentina. *Anales Dir. Nac. Geol. y Minería*, N.º XV. Bs. Aires.
- Angelelli, V., Brodtkorb, M., Gordillo, C. y Gay, H. (1983). *Las especies minerales de la República Argentina*. Servicio Minero Nacional (Bs.As), 528 págs.
- Angelelli, V. y Fernández, E. (1979). I Ciclos Metalogenéticos. II Provincias Metalogenéticas. Geología Regional Argentina. *Academia Nacional de Ciencias* (Córdoba), II:1360-1640.
- Argañaraz, R., Viramonte, J. y Salazar, L. (1972). Sobre el hallazgo de serpentinitas en la Puna Argentina. *V Congr. Geol. Argentino*, Actas I:23-32.
- Aramayo, C. (1986). *Geología y Petrología de la región al oeste del salar Hombre Muerto, Puna*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Salta, 60 págs.
- Arias, J. y Viera, O. (1982). Estratigrafía y Tectónica de la comarca Olacapato-Tuzgle. *Rev. Inst. Cs. Geol. (Jujuy)*, 5:71-86.
- Avila Salinas, W. (1986). Fracturas profundas de la placa de Nazca que controlan el volcanismo cenozoico y la mineralización en los Andes Centrales de Bolivia. *Academia Nacional de Ciencias de Bolivia*, 67:9-27.
- Baldis, B. (1980). Control megaestructural de los distritos metalíferos en el noroeste argentino. *Simposio Metalogénesis en Latinoamérica*, IUGS, Pub. N.º 5:165-174.
- Baldis, B., Gorroño, J., Ploszkiewicz, J. y Sarudiansky, R. (1976). Geotectónica de la Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y comarcas adyacentes. *VI Congr. Geol. Argentino*, Actas I:3-22.
- Catalano, L. (1926). Geología de los yacimientos de boratos y materiales de las cuencas, salar Cauchari, Puna. *Dir. Gral. Minas Geol. e Hidrol.* (Bs.As), Pub. 23, 110 págs.
- Catalano, L. (1930). Puna de Atacama. Reseña geológica y geográfica. *Univ. Nac. del Litoral* (Rosario), Pub. 8, 50 págs.
- Coira, B. (1979). Descripción geológica de la Hoja 3c. *Serv. Geol. Nac.* (Bs.As), Bol. 170.
- Coira, B. (1983). Magmatismo y mineralizaciones asociadas en Puna jujeña. *II Congr. Arg. Geol. Econ.*, Actas II.
- Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C. y Ramos, V. (1982). Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina-Chile. *Earth Science Reviews* 18:303-332.
- Donato, E. y Vergani, G. (1985). Geología del Devónico y Neopaleozoico de la zona del cerro Rincón, Salta, Argentina. *IV Congreso Geológico Chileno*, I:1-262/1-283.
- Fielding, E., Alonso, R. y Jordan, T. (1986). Spectral Stratigraphy. Distinguishing sedimentary rocks of the Argentine Puna with TM imagery. *Geol. Soc. of America*, Abstracts with Programs, 18:601.
- Halpern, M. y Latorre, C. (1973). Estudio geocronológico inicial por el método Rb-Sr de rocas cristalinas del noroeste argentino. *Asoc. Geol. Arg., Revista*, XXVIII:95-205.
- Igarzábal, A. (1982). El relieve de la Puna Argentina. *Rev. Inst. Cs. Geol. (Jujuy)*, 5:45-65.
- Igarzábal, A. y Poppi, R. (1980). El salar de Hombre Muerto. *Acta Geológica Lilloana*, 15:103-117.
- Isacks, B., Jordan, T., Allmendinger, R., y Ramos, V. (1982). La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la geometría de la placa de Nazca subductada. *V Congr. Latinoamericano de Geología*, Actas III:587-606.
- Jordan, T. (1984). Cuencas, volcanismo y acortamientos cenozoicos en Argentina, Bolivia y Chile. *IX Congr. Geol. Arg.* II:7-24.
- Jordan, T. y Alonso, R. (1987). Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountain. *Amer. Assoc. of Petrol. Geologist*, 71:49-64.
- Jordan, T., Isacks, B., Allmendinger, R., Ramos, V. y Ando, C. (1983). Andean tectonic related to the geometry of the subducted Nazca plate. *Geol. Soc. America, Bull.*, 94:341-361.
- Koukharsky, M. (1984). Pseudodiques metabásíticos en el basamento del borde oriental del salar Hombre Muerto. *IX Congr. Geol. Argentino*, II:531-546.
- Lyons, W. (1976). La región mineralogénica andina. *VI Congreso Geológico Argentino*, Actas III:89-107.
- Moreno, C., Chávez, A. y Arias, J. (1980). Geología del área termal de Pompeya, Salta. *Acta Geol. Lilloana*, 15:21-34.
- Malvicini, L. y Llambias, E. (1982). El magmatismo mioceno y las manifestaciones metalíferas asociadas en Argentina. *V Congr. Latinoamericano de Geología* (Bs.As), III:547-566.
- Méndez, V., Navarini, A., Plaza, D. y Viera, O. (1972). Faja Eruptiva de la Puna Oriental. *V Congr. Geol. Argentino*, Actas IV:89-100.
- Méndez, V., Turner, J.C., Navarini, A., Amengual, R. y Viera, O. (1979). *Geología de la región noroeste. Argentina*. Dir. Gral. Fab. Militares, Bs.As., 118 págs.
- Nicolli, H., Suriano, J., Kimsa, J. y Brodtkorb, A. (1980). Geochemical characteristics of brines in evaporitic basins, Argentine Puna. *26th. Int. Geol. Congr. Paris*, S. 10, 1.01.0094.
- Omarini, R., et al. (1985). New geochronological data shed light upon Precambrian age of Puncoviscana Formation in northwestern Argentina. *Comunicaciones*, 35:181-183. Santiago.
- Pascual, R. (1983). Novedosos marsupiales paleógenos de la Fm. Pozuelos de la Puna. Salta. *Ameghiniana*, 20:265-280. 280.
- Pratt, W. (1961). Local evidence of pleistocene to recent orogeny in the Argentine Andes. *Geological Soc. of America*, 72:1539-1550.
- Rolleri, E. y Mingramm, A. (1968). Sobre el hallazgo de Ordovícico inferior al oeste de San Antonio de los Cobres, Salta. *Asoc. Geol. Arg., Revista*, 23:101-103.
- Salftý, J. (1985). Lineamientos transversales al rumbo andino en el noroeste argentino. *IV Congr. Geol. Arg.*, I:2-139/2-138.
- Salftý, J., Gorustovich, S., Moya, C. y Amengual, R. (1984). Marco tectónico de la sedimentación y la efusividad cenozoicas en la Puna argentina. *IX Congr. Geol. Argentino*, I:539-554.
- Salftý, J., Omarini, R., Baldis, B. y Gutiérrez, R. (1975). Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del Noroeste Argentino. *II Congr. Iberoamericano de Geol. Económica*, Actas IV:341-353.
- Schalamuck, I., Fernández, R. y Etcheverry, R. (1983). *Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA*. Secretaría de Minería (Bs.As), Anales XX.
- Schwab, K. (1973). Die Stratigraphie in der umgebung des salar Cauchari. *Geotekt. Forsch.*, 43, 168 págs.
- Schwab, K. (1985). Basin formation in a thickening crust. The intermontane basins in the Puna and Cordillera Oriental. *IV Congreso Geológico Chileno*, I:2-139/2-159.
- Schwab, K. y Lippolt, H. (1974). K-Ar mineral ages and late cenozoic history of the Salar de Cauchari area. *Intern. Assoc. Volc. Chem. Earths, Proc.*, 698-714. Santiago.
- Sillitoe, R., (1977). *Permo-carboniferous, Upper Cretaceous and Miocene porphyry copper mineralization in the argentinian Andes*. *Economic Geology*, 72:99-104.
- Strecker, M., Alonso, R., Rivelli, F. y Mon, R. (1985). Quaternary tectonic movements in the Argentine Puna. *Geological Soc. of America*, Abstracts with Programs, 17:729. Orlando.
- Sureda, R., Galliski, M., Argañaraz, P. y Daroca, J. (1986). As-

- pectos Metalogenéticos del Noroeste Argentino. *Capricornio*, N.º 1, Salta.
- Turner, J.C. (1960). Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste. *Acta Geológica Lilloana*, 3:191-226.
- Turner, J.C. (1972). Puna. *Geología Regional Argentina*, Tomo I:13-56.
- Turner, J.C. y Méndez, V. (1979). Puna. *Geología Regional Argentina*, Tomo I:13-56.
- Vilela, C. (1953). Los periodos eruptivos de la Puna de Atacama. *Asoc. Geol. Arg.*, 8:5-36.
- Viramonte, J., Alonso, R., Gutiérrez, R. y Argañaraz, R. (1984). Génesis del litio en los salares de la Puna Argentina. *IX Congr. Geol. Argentino*, III:471-481.
- Viramonte, J., Galliski, M., Araña, V., Aparicio, A., García Cacho, L. y Martín Escorza, C. (1984). El finivulcanismo básico de la depresión de Arizaro. *IX Congr. Geol. Arg.*, III:234-253.
- Viramonte, J., Sureda, R., y Raskovsky, M. (1976). Rocas metamórficas de alto grado al oeste del salar Centenario. *IV Congr. Geol. Arg.*, II:91-206.
- Whiting, F.B. (1959). Structural belts and mineral deposits of northwestern Argentina. *Economic Geology*, 54:903-912.

Recibido el 3 de Diciembre de 1987
Aceptado el 30 de Diciembre 1987