

Inform. Geol. 103 (1)

PROPIEDAD

ESTADIDELMIERO NACIONAL

NOA GEOLOGIA MIERO

MIGUEL LA

C. C. N° 58 - Suc. 2

C. 4300 - S. M. de TUCUMAN

GEOLOGIA, ALTERACION HIDROTHERMAL Y ESTRATOVOLCANISMO DEL CERRO TeBENQUICHO, DEPARTAMENTO ANTOFALLA DE LA SIERRA-CATAMARCA

OSVALDO EDGAR GONZALEZ

Resumen

El cerro Tebequincho se encuentra ubicado en la región Puna, al oeste del Salar de Antofalla, en la Provincia de Catamarca.

El mismo está constituido por una serie de picos que configuran un gran estratovolcán de composición andesítico-dacítica que ocupa una superficie de 400 km².

Las dataciones radimétricas de esta entidad volcánica le asignan una edad miocena media.

En el estrato-volcán se observa una serie de zonas alteradas hidrotermalmente que se describen en este estudio, que comprenden a los tipos argílica, acompañada por silíceo y alunitica en menor proporción.

Las características geológicas de alteración hidrotermal y emplazamiento, permiten suponer que dichas zonas podrían corresponder a las más externas de los sistemas de cobre porfídico.

Introducción

El presente estudio tiene la finalidad de dar a conocer las características y edad del complejo efusivo volcánico del cerro Tebequincho, que se investigó durante la prospección geológica y geoquímica de la región Puna. Además se describen las alteraciones hidrotermales que están distribuidas irregularmente en el citado cerro. También se mencionan, las rocas ígneas de esta edad en otras regiones.

Para la ejecución de estos estudios se contó con la ampliación fotográfica del fotograma 2567-309-15 y 16, en una escala aproximada de 1:12.500.

El motivo de esta investigación es contribuir a una mejor conocimiento sobre los procesos volcánicos cenozoicos registrados en la Puna, especialmente en el Terciario.

Sobre los antecedentes geológicos de la zona se pueden citar los lineamientos generales dados en el Mapa Geológico de la República Argentina del año 1964 (D.N.G.M.) y Turner (1972); en estudios específicos sobre el Vulcanismo Cenozoico en la Puna, a Vilela (1953), Schwab (1972) y Coira y Pezzutti (1976).

Abstract

The Tebequincho hill is located in the Puna region, west from the Salar de Antofalla, in the province of Catamarca.

It is constituted by a series of peaks which forms a large strato-volcano of andesite-dacite composition occupying an area of 400 km².

The radiometric data of this volcanic entity assign it a Middle Miocene age.

In the strato-volcano a series of hydrothermally altered zones described in this paper may be observed. They include the argillic type, together with a small proportion of siliceous and alunitic alteration zone. According to the geologic characteristic of hydrothermal alteration and emplacement, we suppose that these zones could correspond to the most external ones of a porphyry copper system.

Ubicación y vías de acceso

El cerro Tebenquicho se encuentra ubicado al oeste del Salar de Antofalla, a unos 10 km al suroeste del paraje de Antofallita y entre las coordenadas 25° 15' - 25° 32' de latitud sur y 67° 27' - 67° 43' de longitud oeste (fig. 1 y 2).

La zona comprende un área de aproximadamente 1.200 km², que incluye casi totalmente el mosaico fotográfico 14 B₂ y parcialmente algunos aledaños, de acuerdo a la subdivisión de mosaicos para el Noroeste de Argentina (1968). Posee alturas que van desde 3.530 m.s.n.m. en el Salar de Antofalla hasta 5.300 m.s.n.m. en la parte más elevada de los cerros.

El acceso a esta región desde la ciudad de Salta es por San Antonio de los Cobres, Pocitos y Tolar Grande, mediante la Ruta Nacional N° 51. Desde esta última población, se debe tomar por Mina Arita, Vega Chasca y hasta Antofallita, punto final del recorrido; distancia Salta a Antofallita; 506 km. Cabe mencionar que para este último

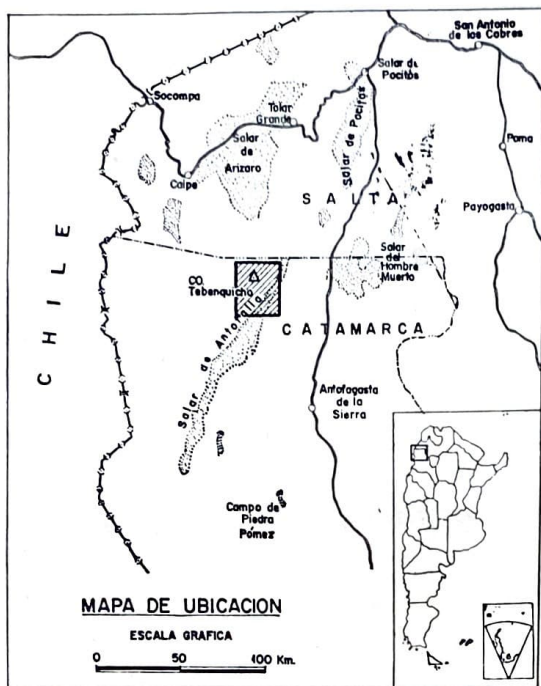


Figura 1

tramo es imprescindible circular con vehículos de tracción en las cuatro ruedas a causa de las fuertes pendientes existentes.

Desde Antofallita hasta la parte más elevada del cerro, se demora unas seis horas utilizando mulares.

Rasgos climáticos y fisiográficos

Esta región se halla incluida en el bloque puneño que es una meseta fría de temperatura media anual inferior a los 9°C, árida, con una altura promedio de 4.000 m.s.n.m. Los rasgos fisiográficos han sido determinados por la estructura y constitución geológica de la región, que consiste en una serie de coladas andesíticas y brechas volcánicas, que forman la estructura de un gran cerro que posee varios picos. El mismo en algunos sectores fue erosionado aprovechando las zonas más débiles, que corresponden en algunos casos a fracturas, como también a las zonas alteradas hidrotermalmente. El relieve en la zona de estudio es de fuertes pendientes.

Como resultado de este proceso erosivo se ha puesto al descubierto la alteración hidrotermal de El Toro, una quebrada de sentido general oeste-este, con laderas muy bruscas, que no permiten el ingreso a la misma, salvo por un punto en la ladera norte y por la parte inferior de la quebrada.

La zona Alto de Antofallita ubicada en la parte más elevada de esta región, se configura como una quebrada de relieve suave en la cabecera, la cual aguas abajo de la alteración posee fuerte pendiente y un relieve brusco.

En la región existen algunas vertientes en la Quebrada de El Toro, Alto de Antofallita, Antofallita y Caballo Muerto; siendo la más importante por su caudal, el ojo de Antofalla, al suroeste del cerro Tebenquicho. También hay una vertiente de agua termal en el cono de deyección de la primera quebrada citada.

Geología de la región

Se describen brevemente las entidades geológicas aflorantes. En esta región se observan rocas asignadas al Paleozoico y Cenozoico (fig. 2).

Las unidades paleozoicas son granitos que afloran en los sectores conocidos como parajes de Agua Negra y Las Lagunitas, y otra más al sur en la parte media de la Quebrada de Antofalla. Las rocas son de color rosado, de textura granosa mediana, formada por cuarzo translúcido, feldespato rosado (microclino y andesina media), junto con biotita y algo de muscovita.

En estos afloramientos no se observan los contactos con la roca de caja por hallarse éstos cubiertos por sedimentos terciarios, en un caso, y vulcanitas modernas, en el otro. La edad asignada a esta entidad es silúrica.

El Cenozoico está representado por rocas sedimentarias y volcánicas. Las sedimentarias afloran en las quebradas de Antofalla y Seca y están constituidas por areniscas y limolitas de color rojo ladrillo con un espesor visible de 50 m, sin observarse techo ni piso de este paquete. Otra sección aflorante, que ocupa superficialmente un área mayor, está formada por conglomerados finos y gruesos de color castaño claro con algunos tintes rojizos, con clastos de granitos y de rocas metamórficas, que varían de 1 a 3 cm, aunque algunos suelen alcanzar 20 cm. Los mismos van gradando de gruesos a finos hasta llegar en algunos casos a areniscas gruesas. Se correlaciona a esta entidad con lo reconocido como Calchaquense y se asigna al Mioceno.

Otras rocas que afloran con apreciable extensión en esta región son las andesitas que ocupan el cerro Tebenquicho, constituidas por coladas de andesitas y dacitas de colo-

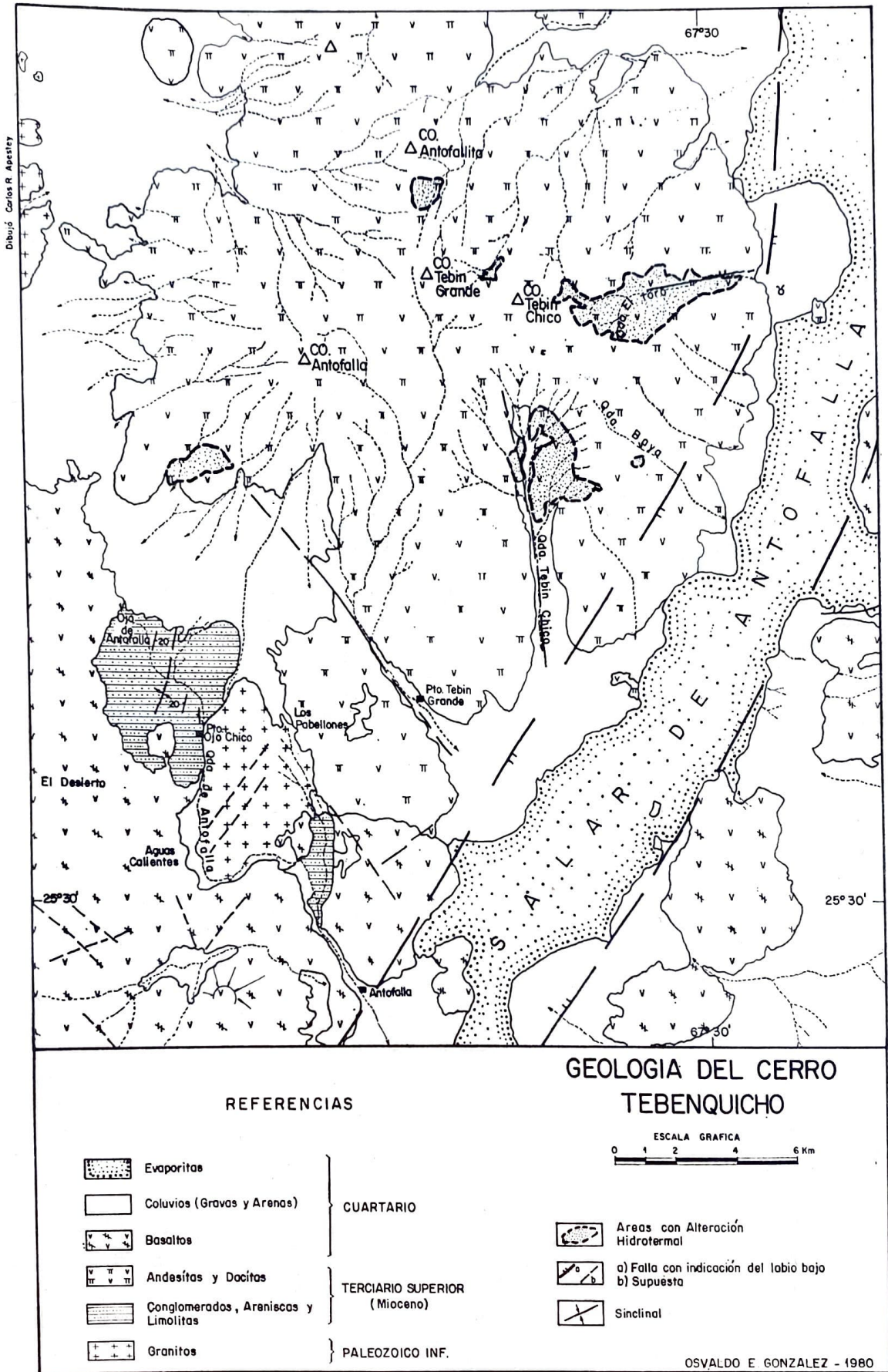


Figura 2

res castaños oscuros que presentan una pasta afanítica con fenocristales de plagioclasa y algunas veces de cuarzo, y tobas andesíticas de colores claros, cuya edad es miocena.

También existen en esta área y parajes aledaños basaltos que están constituidos por varias coladas, siendo las más modernas las de basaltos negros, en las que se observa el desplazamiento de las lavas, como también sus frentes de avances. Esta unidad corresponde al Cuartario.

Además de estas unidades geológicas se describen sedimentos inconsolidados (coluvios), arenas y gravas, que rellenan las partes bajas circundantes de las elevaciones. También existen evaporitas en el Salar de Antofalla, que se caracterizan por sedimentos clásticos y químicos que rellenaron la depresión existente y que actualmente se encuentran cubiertas por una costra salina. En algunos sectores del salar, se destacan montículos constituidos por bancos de yeso que son remanentes erosivos.

Estructura

La estructura de esta región está caracterizada por su alineación meridiana de igual modo que en otras zonas de la Puna. El relieve actual es el resultado de la estructura en bloques debido a los intensos movimientos que tuvieron lugar en el Cenozoico, y que corresponden a la Orogenia Andica. Esta erogenia incluye varias fases diastólicas de compresión y ascenso, que alternan con períodos de quietud. Groeber (1947) en el conjunto que denominó Ciclo Andico distinguió cuatro movimientos, que a su vez los dividió en dos o más fases. El primer movimiento, entre el Eoceno y Oligoceno, dio lugar a la depresión de la Puna. El segundo y tercer movimiento fueron particularmente importantes, siendo la tercera fase del segundo movimiento (Mioceno medio) la que dio origen al fallamiento de bloques de la Puna. Durante el tercer movimiento (Plioceno) la fase principal que tuvo lugar al final de esta época, fue esencialmente responsable del cuadro estructural actual; en la misma, la Puna fue fallada y ascendida. En el cuarto movimiento (Cuartario), se elevó a la Puna a su actual altitud. Una intensa actividad volcánica se desarrolló desde el Mioceno hasta finales del Cuartario y actualmente está sólo representada por algunas fumarolas.

La fracturación en bloques se debe a fa-

llas inversas de alto ángulo, con rumbo predominante nor-noreste sur-suroeste y de considerable desplazamiento vertical. Las mismas dieron origen en esta región a la formación de un gran graben elongado, que corresponde actualmente al Salar de Antofalla.

Además de este importante fallamiento regional se observan otras fracturas menores, consideradas en general como dislocaciones de acomodamiento. Las mismas poseen un sistema de rumbo noroeste-sureste, en los sectores de las quebradas de Tebin Grande, Seca, El Toro, etc., siendo la primera citada la que se observa mejor en el terreno.

En el caso de Quebrada El Toro existe una dislocación de rumbo este-oeste con leve desviación al noreste (fig. 3). La falla es inversa de alto ángulo y en este caso posee mayor desplazamiento vertical entre los bloques, que la otra fractura considerada al sur que termina contra la mencionada, de rumbo noroeste-sureste. Entre estas dos dislocaciones locales, existe un bloque levantado en donde la fractura del sur puede ser considerada una falla de pequeño ajuste.

Geología del cerro Tebenquicho

El cerro Tebenquicho constituye la estructura de un gran cerro que posee varios picos, de los cuales los más conocidos son el Tebin Grande, Tebin Chico, Antofalla y Antofallita (fig. 2). Estos cerros ocupan una superficie aproximada de 400 km². Los mismos están fuertemente erosionados, no encontrándose indicios sobre ubicación de cráteres y conductos.

La litología de esta estructura volcánica está representada por lavas de andesitas y dacitas de colores castaños oscuros a violáceos, de textura porfídica con fenocristales translúcidos de cuarzo, feldespatos y minerales máficos; el tamaño de los fenocristales no sobrepasan los 5 mm, siendo los más desarrollados los de feldespato, y su proporción respecto a la pasta es del orden del 30 al 40 %. En las descripciones microscópicas se determinó que los fenocristales de cuarzo son escasos, euhedrales y límpidos, con corrosión en los contornos. La plagioclasa (andesina), es euhedral y con maclas de Albita y Albita-Carlsbad. Los minerales máficos presentes son anfíbol y biotita, en general reemplazados totalmente por mineral opaco. La pasta es pilotáxica, con tabillitas de plagioclasa en una mesostasis microgranosa muy fina, en la cual la plagioclasa está acompa-

TABLA I

Muestra	Localidad	Material analizado	K (%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}/^{40}\text{Ar}_{\text{ATM}}$ (10^{-10} mol/g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{ATM}}$ (%)	Edad y error (m.a.)
1643	Qda. El Toro	R.T.	2,02	0,489	90,8	14 ± 5
1644	Qda. El Toro	R.T.	2,10	0,441	64,7	12 ± 2
1645	Alto Antofallita	R.T.	2,24	0,423	40,2	11 ± 1
1784	Volcán de Chascha	R.T.	1,69			$< 0,1$

Observaciones: R. T.: roca total - Muestra 1643 y 1644: andesita con alt. hidrotermal; Muestra 1645: andesita sin alt. hidrotermal; Muestra 1784: basalto olivínico.

ñada por augita. El mineral accesorio más común es apatita.

También se observa en esta estructura la presencia de brechas volcánicas en diferentes lugares; están evidenciadas principalmente en las laderas de pendientes pronunciadas de algunas quebradas al sur de Antofallita, en donde poseen espesores superiores a los 90 m, y aparecen cubiertas por coladas posteriores. También en la Quebrada El Toro, en su banda izquierda, con afloramientos en donde los clastos de andesitas y dacitas, en general no son mayores de 0,50 m y se evidencia una mayor semejanza entre los distintos lugares, siendo ésta una de las diferencias con lo que se describirá en las brechas intrusivas. Su coloración y aspecto general es semejante a las andesitas y dacitas, ya descriptas. Asimismo, en raras ocasiones se observan afloramientos pequeños de tobas en esta estructura volcánica. Se denomina "Andesita-Dacita Tebequincho" a esta entidad geológica, cuya área tipo está en el cerro homónimo.

Edad y correlación

Se extrajeron muestras para dataciones radimétricas de estas efusiones volcánicas del cerro Tebequincho, que se procesaron por el método potasio-argón en el INGEIS, indicándose los valores obtenidos en la tabla I.

De las edades de las tres primeras muestras recogidas en el techo del complejo, se desprende que los procesos de efusión volcánica y alteración hidrotermal corresponden al límite superior del Mioceno medio, según escala cronológica propuesta por Berggren (1972).

Cabe aclarar que la muestra 1784, incluida en la Tabla I, está ubicada al norte de la región descripta y al sur de Vega Chas-

cha. La misma corresponde a unas coladas de basaltos negros del Volcán de Chascha (Méndez, 1974, pág. 412), cuya edad es Pleistoceno Superior a Holoceno.

Se intenta una correlación con otras áreas de esta región:

— En la Puna Catamarqueña, Coira y Pezzutti (1976) en su estudio sobre el vulcanismo cenozoico, describen como entidad formacional a las "Andesitas lacíticas-Dacita Agua de la Falta" con dos fases: lávico-piroclástica y subvolcánica, con edades radimétricas del $13,5 \pm 1,5$ y $8,8 \pm 0,8$ m.a., siendo éstas, especialmente la primera, similares a las obtenidas en Tebequincho.

— En el norte, en la región de Salar de Cauchari, Schwab y Lippolt (1976) citan la existencia de un domo subvolcánico de riodacita como Formación Huayra Huasi de edad radimétrica $11,8 \pm 0,4$ m.a. También mencionan con una edad más joven, la presencia en la Formación Trincheras de 1.200 m de espesor, constituida por sedimentos clásticos y calcáreos de unas intercalaciones de rocas piroclásticas (tufitas e ignimbritas) de 300 m de espesor, con edad de $10,8 \pm 0,3$ m.a.

Otras dataciones efectuadas por estos mismos autores en piroclásticas de la Formación Pastos Chicos, son de una edad más joven que las ya mencionadas. Estableciendo que las rocas ígneas más antiguas del Cenozoico en esta región, corresponden a la Formación Huari Huasi.

— Al este de esta región en el borde de la Puna, Sillitoe (1977) en el cerro Inca Viejo (mineralización tipo cobre porfídico) efectuó una datación radimétrica en el pófido dacítico que instruye metamor-

- fitas (Paleozoico?) y obtuvo una edad de $15,0 \pm 0,2$ m.a.
- Las efusiones del Tebenquicho se pueden correlacionar con las dadas por Vilela (1953 y 1969), para lo que él denominó "Dacitas y tobas dacíticas viejas" en la Hoja 6c, San Antonio de los Cobres, en donde poseen una buena distribución areal rocas de esta edad, asignadas por el autor al Mioceno superior.
 - Las rocas volcánicas del cerro Tebenquicho pueden considerarse contemporáneas con las mencionadas por Turner (1960 y 1964) como Formación Bequeville para la región este de la Puna, en un área al oeste del Salar Centenario, en donde se describen como un afloramiento aislado que se apoya en discordancia sobre las formaciones Falda Ciénaga y Oire, cuya edad se ha atribuido al Plioceno sin descartar la posibilidad de que puedan ser del Mioceno, como también que sean contemporáneas con la depositación clástica y piroclástica de la Formación Sijes (Grupo Pastos Grandes).
 - También las vulcanitas del Tebenquicho se pueden considerar equivalentes a las denominadas como Formación Beltrán por Aceñolaza et al. (1976) asignada al Cuartario inferior. Se presupone que una parte importante de estas rocas son de edad miocena mientras que otros flujos, composicionalmente parecidos, podrían ser más jóvenes hasta Plioceno, inclusive.
 - El cerro Tebenquicho es considerado por Turner (1972) y Turner y Méndez (1979) en su trabajo regional para la unidad estructural Puna como la "Andesita B" para la parte occidental de la misma, que ocupan una posición topográfica más elevada y forman los estrato-volcanes grandes. Estos autores asignan esta unidad al Cuartario inferior.
 - En regiones más distantes se han obtenido también dataciones radiométricas de edades equivalentes a las de Tebenquicho, como la citada por Coira (1979) en los cuerpos subvolcánicos dacíticos "Pan de Azúcar" (Jujuy) con valor de 12 ± 2 m.a. También en las formaciones VicuñaHuasi y Zapaleri con datos 8 ± 1 y 10 ± 2 m.a., respectivamente, lo que le permitió establecer el límite superior para las rocas infrayacentes como las Formaciones Doncellas y Alto de la Laguna cons-
- tuidas por tobas, brechas y aglomerados volcánicos de composición andesítica e ignimbritas dacíticas-riodacíticas, respectivamente.
- Por otra parte, Coira (1979) considera a la Formación Moreta que es una serie sedimentaria con niveles piroclásticos en su miembro medio con edad miocena media.
- En el norte de Chile, los estratovolcanes andesíticos de 10 m.a. de San Pedro de Toconce citados por Guest (1969) serían correlacionables con el evento volcánico de Tebenquicho.
 - En Bolivia el vulcanismo cenozoico en los Andes Occidentales, que se inició en el Oligoceno y alcanzó el Plioceno, tuvo una difusión a escala regional en el Mioceno medio, representada por flujos ignimbriticos de la Formación Riolítica (Avila Salinas, 1978). También en la Cordillera Oriental, en su parte meridional se mencionan una serie de rocas volcánicas y stocks relacionados con mineralización de plata y metales de base (Potosí, Chocaya, Tatasi y Tasna), con edades radiométricas de 16 a 12 m.a., citados por Grant et al. (1977 y 1979).
 - En áreas "Extra Puneñas" en Argentina se mencionan rocas efusivas del Mioceno, (González Bonorino, 1950), en la Hoja 12d "Capillitas" con la denominación de "Complejo Volcánico", integrado por brechas y tobas andesíticas, andesitas, monzodioritas, etc., concordantes con el Calchaquense y que en Farallón Negro, Caelles et al. (1971) con dataciones radiométricas estableció edades de $10,7 \pm 0,3$ y $7,1 \pm 0,1$ m.a. para este complejo.
 - También Turner (1973) y Ruiz Huidobro (1975) describen la Formación El Aspero, que consideran equivalente al Complejo Volcánico para la región de Laguna Blanca (Río Las Cuevas) y Laguna Helada, respectivamente.
- De estas relaciones en áreas próximas se ponen de manifiesto las pocas dataciones absolutas que existen para indicar con más precisión el inicio de la actividad efusiva cenozoica en la Puna. Actualmente, se verifica que dicha actividad está representada en esta amplia región por rocas de origen piroclástico, "stocks" subvolcánicos y lavas, destacándose que en el área en cuestión existen

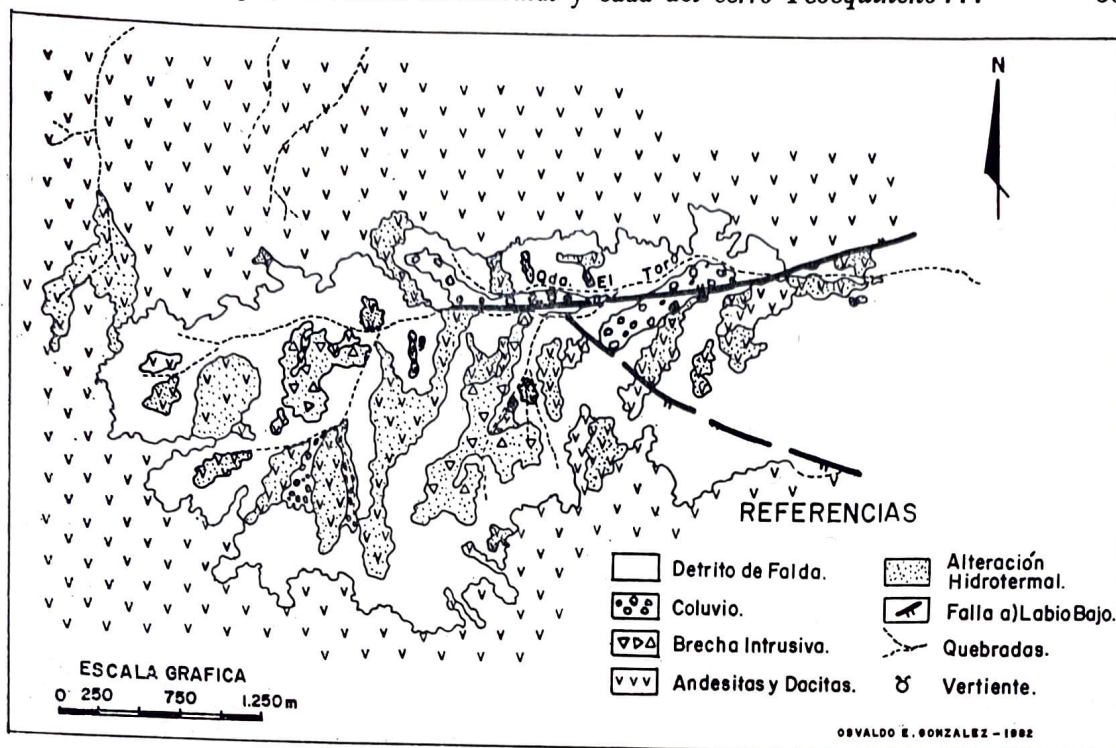


Fig. 3. — Geología y alteración hidrotermal de la quebrada El Toro

rocas efusivas que conforman un estratovolcán cuya actividad concluyó en el Mioceno medio, mientras que posiblemente otras estructuras semejantes de esta edad han sido reactivadas con nuevas efusiones en épocas pliocenas y hasta cuartarias, lo cual no ha permitido observar las antiguas estructuras, cuestión que se cree ocurrió en la mayoría de los estratovolcanes de la Puna.

Con las edades radimétricas se confirma que en la Puna argentina también se desarrollaron procesos volcánicos equivalentes a los citados para el Mioceno medio en el norte de Chile y Bolivia, como la existencia de estratovolcanes andesíticos.

Alteración Hidrotermal

En el cerro Tebenquicho se observan varias áreas con alteración hidrotermal distribuidas irregularmente en el estrato-volcán y que se han denominado Quebrada El Toro, Alto de Antofallita, El Chorro, Tebin Chico y suroeste de Antofalla (fig. 2).

Quebrada El Toro: ubicada al este del cerro Tebin Chico y ocupa la quebrada homónima.

El área con alteración hidrotermal posee una extensión aproximada de 4 km, en el sentido de la quebrada, por un ancho má-

ximo de 2 km en la parte media superior (fig. 3).

Las rocas aflorantes son coladas de andesitas y dacitas, con algunos niveles en donde se observaron brechas volcánicas como en el tramo inferior de la quebrada, en una peña alargada en la banda derecha. También, en el faldeo norte, en una línea de afloramientos que constituyen una peña sin alteración hidrotermal. Además, se identificaron en dos sectores brechas intrusivas, que reflejan el carácter muy superficial del área de alteración.

Las rocas andesíticas y dacíticas con alteración hidrotermal poseen una textura porfídica con fenocristales de feldespatos alterados total o parcialmente a arcillas, acompañadas por sílice, alunita y sericita; en algunas muestras hay fenocristales de cuarzo, en general escasos, que se presentan con contornos corroídos y muy limpios; los minerales máficos, biotita y anfíbol, pueden estar parcial o totalmente alterados a óxido de hierro, arcillas, algo de alunita y sericita. La pasta es afanítica y en general se encuentra alterada a arcillas y algo de sericita, aunque en algunos casos se han observado parches de alunita y minerales opacos y en otros, bastante sílice, principalmente en las cercanías de brechas intrusivas.

Estas últimas constituyen resaltos topográficos conformando peñas bruscas de 10 a

15 m de altura en las laderas con pendientes de hasta 45°. El color de los afloramientos en general es amarillo claro, aunque también hay castaño oscuro por sectores.

Los clastos de la brecha son angulosos a subangulosos, poseen tamaños que oscilan desde unos pocos centímetros hasta 30 cm, aunque también existen bloques grandes; en general los tamaños comunes son de 10 cm.

La composición de los clastos está dada por andesitas y dacitas, que se reconocen por su textura porfídica, aunque en general están totalmente obliterados estos rasgos texturales por la alteración hidrotermal que han sufrido estas rocas. Se identifican alterados total o parcialmente a alunita-cuarzo, alunita, arcilla-alunita, cuarzo granular y arcillas y cuarzo.

La matriz es arcillosa y difícil de diferenciar del cemento que es una pasta muy fina, amarillenta, que generalmente está constituida por cuarzo-alunita y a veces también con abundante mineral opaco fino. Las alteraciones hidrotermales mejor desarrolladas en esta unidad son las silíceas, argílicas y aluníticas.

También es de agregar, que en algunos afloramientos se han identificado clastos de posibles areniscas, totalmente alteradas hidrotermalmente, lo que indicaría el buen desarrollo vertical de estos cuerpos ya que en las rocas del basamento prevolcánico hay sedimentitas terciarias.

Se observan, a veces, algunos clastos con una alteración hidrotermal más intensa que los otros que lo rodean; ciertos clastos se han erosionado totalmente y dejan la oquedad en la pared de las peñas.

Una característica de esta unidad es que los afloramientos no son semejantes entre sí, ya que difieren tanto en sus tamaños de clastos, como en matriz, color, etc. También los contactos de las brechas con las rocas andesíticas son netos y denotan en las brechas un grado de intensidad más fuerte de las alteraciones.

Resumiendo las características generales del área con respecto a la alteración hidrotermal se considera que la misma posee rápidas variaciones en los rangos de intensidad, como también en sus tipos, junto con pequeños sectores en donde la roca se puede observar en estado fresco (sin alteración hidrotermal visible), La alteración hidrotermal presente es de rango moderado, y difícilmente alcanza el de fuerte; corresponde principalmente al tipo argílica, acompañada por silíceas y aluníticas.

En la parte media de la quebrada, aguas abajo de la vertiente existe mineralización de piritita diseminada a partir de una pequeña fractura en andesitas y que corresponde a una zona de mayor brechamiento en el rumbo este-oeste, ya referido en el ítem estructura. La misma se identifica claramente en un tramo de 70 m, en el sentido de la fractura, en donde sólo en un lugar se observa la mineralización citada. En el resto del área sólo se observó la presencia de limonitas de colores pardo rojizos y amarillentos.

Alto de Antofallita: se encuentra ubicada al sur-sureste del cerro Antofallita, al norte del cerro Tebin Grande y ocupa la zona de cabeceras de la quebrada de Antofallita, hallándose a una altura de 5.100 m.s.n.m.

El área que ocupa la alteración hidrotermal es de unos 650 m en el sentido de la quebrada por 650 m en el otro.

Las rocas aflorantes son andesitas y dacitas con fenocristales de feldespatos y minerales máficos en una pasta afanítica. Las características microscópicas se pueden resumir de la siguiente manera: los feldespatos son de plagioclasa (andesina) que se encuentran alterados parcial o totalmente en arcilla; los fenocristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno se hallan parcialmente sustituidos por agregados de arcilla, minerales opacos y limonitas. La pasta es en general hialopilitica, compuesta por tablillas de plagioclasa y en menor cantidad granos de piroxeno y mafitos en una base vítrea en gran parte desvitrificada, la cual puede estar reemplazada parcialmente a minerales arcillosos y sílice. En un afloramiento se identificó brecha volcánica con litoclastos vitrofiricos, subangulosos, en un porcentaje del 45 al 80 %. La alteración hidrotermal de la roca es argílica y silícea fuerte, y en menor grado hay alunita. Además es de mencionar la presencia de tobas con alteración hidrotermal argílica.

No toda el área fue afectada por la misma intensidad de alteración, por lo tanto se observa la existencia de pequeños sectores de roca fresca y también variaciones rápidas en los rangos de intensidad.

La alteración en esta zona se puede definir como de rango moderado y corresponde a los tipos argílica, silícea y alunítica, el orden indica su importancia.

No se observa ningún tipo de mineralización, sólo la presencia de limonitas de co-

lores amarillentos y rojizos en algunos sectores.

Otras zonas con alteración hidrotermal: se encuentran en las cabeceras del Tebin Chico, al sur del cerro Tebin Chico; la del Chorro, cabeceras del arroyo homónimo, directamente al este del cerro Tebin Grande, y la del suroeste de Antofalla, en el faldeo bajo al suroeste del cerro Antofalla. De estas zonas, la de mayor extensión es la de Tebin Chico, en donde las rocas aflorantes son andesitas y dacitas, que poseen colores amarillentos y grises verdosos, semejantes a los observados en quebrada El Toro. Las mismas poseen un grado de alteración hidrotermal suave y en general corresponden a los tipos argílica, alunítica y sericítica.

La mineralización fue observada solamente en diques de pórfido dacítico de 0,30 m de ancho con una corrida de 10 m, consistente en disseminación de piritita.

En la zona El Chorro, la alteración se ubica en la banda derecha de la quebrada. Las rocas son también las andesitas y dacitas, con características similares a las ya descriptas y que poseen alteración hidrotermal de tipo argílica y alunítica, en grado de intensidad suave. No se observaron rocas intrusivas ni mineralización, sólo algunas escasas limonitas de colores castaño armarillentas.

La zona suroeste de Antofalla ocupa un área de 2 km² y en las mismas afloran rocas andesíticas y dacíticas que poseen alteración hidrotermal de tipo argílica, principalmente, con un grado de intensidad suave, que permite observar la textura de las rocas efusivas.

Al este de la zona Tebin Chico se detectó otra pequeña área alterada hidrotermalmente de 200 m por 50 m, en donde además de las andesitas y dacitas se observó una brecha intrusiva de clastos angulares de 0,10 a 0,30 m, de andesitas, aunque también existen algunos bloques de hasta 3 metros. La pequeña área posee esencialmente alteración argílica en grado suave a moderado.

Consideraciones sobre el hidrotermalismo: en la alteración hidrotermal de esta estructural volcánica predomina el tipo de alteración argílica, en pequeños sectores asociada con silíceas y casi siempre acompañadas por alunita y raras veces sericita. La alteración argílica avanzada no fue identificada.

Los fluidos hidrotermales ascendentes parecen haber utilizado zonas preferenciales, como dislocaciones y fracturas, que son los

conductos a partir de los cuales se difundió la alteración, lo que sugiere que ellas representan los efectos cercanos a la superficie de esos fluidos que emanan de posibles depósitos de cobre porfídico ubicados a niveles más profundos.

En el edificio volcánico suprayacente son raros los cuerpos intrusivos que se alojan en las vulcanitas (Sillitoe, 1973), mientras que es posible que existan diques o cuerpos de brechas intrusivas, como en este caso.

Es interesante señalar, que ciertas áreas alteradas de un estratovolcán erosionado, pueden contener vetas "epitermales" de metales básicos y preciosos (Ag y Au).

Expresión geoquímica

En el cerro Tebequincho se realizó una prospección geoquímica de tipo estratégica, extrayéndose más de 120 muestras que fueron analizadas en el Laboratorio Geoquímico del Plan NOA I Geológico Minero con sede en San Miguel de Tucumán.

Las muestras recogidas son de sedimentos finos y esquirlas de rocas de afloramientos. Los valores de fondo (background) obtenidos para esta entidad geológica por los cationes cobre, plomo y zinc dan valores de 15, 10 y 20 p.p.m. respectivamente. En general para el área no se evidenció ninguna anomalía.

Asimismo, en las zonas alteradas hidrotermalmente que presentaron una mayor intensidad de alteración, como en quebrada El Toro, se realizó una prospección táctica que no indicó anomalía geoquímicas; sólo se obtuvieron valores similares a los del fondo geoquímico regional para esta unidad geológica.

Conclusiones

De este estudio surgen las siguientes conclusiones:

1. En el estrato-volcán sólo se observaron rocas del complejo volcánico andesítico-dacítico y el desarrollo de brechas intrusivas de la misma composición. Este complejo representa un vulcanismo de tipo central.
2. En esta región el inicio del vulcanismo cenozoico está registrado después de la sedimentación continental del Calchaquense (Grupo Pastos Grandes), con coladas lávicas que conforman el estrato-

- volcán del cerro Tebenquicho con edades del 14 ± 5 a 11 ± 1 m.a. Consecuentemente estas vulcanitas se han producido a poco de iniciarse la elevación de la Puna en el Mioceno medio, acontecimiento geológico que concuerda con las opiniones de Groeber (1929 y 1947), Turner y Méndez (1979).
3. La alteración hidrotermal es de tipo argílica, acompañada con silícea y alunitica; el grado de intensidad es, en general, moderado. La misma se observa con grandes variaciones en cortos trayectos, tanto en la intensidad como en los tipos de alteración.
 4. Se observó mineralización de piritita diseminada en las quebradas El Toro y Tebin Chico, relacionada con una fractura y dique de pórfido, respectivamente. También abundantes limonitas de colores pardo rojizos y amarillentos, en algunos sectores de las áreas alteradas. La prospección geoquímica no evidenció anomalías.
 5. Por las características de la alteración hidrotermal, brechas intrusivas y emplazamiento, la zona correspondería a las partes superficiales de un gran sistema hidrotermal que puede incluir el desarrollo de un depósito de cobre porfídico en profundidad, cuestión que también se analizara en la investigación del cerro Queva (Sillitoe, 1975).
 6. Cabe destacar que rocas con alteración hidrotermal como la del Tebenquicho también han sido citadas al sur de esta región por Coira y Pezzutti (1976); que cuerpos subvolcánicos, como Inca Viejo, están afectados por procesos hidrotermales; y que complejos volcánicos ubicados en zonas extrapuneñas (Farallón Negro) poseen áreas con alteración hidrotermal-mineralización (González, 1975). De ello se deduce la importancia de la exploración minera en la búsqueda de depósitos tipo "Cobre Porfídico" o "Hidrotermales en ambiente subvolcánico", en rocas de edad miocena o con procesos hidrotermales de esa edad tanto en la Puna como en regiones aledañas.

Agradecimientos

El autor agradece a quienes han contribuido en esta investigación, en especial a las colegas del Servicio Minero Nacional: M. Godeas, N. Pezzutti y B. Coira. También destaca la valiosa colaboración de la Jefatura de Área y personal del Plan NOA I Geológico Minero.

Lista de trabajos citados en el texto

- Aceñolaza, G., A. Toselli y O. González, 1976. *Geología de la región comprendida entre el Salar del Hombre Muerto y Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca*. Asoc. Geol. Arg., Rev. XXXI (2): 127-137.
- Avila Salinas, W., 1978. *Consideraciones sobre el vulcanismo Cenozoico en la Cordillera Occidental de Bolivia*. Serv. Geol. de Bolivia, vol. 2 (1).
- Berggren, W. A., 1972. *A Cenozoic time-scale some implications for regional geology and paleobiogeography*. Lethaia, vol. 5: 195-215, Oslo.
- Caelles, J. C., A. Clark, E. Farrar, S. Mc Mride y S. Quirt, 1971. *Potassium-argon ages of porphyry copper deposits and associated rock in Farallón Negro-Capillitas District, Catamarca, Argentina*. Economic Geology, vol. 66: 961-964.
- Coira, B., 1979. *Descripción Geológica de la Hoja 3 c, Abra Pampa, Provincia de Jujuy*, Serv. Geol. Nac., Bol. 170: 1-90, Buenos Aires.
- Coira, B y N. Pezzutti, 1976. *Vulcanismo Cenozoico en el ámbito de Puna Catamarqueña*. Asoc. Geol. Arg., Rev. XXXI (1): 33-52.
- González, O. E., 1975. *Geología y Alteración en el Cobre Porfídico "Bajo La Alumbrera", República Argentina*. IIº Congreso Iberoamericano de Geología Económica. II: 247-270. Buenos Aires.
- 1977. *Estudio Geológico Económico del Área de Reserva Nº 32 "El Toro", Dpto. Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca*. Inédito. Plan NOA I Geológico Minero. Tucumán.
- González Bonorino, F., 1950. *Geología y Petrología de las Hojas 12 d (Capillitas) y 13 d (Andalgalá), Provincia de Catamarca*. Dir. Gen. Ind. Minera, Bol 70, Buenos Aires.
- Grant, J., C. Halls, W. Avila y N. Snelling, 1977. *Edades potasio-argón de las rocas ígneas y la mineralización de parte de la Cordillera Oriental, Bolivia*. Serv. Geol. de Bolivia, 1 (1).
- 1979. *K-Ar Ages of Igneous Rocks and Mineralization in Part of the Bolivian Tin Belt*. Economic Geology, 74: 838-851.

- Groeber, P., 1929. *Líneas fundamentales de la Geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes*. Dir. Min. Geol. e Hidrogeología, Pub. 58, Buenos Aires.
- 1947. *Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°, Hojas Domuyo y Mari Mahuida*. Asoc. Geol. Arg., Rev. II (4): 347-433.
- Guest, J., 1969. *Upper Tertiary Ignimbrites in the Andean Cordillera of part of the Antofagasta Province, Northern Chile*. Bull. Geol. Soc. Amer., 80: 337-362.
- Méndez, V., 1974. *Estructuras de las Provincias de Salta y Jujuy a partir del meridiano 65° 30' oeste, hasta el límite con las Repúblicas de Bolivia y Chile*. Asoc. Geol. Arg., Rev. XXIX (4): 391-424.
- Ruiz Huidobro, O., 1975. *Descripción Geológica de la Hoja 12 c, Laguna Helada, Provincia de Catamarca*. Serv. Geol. Nac., Bol. 146, Buenos Aires.
- Schwab, K., 1972. *Cenozoic Volcanism in the Argentine Puna and Its Relationship to Tectonic Movements*. Intern. Geol. Congr., Rep. 24th Secc. Canadá, Proc. Section 2, Petrology: 211-221, Montreal.
- Schwab, K., H. Lippolt, 1974. *K-Ar mineral ages and Late Cenozoic History of the Salar de Cauchari Area (Argentine Puna)*. Symp. on "Andean and Antarctic Volcanology Problems": 698-714, Santiago.
- Sillitoe, R., 1973. *The Tops and Bottoms of Porphyry Copper Deposits*. Economic Geology, 68: 799-815.
- 1975. *Lead silver, manganese, and native sulfur mineralization within a stratovolcano, El Queva, Northwest Argentina*. Economic Geology, 70: 1190-1201.
- 1977. *Permo-Carboniferous, Upper Cretaceous, and Miocene Porphyry Copper-Type Mineralization in the Argentinian Andes*. Economic Geology, 72: 99-109.
- Turner, J. C., 1960. *Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste*. Acta Geol. Lilloana, III: 191-226. Tucumán.
- 1964. *Descripción Geológica de la Hoja 7 c, Nevado de Cachi, Provincia de Salta*, Dir. Nac. de Geol. y Minería, Bol. 99: 5-78, Buenos Aires.
- 1972. *Puna*, en A. Leanza (ed.), *Geología Regional Argentina*. Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba.
- 1973. *Descripción Geológica de la Hoja 11 d, Laguna Blanca, Provincia de Catamarca*. Serv. Nac. Min. Geol., Bol. 142: 7-70, Buenos Aires.
- Turner, J. C. y V. Méndez, 1979. *Puna*, en J. Turner (coordinador), 2º Simp. de Geología Regional Argentina, 1: 13-56, Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba.
- Vilela, C., 1953. *Los periodos eruptivos en la Puna de Atacama*. Asoc. Geol. Arg., Rev. VIII (1): 5-36.
- 1969. *Descripción Geológica de la Hoja 6 c, San Antonio de Los Cobres, Provincia de Salta y Jujuy*. Dir. Nac. de Geología y Minería, Bol. 110: 3-67, Buenos Aires.

Recibido: 20 de junio, 1982.

Aceptado: 30 de diciembre, 1982.

OSVALDO EDGAR GONZALEZ

Servicio Minero Nacional
Plan NOA Geológico Minero
Miguel Lillo 205 - 2º Piso
4000 S. M. de Tucumán.

