

# GEOLOGIA DEL AREA TERMAL DE POMPEYA, DEPARTAMENTO LOS ANDES, PROVINCIA DE SALTA, REPUBLICA ARGENTINA

por CARLOS MORENO ESPELTA, ANGEL CHAVEZ y JULIO ARIAS\*

## ABSTRACT

**Geology of the thermal area of Pompeya, Los Andes Department, Salta Province, Argentine Republic.**- The stratigraphy of the area is composed of a leptometamorphic basement (Puncoviscana Formation) on which overlie eopaleozoic sedimentites assigned to the Meson Group and Acoite Formation. The latter is intruded by granitoid and migmatic rocks from the Oire Formation, of dubious silurian age, which have been transformed by cataclasis. The Cretaceous System is represented by continental sediments which are assigned to the Pirgua Subgroup. This sequence is crowned by a series of units of clastic, chemical and volcanic origin whose events took place during the Quaternary System. The structural style is typically that of Puna surroundings, with a series of block fractures of submeridian orientation, diagonally crossed by a continental fracture. As a result of the primary fracture, a tight fold is suggested.

The formal name Baños de Pompeya includes a group of thermal wells spread over a zone 170 m long and 90 m wide. Their physical and chemical characteristics are described and an estimate of the minimum temperature of the reservoir in depth is made, based on the silica content and on the ionic ratio Na-K-Ca of the thermal waters; in short, it is an interesting area to be explored in order to verify its geothermic potential and its eventual utilization.

## INTRODUCCION

### Propósito de la Investigación

El presente trabajo es parte de un programa de investigación de la Universidad Nacional de Salta denominado "Estudio de los Recursos Geotérmicos del NOA" y ha sido proyectado con la finalidad de estudiar en detalle la geología y las características de las manifestaciones térmicas de la región. El programa

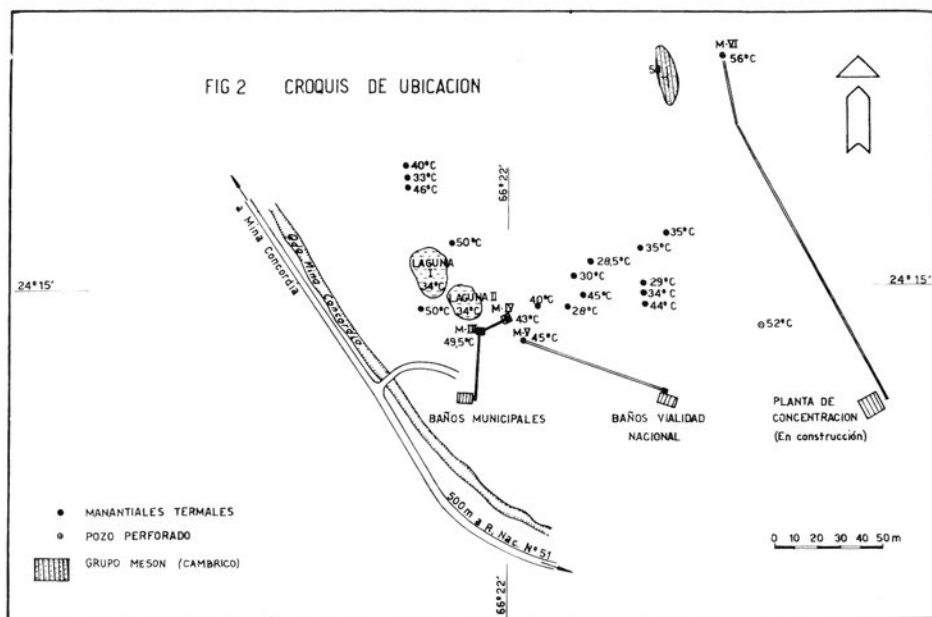
tiende fundamentalmente a proporcionar la información básica necesaria en la selección de áreas más favorables, para el aprovechamiento de la energía geotérmica en sus múltiples aplicaciones.

### Ubicación y Vías de Acceso

Los "Baños de Pompeya" se hallan situados a unos 7 km al sudoeste de la localidad de San Antonio de los Cobres y a una altura de 3.900 m snm; sus coordenadas geográficas son: 66° 22' 20" de longitud oeste y 24° 15' 20" de latitud sud (fig. 1 b).

El acceso más directo desde la ciudad de

\* Universidad Nacional de Salta - Departamento de Ciencias Naturales.



Salta a los "Baños de Pompeya" se realiza a través de la ruta nacional N° 51, con un recorrido total de 165 km (fig. 1 a). La misma, en su tramo inicial de aproximadamente 30 km es pavimentada y el resto corresponde a un camino consolidado. Su transitabilidad durante la mayor parte del año es óptima; sin embargo, durante el verano se torna prácticamente intransitable debido a las frecuentes precipitaciones.

Otra variante la constituye el Ferrocarril Nacional General Belgrano, que partiendo de la ciudad de Salta llega a San Antonio de los Cobres para luego seguir hasta Socompa (límite internacional con la vecina República de Chile). Esta variante, al igual que la anterior, durante el verano presenta dificultades en cuanto a medio de comunicación con el área termal.

### Investigaciones Anteriores

Varios son los investigadores que se han ocupado de la geografía, geología, paleonto-

logía, petrología y recursos minerales de la Puna. No obstante, son escasos los estudios geológicos en detalle y su relación con los manantiales termales de los "Baños de Pompeya".

Entre ellos, debemos mencionar: los de Barnabé (1915), Catalano (1930 y 1964), Riggi (1934), Vilela (1953 y 1969), Roller y Mingramm (1968), Coira (1973), Méndez et al. (1973) y Koukharsky y Mirré (1974).

### Clima

Los datos climáticos que se consignan en el cuadro I corresponden a la localidad de San Antonio de los Cobres y fueron recopilados de los registros del Ferrocarril General Belgrano, Proyecto NOA Hídrico III y de la Hoja 6c, San Antonio de los Cobres. La situación geográfica y cercana a los "Baños de Pompeya" permiten extrapolarlos y considerarlos válidos para el área en estudio.

La temperatura media anual en el período 1941/50 es de 7,5°C, siendo la máxima

media de 10,5°C en el mes de diciembre y la mínima media de 3,1°C en julio.

La precipitación anual normal del período 1960/77. está comprendida entre 18 y 228 mm. Durante este período la mínima registrada fue de 18 mm en el año 1969 y la máxima tuvo lugar en 1963 con 228 mm; considerando los totales anuales del registro, el promedio general de lluvias es de 114 mm.

Teniendo en cuenta el período 1927/31 de temperaturas y precipitaciones medias y de acuerdo al Sistema de Clasificación de Knoche (in Knoche y Borzacov, 1947), el clima de la región se caracteriza por veranos templados, secos a muy secos e inviernos subtemplados, muy secos. Considerando la temperatura máxima y mínima absoluta el verano es cálido intenso y el invierno frío intenso.

## GEOLOGIA

### ESTRATIGRAFIA

El cuadro II sintetiza las unidades litoestratigráficas y tipos de rocas aflorantes en el área de estudio.

Las rocas más antiguas son metamorfitas de bajo grado (pizarras, filitas y cuarcitas)

atribuidas a la Formación Puncoviscana para la cual se asigna una edad precámbrica superior a cámbrica inferior (?); la misma se halla intruida por diques de diabasa de 0,40 m, de espesor.

Las cuarcitas aflorantes en los alrededores de los manantiales termales se las asigna al Grupo Mesón dado que son similares a las descritas por Méndez et al. (1973) al noroeste de San Antonio de los Cobres.

A su vez, las areniscas cuarzosas y lutitas presentes en el arroyo Chorrillos y quebrada Mina Concordia son atribuidas a la Formación Acoite, basado en el hallazgo de restos fósiles de graptolitos por Roller y Mingramm (1968).

Las rocas de la Formación Oire, en parte intruyen a las sedimentitas de la Formación Acoite y en otros casos su contacto con ella es por falla. Turner (1960), definió a esta unidad como integrada por migmatitas que han recibido aporte ígneo; por su parte, Vilela (1969) la define como de composición granítico-granodiorítica asociada con rocas migmatíticas. En nuestra área, por efecto del tectonismo la roca primaria ha sido transformada en gneis milonítico granodiorítico, blastomilonitas, protomilonitas y filonitas, por efecto de metamorfismo cinético.

### CUADRO I

Localidad: San Antonio de los Cobres, Altura s.n.m.: 3.775 m. Lat.: 24°15' Long. 66°20'

Precipitaciones medias en mm.

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Anual
1927/31	44,0	32,7	19,4	0,4	0,2	0,0	0,0	1,5	0,6	0,0	1,1	4,0	103,9
1960/77	48,0	40,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	14,0	114,0

Precipitaciones medias en °C

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio Anual
1927/31	12,7	12,5	11,2	9,6	5,9	3,5	2,2	3,2	7,0	10,6	12,3	12,4	8,6
1941/50	10,4	10,0	9,5	8,0	5,5	3,5	3,1	4,4	6,1	9,7	9,7	10,5	7,5

## CUADRO II

## GRUPO ESTRATIGRAFICO

UNIDADES TIEMPO	UNIDADES ROCA	LITOLOGIA
CUATERNARIO	Depósitos de cauce	Aglomerado, grava, arena, limo y arcilla.
	Talud de falda	Aglomerado, grava, arena.
	Depósitos de cono aluvial	Aglomerado, grava, arena limo y arcilla.
	Basalto Chorrillos	Basaltos
	Depósitos aterrizados	Conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas y pelitas.
	Depósitos químicos	Calcoarenitas y micritas subesparfíticas calcedónicas
	Dacita Concordia	Riodacitas y dacitas.
CRETACICO	GRUPO Subgrupo Pirgua SALTA	Conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas calcáreas, calizas, limolitas y arcillitas.
SILURICO?		Migmatitas, gneis milonítico granodiorítico, blastomilonitas, protomilonitas y filonitas.
ORDOVICICO	GRUPO SANTA VICTORIA Formación Acoite	Areniscas cuarzosas y lutitas.
CAMBRICO	GRUPO MESON?	Cuarcitas.
CAMBRICO INFERIOR? PRECAMBRICO	Formación Puncoviscana	Pizarras, filitas y cuarcitas.

El Subgrupo Pirgua, de edad cretácica superior, integrado por conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas, etc. suprayacen discordantemente a las sedimentitas de la Formación Acoite.

Durante el Cenozoico se producen dos tipos de efusiones: una de composición ácida, ocurrida entre el Plioceno superior y Pleisto-

ceno inferior, lo que dio origen a riodacitas y dacitas y la otra, de composición básica tuvo lugar en el Holoceno y está representada por basaltos del cerro Negro de Chorrillos.

Completan la sucesión estratigráfica depósitos fluviales de diverso origen y producidos por precipitación química.

## Precámbrico - Cámbrico Inferior (?)

### Formación Puncoviscana (Turner, 1960 a)

Bajo esta denominación se agrupa a las metamorfitas de bajo grado que se hallan expuestas al sudoeste y noroeste de San Antonio de los Cobres, con asomos casi continuos y con rumbo general noroeste-sudeste.

Las pizarras de color gris a gris verdoso muestran exfoliación perfecta y ondulitas en las superficies de estratificación con una longitud de onda de 23 cm y una amplitud de 4 cm. Las filitas por su parte, son sericíticas, cloríticas y hematíticas, de colores grises, verdes y castaños. Dentro de esta secuencia se intercalan bancos de cuarcitas grises de grano fino, con fractura concoidea y estratificación mediana.

El conjunto se halla muy deformado, diaclasado y atravesado por venas de cuarzo, cuyo espesor varía entre 2 y 20 cm.

En el tramo comprendido entre San Antonio de los Cobres y los Baños de Pompeya, siguiendo el recorrido de la línea del Ferrocarril Nacional General Belgrano, las metamorfitas se hallan además intruidas por diques de rocas ígneas de color oscuro y 0,40 m de potencia. El emplazamiento de las venas de cuarzo y de los diques de rocas ígneas, originaron un débil termometamorfismo en las rocas circundantes.

Una muestra (M. 356) extraída de los diques ha sido clasificada como diabasa. Su descripción microscópica es la siguiente: se observa un agregado granular de plagioclasa, olivino, augita titanada y apatita. Los fenocristales de olivino se encuentran alterados a serpentina y parcialmente a hematita; el piroxeno es de idiomórfico a subidiomórfico y rodea por sectores a la plagioclasa, tendiendo a una textura ofítica a subofítica.

### Cámbrico

#### Grupo Mesón (?) (Turner, 1960)

Las sedimentitas del Grupo Mesón con-

forman un pequeño afloramiento en la zona de los manantiales termales y no han sido observadas en otros lugares del área.

Se trata de cuarcitas de grano fino gris blanquecinas a gris azuladas, fractura concoidea, con estratificación fina a mediana y estratificación interna laminar. El paquete sedimentario buza al sudoeste, con un ángulo de 58°.

Afloramientos litológicamente similares y alineados en el mismo rumbo, fueron descritos por Méndez et al. (1973) a 20 km al noroeste de San Antonio de los Cobres y a unos 10 km de los Baños de Pompeya.

### Ordovícico

#### Formación Acoite (Harrington, en Harrington y Leanza, 1957).

Sus asomos se ubican en ambas márgenes de la quebrada Mina Concordia, al este de la misma y en la margen izquierda del arroyo Chorrillos con un espesor visible aproximado de 150 m. La base de la formación no aflora dentro del área de estudio.

Predominantemente, está formada por lutitas micáceas de color pardo amarillentas a gris verdosas, fílsiles y con estratificación laminar; intercalándose bancos de areniscas cuarzosas grises de estratificación mediana. Está muy tectonizada y presenta una coloración de conjunto gris blanquecina a pardo amarillenta.

### Silúrico

#### Formación Oire (Turner, 1960)

Los afloramientos se hallan expuestos al este y oeste de la quebrada Mina Concordia y en los alrededores del cerro Negro de Chorrillos y a pesar de estar cubiertas en gran parte por depósitos fluviales y coladas de lavas, alcanzan gran distribución areal. Como señaláramos, su relación con la Formación Acoite es en parte por falla y en otros casos intrusivo.

La edad de la Formación Oire es muy discutida; Méndez et al. (1973) le asignan una edad posordovícica media a precretácica superior, pudiéndoselas restringir al Silúrico; en cambio, Coira (1973) y Koikharsky y Mirré (1974) la atribuyen al Arenigiano-Llanvirniano. Sobre la base de observaciones de campo, donde se puede observar que las rocas de la Formación Oire intruyen discordantemente a las sedimentitas de la Formación Acoite y que en Mina Concordia los Conglomerados del Subgrupo Pírgua contienen rodados de rocas de la Formación Oire, nos adherimos a lo indicado por Méndez et al. (1973).

Las siete muestras que se describen a continuación son representativas de la misma en el área y corresponden a una faja de deformación con metamatismo deutérico, situada 4 km al sud de la estación Concordia y al oeste de la quebrada del mismo nombre.

#### D.C.N. M. 482. Gneis milonítico granodiorítico

Esenciales: plagioclasa (oligoclasa), feldespato potásico, cuarzo.

Accesorios: biotita, muscovita, apatita, circón.  
Secundarios: clorita, sericita, hematita.

Megascópicamente la roca es de color gris verdoso y de grano medio a grueso con fenoblastos leucocráticos idiomorfos a anhedrales de feldespato y cuarzo; éste último, de color azulado. Matriz verdosa subordinada. Carece de foliación.

Microscópicamente muestra un mosaico granoblástico sin orientación preferente de los elementos félsicos, limitados por una matriz intersticial de estructura en mortero muy reducida. Las micas en láminas pequeñas y cribadas tienden a ubicarse perimetralmente junto a la matriz. Los fenoblastos de feldespato y cuarzo con bordes triturados y redondeados están en contacto con la matriz.

#### D.C.N. M. 477 - M. 481 - M. 1219. Blastomilonitas.

Esenciales: feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa (M. 477).

Accesorios: plagioclasa (albita, oligoclasa), sericita, biotita, circón.

Secundarios: sericita, clorita, limonitas.

Megascópicamente las rocas son de color variable (verde oscuro, pardo amarillento a blanco grisáceo) y de grano mediano a fino. Foliación marcada y estructuras facoidales a bandeadas, con baja proporción de fenoblastos leucocráticos en relación a matriz.

Microscópicamente se aprecian lentes de cuarzo fracturado con extinción ondulosa, a veces con estructura en mortero; pero, por regla general, la recristalización deutérica muestra idioblastos definidos. La recristalización suele ser marcada a dominante en los elementos félsicos, inclusive en la matriz. En M. 481 quedan en la matriz texturas palimpsésticas elongadas de tipo eutaxítico, que sugieren una roca original de naturaleza volcánica.

#### D.C.N. M. 478 - M. 349. Protomilonitas

Esenciales: feldespato potásico, cuarzo.

Accesorios: plagioclasa (oligoclasa, albita), sericita, biotita.

Secundarios: sericita, clorita, opacos.

Megascópicamente las rocas son de color oscuro, gris verdoso o pardo y de granometría mediana a gruesa. La foliación es marcada, presentando texturas facoidales o bandeadas. La relación: fenoblastos/matriz es pareja.

Microscópicamente muestran arreglos facoidales de cuarzo triturado o fragmentado con relativamente baja recristalización deutérica.

La matriz desarrolla agregados microcristalinos de cuarzo en mortero que en M. 349 define bandas de flujo (estructura de flujo). En M. 478 hay palimpsestos de texturas perlíticas o blasto-perlíticas que sugieren la naturaleza volcánica del material primario.

#### D.C.N. M. 1220. Filonita

Esenciales: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa.

Accesorios: sericita, clorita, opacos.

Megascópicamente la roca es de color gris azulado claro y aspecto satinado. La textura es afanítica y su estructura esquistosa. La foliación es marcada con micropliegues pero sin clivaje de trasposición.

Microscópicamente muestra un arreglo finamente granular de minerales triturados y elongados a lo largo de superficies S bien definidas. Microplegamientos marcados por la concentración preferencial de minerales micáceos.

## Cretácico

### *Subgrupo Pirgua* (Reyes y Salfity, 1973)

Ocupa un área muy reducida. Es visible en la estación Concordia, donde aloja el yacimiento metalífero del mismo nombre y también a 500 m al sud de la misma, donde suprayace discordantemente a las rocas de la Formación Acoite.

El perfil aflorante en estación Concordia tiene un espesor parcial de 100 m y desde la base hacia el techo la secuencia es la siguiente:

- Conglomerados medianos polimícticos pardo rojizo, con matriz areno-arcillosa y cemento ferruginoso. El esqueleto está formado principalmente de cuarcitas gris blanquecinas, cuarzo lechoso y rocas ígneas plutónicas, volcánicas y metamórficas. El diámetro de los clastos varía de 3 mm a 10 cm, predominando aquellos que tienen un diámetro promedio de 2 cm; la forma de los clastos varía de angulosos a subredondeados, con predominio de éstos últimos.
- Conglomerados finos polimícticos gris blanquecino a gris amarillento. La decoloración sufrida con respecto al anterior, probablemente se debe a la remoción del cemento ferruginoso por fluidos hidrotermales derivados del magma que dio origen a las dacitas que las suprayacen.
- Areniscas conglomerádicas pardo roji-

zas con matriz limo-arcillosa y cemento ferruginoso.

- Areniscas medianas a gruesas pardo rojizas, con estratificación mediana.
- Areniscas calcáreas grises de grano fino, con estratificación fina y que contienen restos de tallos y hojas en buen estado de conservación.
- Areniscas finas a medianas de color gris, medianamente consolidadas y veteadas de amarillo, con restos orgánicos en mal estado de conservación.
- Limolitas y arcilitas verdes y moradas con impregnaciones amarillentas y conteniendo restos orgánicos mal conservados.
- Culmina la secuencia con un espesor aproximado de 40 m de conglomerados medianos polimícticos gris blanquecino a gris amarillento, que infrayacen a las dacitas de edad cuaternaria.

## Cuaternario

El Cuaternario de gran distribución areal en la zona de estudio, incluye rocas de variado origen y de ligeras diferencias en edad. Pertenecen a él, rocas ígneas, tales como dacitas, riódacitas, basaltos y depósitos sedimentarios; aterrizados, de cono aluvial, de cauce, de talud de falda y quífmicos.

### **Dacita Concordia**

Con este nombre formal agrupamos el conjunto de rocas volcánicas de composición riódacítica y dacítica que abarcan una amplia superficie en las proximidades de la estación Concordia y se presenta con asomos discontinuos en las proximidades de Chorrillos y Baños de Pompeya.

En los alrededores de la estación Concordia, las dacitas suprayacen discordantemente a los conglomerados del Subgrupo Pirgua y al sud de los Baños de Pompeya (empalme de la ruta nacional N° 51 con el camino secundario a mina Concordia), donde no aflora su base, las mismas infrayacen a los depósitos fluviales ate-



rrazados. Según Viera (1976), el cuerpo dacítico de estación Concordia tiene forma groseramente elíptica con el eje mayor en sentido norte-sud, siendo sus dimensiones de 4 x 0,5 km.

Vilela, C (1969) ubica estratigráficamente a estas dacitas como posteriores al último movimiento de carácter orogénico y anteriores a los movimientos de ascenso que ocurrieron a fines del Pleistoceno.

Para la descripción petrográfica se recolectaron dos muestras: una de las proximidades de la Estación Concordia (M. 480) y la otra en el empalme de la ruta nacional N° 51 con el camino secundario a mina Concordia (M. 474).

#### D.C.N. M. 480. Riodacita

Roca de color gris blanquecina, textura porfídica afanítica, con fenocristales de cuarzo de bordes difusos y formas angulosas; plagioclasas muy alteradas, lo que hace imposible su determinación; biotita abundante totalmente desferizada; pequeña cantidad de muscovita y sericita y regular cantidad de opacos. La pasta microcristalina (cuarzo-feldespática) es muy abundante, alcanzando hasta un 80% del total de la roca.

#### D.C.N. M. 474. Dacita

Roca de color gris blanquecina, textura porfídica vitrofídica, con fenocristales de cuarzo de forma subhedral; plagioclasas (oligoclasa-andesina) abundante en cristales zonados y euhedrales; abundante biotita y pequeña cantidad de anfíboles. La pasta es vítrea y levemente desvitrificada.

#### Depósitos químicos

Afloran en el tramo inferior de la quebrada Mina Concordia (desde el lugar donde emergen los manantiales termales hasta su desembocadura en el arroyo Chorrillos) extendiéndose a lo largo de 750 m con un ancho de 50 m

y un espesor de 3 m aproximadamente. Se disponen horizontalmente, alternando capas de calcoarenitas y travertinos; éstos últimos, con estructura porosa. La coloración en conjunto es gris a gris amarillento.

El origen de estos depósitos está íntimamente relacionado con las aguas termales las que al emerger y derramarse sobre la superficie, precipitaron carbonato de calcio.

La clasificación microscópica de dos muestras (M. 353) y (M. 476) de afloramiento, es como sigue:

#### D.C.N. M. 353. Calcoarenita

Roca de color gris amarillenta, formada de cuarzo, feldespato, plagioclasa, biotita, calcita, fragmentos líticos de origen ígneo y metamórfico. Los mafitos presentan una alteración clorítica y están parcialmente desferizados dando a la matriz un color ocráceo. La matriz está constituida por calcita microcristalina que tiende a una estructura radial por recristalización secundaria. Se observa también una estructura pseudo-oolítica, formada alrededor de los fragmentos menores monominerálicos y algunas veces poliminerálicos (fragmentos líticos) de pequeño tamaño, no mayor de 0,25 mm de diámetro. El material carbonático que rodea los granos minerales tiende a una estructura concéntrica o radial-fibrosa.

#### D.C.N. M. 476. Micrita subesparfítica calcedónica

Roca química compuesta por un precipitado de carbonato de calcio y calcedonia, con escasos terrígenos (cuarzo, plagioclasa y biotita). Las oolitas con núcleo terrígeno o no, son de tipo elíptico y cerebrales. Se observan además estructuras redondeadas (no oolíticas) poco definidas que podrían tratarse de pelletes. La micrita está limitada a la formación de las Oolitas, mientras que la esparita y subesparita se hallan intercrecidas entre las mismas. La calcedonia, menos abundantes que los carbonatos, se presentan como parches informes.



### Depósitos aterrazados

Cubren gran parte del área de estudio, enmascarando afloramientos de rocas de distinta edad. Se disponen horizontalmente con espesores y composición que varían de un lugar a otro, siendo los principales emplazamientos ambas márgenes de los ríos San Antonio de los Cobres, Organullo, Chorrillos y a las quebradas Mina Concordia y Acazoque. Los máximos espesores (más de 100 m) se los observa en la margen izquierda del tramo inferior de la quebrada Mina Concordia y en la margen derecha del río San Antonio de los Cobres, ya cerca del pueblo del mismo nombre.

En general, lo integran espesas acumulaciones de conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas arcillosas semiconsolidadas, con entrecruzamiento. La coloración del conjunto es pardo rojiza.

Una muestra obtenida cerca de los manantiales termales, ha sido clasificada como:

#### D.C.N. M. 475. Arenita conglomerádica lítica carbonática

Roca de color gris parduzca, cuyo esqueleto está formado de cuarzo límpido (hasta un 70%), mostrando la mayoría extinción normal; feldspatos alcalinos (ortosa y microclino) presentes en menor proporción que las plagioclasas (andesina), macladas según la ley de la albita-Carlsbad, con ángulo promedio de 28°; biotita desferrizada y sericita; esta última, se presenta en listones intercrecida con cuarzo; litoclastos de cuarzo metamórfico, chert, pelitas, areniscas finas cuarzosas y volcánicas. Entre otros minerales, anfíboles, piroxenos y trizas de vidrio volcánico.

El cemento carbonático es muy abundante y constituye hasta un 50 a 60% del total de la roca. Es el único material ligante y es del tipo micrítico a subespartítico; la esparita crece en algunas oquedades presentes. La abundancia de cemento facilita una textura flotante, sin contacto entre los granos del esqueleto.

La forma de los clastos son subredondeados lo que evidencia transporte, aunque por

lo límpido de los feldspatos debe haber sido corto. La selección es pobre, ya que coexisten grados de arenisca mediana a gruesa (los más abundantes) con grados de conglomerado. A pesar del subredondeamiento de los clastos la roca es considerada como submadura a inmadura por presentar oquedades, signos de una litificación incompleta y selección pobre, sumado a la gran cantidad de cemento presente.

La gran proporción de elementos volcánicos (trizas de vidrio volcánico, cuarzos subhedrales, plagioclasas zonadas y frescas, litoclastos volcánicos y piroxenos) inducen a pensar en un aporte volcánico considerable. De ser así, la roca en cuestión se trataría de una "tufita arenosa conglomerádica".

### Basalto Chorrillos

Proponemos este nombre formal para individualizar las vulcanitas básicas presentes en el cerro Negro de Chorrillos y que abarcan una superficie de 5 km<sup>2</sup> aproximadamente.

El cerro Negro de Chorrillos es un volcán central que estuvo en actividad hasta muy recientemente y donde pueden distinguirse, dos episodios volcánicos. En ambos casos, el derrame lávico fue de carácter básico y se desplazó en dirección noreste siguiendo la pendiente natural del terreno.

Una muestra de roca correspondiente a la primera erupción, fue clasificada como:

#### D.C.N. M. 354. Basalto Olivínico

Roca de color gris oscuro y textura pilotáxica, con fenocristales de olivina y augita incluidos en una pasta fina, la que está formada por microlitos de plagioclasa pseudoalineada, tendiendo a una textura traquítica. Las vesículas se hallan rellenas de ópalo coloforme, mostrando ligeros reflejos de polarización.

Esta roca es similar a una de las muestras estudiadas por Argañaraz, R (1968) en el volcán del cerro San Gerónimo, situado a unos 10 km en dirección noroeste del cerro Negro de Chorrillos. Dicho autor, en base a

un muestreo sistemático, distingue dos tipos de coladas basálticas; una inferior, que corresponde a la categoría de "basaltos olivínicos" y otra superior a "basaltos hornblendíferos".

### Talud de falda

Los depósitos de este tipo quedan restringidos a la base de las grandes elevaciones y son el resultado del intemperismo físico que ha afectado en gran medida las masas rocosas a través del tiempo. Constituyen acumulaciones caóticas de fragmentos angulosos de distinto tamaño y composición. Una característica de éstos depósitos es la ausencia de partículas finas (limo y arcilla) los cuales, fueron sopladados por los fuertes vientos de la región.

### Depósitos de cono aluvial

Numerosos conos aluviales de distintas dimensiones y que en conjunto abarcan una superficie reducida, se hallan situados al noroeste y sudoeste de San Antonio de los Cobres, al este y noroeste del cerro Negro de Chorrillos y en los Baños de Pompeya. De todos ellos, el de mayor dimensión es el emplazado al noroeste del cerro Negro de Chorrillos cubriendo una superficie de 0,75 km<sup>2</sup> aproximadamente.

En su mayoría, éstos depósitos están formados de aglomerado, grava, arena, limo y arcilla; con un cierto grado de redondeamiento y selección de los clastos, lo que aumenta del ápice a la parte distal del cono.

### Depósitos de cauce

Rellenan los cauces y lechos actuales y consisten en materiales inconsolidados de distinta granometría y composición; como ser: aglomerado, grava, arena, limo y arcilla.

### Estructura

En la provincia geológica Puna, a la cual pertenece el área estudiada, el estilo estructural dominante es el resultado de la fracturación y

desplazamiento diferencial de bloques con rumbo meridiano, con la consiguiente deformación intensiva de la cobertura sedimentaria.

Las rocas volcánicas y piroclásticas asociadas al proceso de deformación durante el Cenozoico tienen gran distribución regional y son el testimonio de cuatro episodios volcánicos: el primero y tercero, ocurrido en el Mioceno superior y Pleistoceno inferior respectivamente, dieron origen a dacitas y tobas dacíticas; el segundo (Plioceno medio a superior) está representado por andesitas y tobas andesíticas y finalmente, el cuarto, que tuvo lugar en el Holoceno, condujo a la formación de basaltos.

El marco estructural de la zona de interés queda definido por tres lineamientos principales, que delimitan una depresión tectónica elongada en dirección norte-sud (fig. 1b).

La falla que pasa por los Baños de Pompeya como la que corre paralelamente a la quebrada Mina Concordia son inversas y de alto ángulo, pero mientras la primera buza al naciente la otra lo hace al oeste. El movimiento diferencial de esta última fractura, originó una faja de cataclisis en las rocas volcánicas primarias de la Formación Oire, tal cual queda evidenciado por la trituración que han sufrido los fenoblastos de cuarzo y feldespato; con posterioridad, la recristalización deutérica soldó los fenoblastos (Sureda, com. pers.).

El lineamiento de mayor envergadura, corresponde a una megafractura de desplazamiento de rumbo con plano sub-vertical y donde el bloque norte se deslizó en dirección sudoeste y el del sud al norte. El rumbo regional de esta falla es noroeste-sudeste, pero en el tramo considerado y debido a su curso sinuoso cambia a noreste-sudoeste. Su traza superficial puede ser reconocida a través de Olacapato, Tocomar, cerro San Gerónimo, cerro Negro de Chorrillos y Baños de Pompeya (fig. 1e). En el mapa (fig. 1b) por razones de escala, se representa únicamente el borde norte de esta fractura continental, ya que su ancho abarca y desborda el límite S.E. del mismo.

En la región indicada produjo importantes desplazamientos orográficos y facilitó el as-

censo y derrame de magma basáltico de los volcanes San Gerónimo y Negro de Chorrillos y actualmente, controla la circulación de las aguas termales de Tocomar y Baños de Pompeya.

Este lineamiento fue descrito por Méndez (1974) y Baldis et al. (1975); en este último trabajo, se la denomina Zona de Fracturación Continental y sobre la base del estudio de hipocentros sísmicos, considera que se trata de fracturas que provienen de la costa pacífica y que atravesando los sistemas andinos se dirigen hacia la llanura Chaco-Paranense.

El cuadro estructural del área investigada se completa con una serie de anticlinales y sinclinales asimétricos, apretados y volcados ligeramente al naciente, como puede observarse a la altura de Mina Concordia (fig. 1c).

### Manantiales Termales

Con el nombre formal de Baños de Pompeya, se designa a un grupo de manantiales termales que se distribuyen en una franja de 170 m de largo por 90 m de ancho y cuyas temperaturas varían entre 23° y 56° C (fig. 2). Su localización coincide con el ángulo formado por la unión de la falla este con la Zona de Fracturación Continental, que delimitan el borde sudeste de la depresión tectónica antes señalada (fig. 1b).

En todos los casos, el derrame superficial del agua termal se produce a través de los depósitos cuaternarios, ya sea a lo largo de la parte distal de un pequeño cono aluvial o de depósitos químicos o, como en el manantial VI, de depósitos aterrazados. La cantidad real de puntos de aguas resulta imposible de establecer, pues a los individualizados en la fig. 2, debe agregarse un número indeterminado que surgen del fondo de las lagunas y en sus alrededores inmediatos; aparentemente, este último sector señalaría, en superficie, la rama principal del sistema termoartesianos.

Recientemente la Dirección General de Minas de la Provincia de Salta perforó un pozo de exploración, con el propósito de suministrar agua en cantidad suficiente y temperatura ade-

cuada, para el funcionamiento de la planta de concentración de sulfato de sodio en construcción. Desconocemos las razones que motivaron la ubicación del pozo (fig. 2), pero a lo largo de los 53 m de profundidad total alcanzada se obtuvieron los siguientes resultados: a -39,10 m primer nivel acuífero, con escaso caudal por surgencia y 28° C de temperatura; a -49,70 m pase de los sedimentos cuaternarios a las cuarcitas del Grupo Mesón; entre 49,70 y -53 m y dentro de las cuarcitas, segundo nivel acuífero, con un caudal por surgencia de 15.000 l/h y 52° C de temperatura, abundante desprendimiento de CO<sub>2</sub>.

Consideramos que está más allá de toda duda, que la actividad termal de Pompeya, como otras de igual carácter en la Puna, están genéticamente vinculadas a los episodios efusivos caecidos durante el Cuaternario y también, que la distribución, extensión e intensidad de los depósitos y zonas de alteración hidrotermal, revelan una más energética y considerable actividad en el reciente pasado geológico.

La relación entre la actividad geotermal y los distintos ciclos volcánicos demandará una investigación intensiva para dilucidarla; sin embargo, para nuestro caso y el de Tocomar, pensamos que hay una directa conexión entre los derrames basálticos holocénicos de los volcanes San Gerónimo y Negro de Chorrillos y la subsiguiente creación de un flujo de calor anómalo; y al mismo tiempo, que todos los procesos involucrados son una resultante de la reactivación de la fractura continental.

### Características Químicas del Agua Termal

Las aguas de los manantiales que fueron analizadas muestran una notable uniformidad en su composición química (cuadro II). Entre los constituyentes principales se destacan por su concentración los iones cloro, bicarbonato y sodio, y la característica especial de estas aguas es la presencia de una excesiva cantidad de boro.

Los resultados analíticos ponen de manifiesto que son aguas de elevada salinidad y ligeramente ácidas a débilmente alcalinas. En

### CUADRO III ANALISIS QUIMICO DEL AGUA TERMAL DE POMPEYA

RESULTADOS EXPRESADOS EN MILIGRAMOS POR LITRO

FECHA DE RECOLECCION 28/10/1977

MANANTIAL N°	TEMP. °C	CAUDAL l/m	pH	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	B	TOTAL	
														SOLIDOS a 105°C	CONDUCTI VIDAD µmhos/cm a 25°C
LAGUNA I	34		7,10	60,76	69,34	24,56	1.412	136	1.260	348,22	1.673,48	4,50	230	4.128	6.254
		240													
LAGUNA II	34		7,20	nd	69,34	28,33	1.433	140	1.300	257,92	1.893,92	3,20	220	4.283	6.254
III	49,5		7,00	60,76	61,52	35,02	1.323	130	1.220	240,15	1.567,13	2,90	206	4.026	5.782
IV	43	13,80	6,95	66,00	70,94	28,32	1.367	132	1.240	276,17	1.607,27	17,90	190	3.990	5.782
V	45	203,60	7,00	nd	74,15	27,36	1.412	138	1.250	292,02	1.707,34	8,10	230	4.373	6.254
VI	56	70,20	6,65	60	65,73	25,29	1.282	145	1.423,76	240,15	1.325,94	1,10	45	4.108	5.869

ANALISIS REALIZADOS POR EL LABORATORIO DE SUELO Y AGUAS DE LA DIRECCION GENERAL AGROPECUARIA DE LA PROVINCIA DE SALTA

virtud de los elementos predominantes, pueden ser clasificadas como bicarbonatadas cloruradas boratadas sódicas.

### Estimación de la temperatura en profundidad

Como es sabido, la concentración de ciertos constituyentes como la sílice o la relación iónica Na-K-Ca en las aguas de los manantiales termales, puede ser utilizada, bajo determinadas condiciones, para estimar la temperatura mínima del reservorio profundo (Fournier y Rowe 1966; Mahon 1970 y Truesdell 1973).

Basándonos en la uniformidad y ciertas características químicas del agua de Pompeya y los tipos de rocas a través de las cuales debe circular, hemos supuesto que su composición química es representativa de la que tenía en profundidad, es decir, que no ha sufrido modificaciones de importancia en su ascenso. Con esta premisa, los geotermómetros de la sílice y Na-K-Ca nos permiten estimar la temperatura del reservorio. Los resultados obtenidos son: según contenido de sílice, 115° C o menor; relación Na-K-Ca, entre 206° y 215° C.

Los valores discrepantes entre ambos indicadores geoquímicos, son, en parte, imputables a los métodos mismos y a las técnicas analíticas y, en parte, a variaciones de los constituyentes utilizados. Frente al problema, nos inclinamos por adoptar una posición conservadora y fijar una temperatura del orden de los 130° C como la más probable.

Los factores anlizados y la ubicación próxima al pueblo de San Antonio de los Cobres, coinciden en señalar esta área como muy interesante para profundizar los estudios, con miras a dilucidar la posibilidad de explotar la energía geotérmica, ya que podría ser utilizada en una amplia gama de aplicaciones.

### Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al CONICET por haber financiado parte del trabajo, a los Doctores Ricardo Su-

reda, Ricardo Omarini y Miguel Galliski por las determinaciones microscópicas y al Dr. Omar Viera, por la fotointerpretación.

### BIBLIOGRAFIA

- ARGAÑARAZ, R. 1968. Estudio petrográfico de las rocas efusivas del cerro San Gerónimo; distrito de Tocomar, departamento Los Andes (provincia de Salta).- Fac. Cienc. Nat. Salta; Seminario II. Inédito.
- BARNABÉ, J. F. 1915. Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama.- Anal. Min. Agric. Nac.; Secc. Mineral. y Min.; 10:3-63.
- BALDIS, B. A., GORROÑO, R. A., PLOSKIEWICZ, J. V. y SARUDIANSKY, R.M. 1975. Geotéctonica de la Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y comarcas adyacentes. Act. VI Cong. Geol. Arg.; 1:3-22.
- CATALANO, L. 1930. Puna de Atacama (Territorio Nacional de los Andes). Reseña geológica y geográfica.- Univ. Nac. Litoral; publ. 8:8-93.
- Reseña geológica preliminar de la Puna de Atacama (Territorio Nacional de los Andes).- Revta Min. B. Aires 2, 9: 257-269 y 2, 10: 289-305.
- 1964. Puna de Atacama (Territorio Nacional de los Andes). Boratera de Antuco. Cuenca de Diablillos.- Min. Econ. Nac.; B. Aires Serie N° 2.
- COIRA, B. L. 1973. Resultados preliminares sobre la petrología del ciclo eruptivo ordovícico concomitante con la sedimentación de la Formación Acoite, en la zona de Abra Pampa, provincia de Jujuy, República Argentina.- Revta Asoc. geol. arg.; 28, 1: 85-87.
- FOURNIER, R. O. y ROWE, J. J. 1966. Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steamwells.- Amer. J. Sci., 264: 685.
- FOURNIER, R. O. y TRUESDELL, A. H. 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters.- Geoch. cosmochim. Acta, 37, 1255.
- HARRINGTON, H. 1957. Ordovician formation of Argentina. En Harrington, H. y Lenza, A. (1957), "Ordovician Trilobites of Argentina". Univ. Kansas Press. Sp. Publ. 1: 1-59.
- KNOCHÉ, W. y BORZACOV, V. 1947. Clima de la República Argentina. Soc. arg. Est. Geogr. GAEA. 6: 5-429.
- KOUKHARSKY, M. y MIRRÉ, J. C. 1974. Nuevas evidencias de vulcanismo ordovícico en la Puna.- Revta Asoc. geol. arg.; 29, 1: 128-134.

- MAHON, W. A. J. 1970. Chemistry in the exploration and exploitation of hydrothermal systems. U.N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Piza.
- MENDEZ, V., NAVARINI, A., PLAZA, D. y VIERA, V. 1973. Faja eruptiva de la Puna Oriental. Act. V Congr. Geol. Arg.; *IV*: 89-100.
- MENDEZ, 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.- *Revta Asoc. geol. arg.*; 29, 4: 391-424.
- REYES, F. C. y SALFITY, J. A. 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. Act. V Congr. Geol. Arg.; *III*: 355-385.
- RIGGI, A. E. 1934. Nota sobre el yacimiento de antimonio. del Alto de Chorrillos, Puna de Salta.- *Revta Min.* 6, 3: 80-86.
- ROLLERI, E. y MINGRAMM, A. 1968. Sobre el hallazgo de Ordovícico inferior al oeste de San Antonio de los Cobres (provincia de Salta).- *Revta Asoc. geol. arg.* 23, 2: 101-103.
- TURNER, J. C. M. 1960a. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria. *Boln Acad. Nac. Cienc.* 41, 2: 163-196.
- 1960b. Estratigrafía del nevado de Cachi y sector al oeste (Salta).- *Acta geol. lilloana*; 3: 191-226.
- VILELA, C. R. 1953. Los períodos eruptivos en la Puna de Atacama. *Revta Asoc. geol. arg.* 8, 1: 5-34.
- 1969. Descripción geológica de la Hoja 6c, San Antonio de los Cobres, provincias de Salta y Jujuy.- *Boln Direc. Nac. Geol. Min.* 110.

**CARLOS MORENO ESPELTA**

**ANGEL CHAVEZ**

**JULIO ARIAS**

Departamento de Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Salta

Mendoza 2

4400 Salta

República Argentina

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES

GEOLOGIA DEL AREA TERMAL DE POMPEYA, DEPARTAMENTO  
LOS ANDES - PROVINCIA DE SALTA

C. H. MORENO ESPALTA, A. GARCIA Y J. E. ARIAS

1978

CROQUIS DE UBICACION



FIG 1a

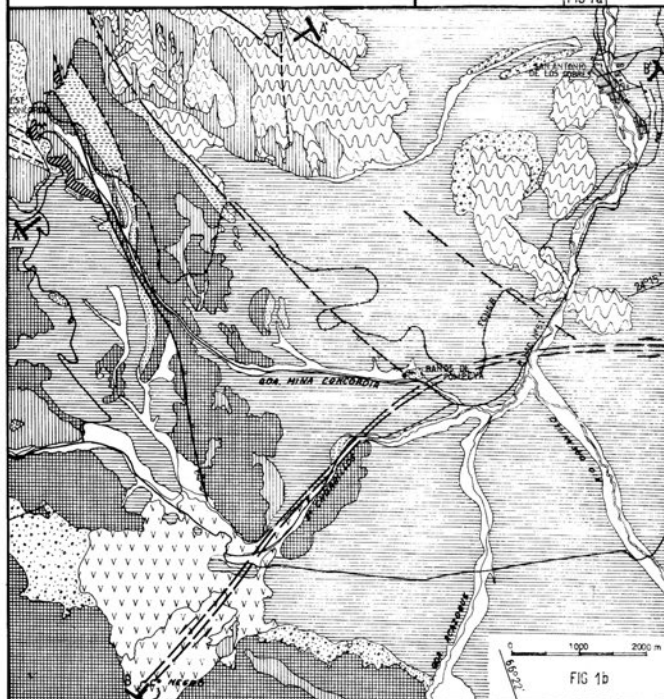


FIG 1b

REFERENCIAS

- DEPOSITOS DE CAUCE
- DEPOSITOS DE CONO ALUVIAL
- TALUD DE FALDA
- BASALTO CHORRILLOS
- DEPOSITOS ATERRAZADOS
- DACITA CONCORDIA
- SUBGRUPO PIRGUA
- FORMACION OIRE
- GRUPO SANTA VICTORIA
- GRUPO MESOI
- FORMACION PUNCOVISCANA
- FALLA VISIBLE (con indicacion de rabo bajo)
- FALLA SUPUESTA
- FALLA FOTOINTERPRETADA
- FRACTURA CONTINENTAL
- MANANTIALES TERMALES
- MINA CONCORDIA

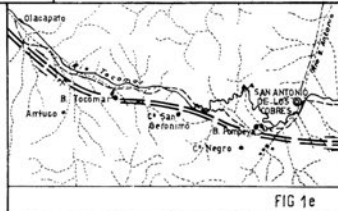


FIG 1e

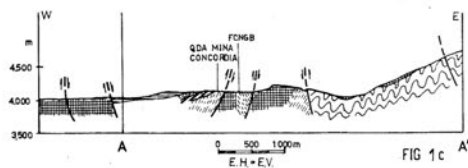


FIG 1c A'

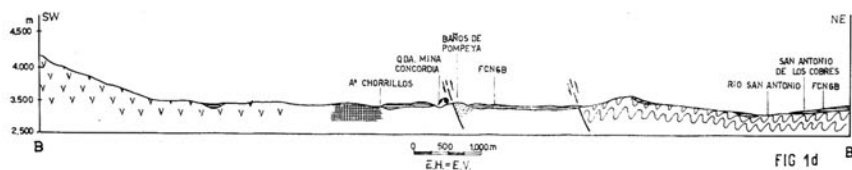


FIG 1d B'