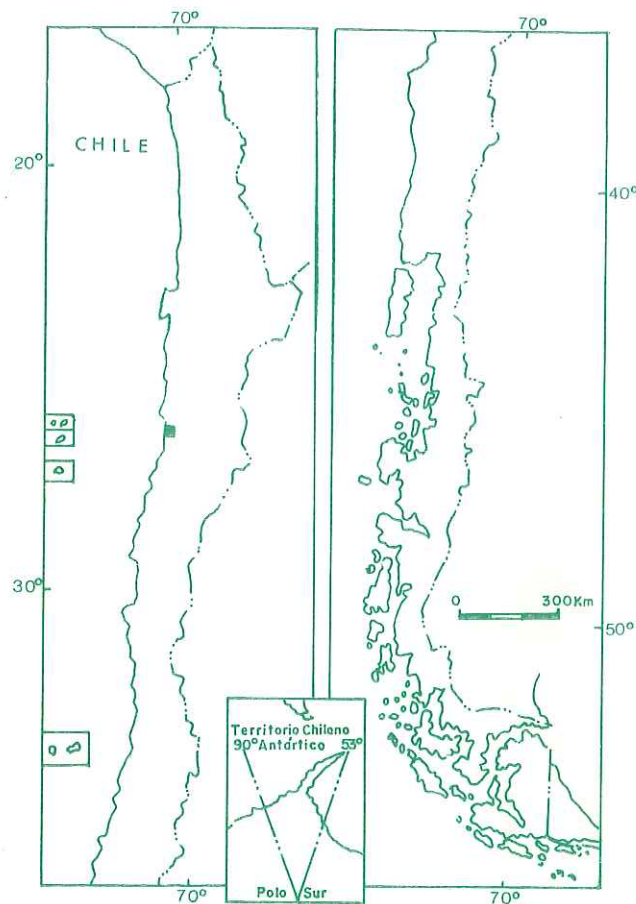


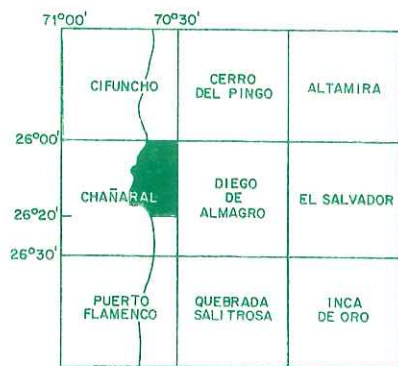
Nº 37

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
GEOLOGICAS



CARTA GEOLOGICA DE CHILE

ESCALA 1 : 100.000



AREA PAN DE AZUCAR

REGION DE ATACAMA

Margaret Mercado W.

1980

CARTA GEOLOGICA DE CHILE

- Carta N° 17 Cuadrángulo Mamiña, provincia de Tarapacá. A. Thomas. 1967, 49 p., 5 tablas, 13 figs.; 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Carta N° 18 Cuadrángulo Juan de Morales, provincia de Tarapacá. C. Galli. 1968, 53 p., 1 fig.; 2 tablas; 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Cartas Nos 19 y 20 Cuadrángulo Camaraca y Azapa, provincia de Tarapacá. A. Tobar, I. Salas y R. Kast. 1968, 20 p., 3 tablas, 2 figs.; 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Cartas Nos 21 y 22 Cuadrángulo Iquique y Caleta Molle, provincia de Tarapacá. A. Thomas. 1970, 52 p., 3 tablas, 4 figs.; 2 mapas geológicos, 1:50.000.
- Carta N° 23 Cuadrángulo Lambert (La Serena), provincia de Coquimbo. L. Aguirre y E. Egert. 1970, 14 p., 13 p. con tablas; 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Carta N° 24 Geología de las Hojas Pisagua y Zapiga, provincia de Iquique, Tarapacá (I Región), Chile. L. Silva, 1977, 8 p., 2 tablas; 1 mapa geológico, 1:100.000.
- Carta N° 25 Geología del Cuadrángulo Quebrada Desierto (Quebrada Salitrosa). III Región, Atacama, Chile. A. Moraga B., 1977, 12 p., 3 tablas; 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Carta N° 26 Geología de la Cordillera de la Costa entre los 24°00' y 25°00' latitud sur, Región de Antofagasta. F. Ferraris B., 1978, 15 p., 2 anexos; 1 mapa geológico, 1:250.000.
- Carta N° 27 Geología de la Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera, Región de Atacama. M. Mercado W., 1978, 15 p., 4 tablas; 1 mapa geológico, 1:100.000.
- Carta N° 28 Cuadrángulo Rivadavia, Región de Coquimbo. P. Dediós A., 1978, 20 p., 1 mapa geológico, 1:50.000, 1 tabla.
- Carta N° 29 Región Continental de Aysén, entre el lago General Carrera y la Cordillera Castillo. J. Skarmeta. 1978, 54 p., 1 mapa geológico, 1:250.000, 5 tablas.
- Carta N° 30 Hoja Antofagasta, Región de Antofagasta. F. Ferraris y F. Di Biase. 1978, 48 p., 1 mapa geológico 1:250.000, 5 figs., 2 lám., 2 anexos.
- Carta N° 31 Cuadrángulo Chitigua y sector occidental del Cuadrángulo Cerro Palpana, Región de Antofagasta. Víctor Maksaeu, 1978, 55 p., 4 figs., 1 tabla, 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Carta N° 32 Cuadrángulo Quehuira y sector occidental del Cuadrángulo Volcán Miño, Región de Tarapacá. Hernán Vergara. 1978, 44 p., 1 fig., 1 mapa geológico, 1:50.000.
- Carta N° 33 Cuadrángulo Ujina, Región de Tarapacá. H. Vergara. 1978, 64 p., 1 mapa geológico 1:50.000, 4 figs., 1 tabla.
- Carta N° 34 Geología de la zona interior de la Cordillera de la Costa entre los 26°00' y 26°20'. Región de Atacama. José A. Naranjo, 1978, 48 p., 3 figs., 1 mapa geológico, 1:100.000.
- Carta N° 35 Geología de los cuadrángulos Arica y Poconchile, Región de Tarapacá. Sonia Vogel y Tomás Villa, 1980, 24 p., 1 mapa geológico, 1:100.000.
- Carta N° 36 Geología de la Región al Sur del Canal Beagle, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Manuel Suárez, 1978, 48 p., 11 figs., 1 mapa geológico, 1:500.000.

CARTA GEOLOGICA DE CHILE

ESCALA 1:100.000

GEOLOGIA DEL AREA PAN DE AZUCAR

REGION DE ATACAMA

Margaret Mercado W.

N° 37

1980

Manuscrito recibido, Abril 1979
 Manuscrito aceptado, Julio 1979

GEOLOGIA DEL AREA PAN DE AZUCAR/ Región de Atacama.
 Escala 1:100.000.

CARTA N° 37.

© Instituto de Investigaciones Geológicas, 1980. Inscripción N° 50910.

Impreso en offset, Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago de Chile.
 Tiraje de 1.000 ejemplares.

Instituto de Investigaciones Geológicas, Agustinas 785, 6° Piso. Casilla 10465.

Editor: M. Suárez D.

Director Ejecutivo: R. Salas O.

C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCION	6
FISIOGRAFIA	6
ESTRATIGRAFIA	7
Basamento Metasedimentario Pzbm	7
Formación Agua Chica TRv	9
Formación Pan de Azúcar Jpa	13
Depósitos aluviales de terrazas Tt	15
Depósitos de terrazas marinas	17
Depósitos aluviales modernos Qal	18
ROCAS INTRUSIVAS	
Granodioritas de Pan de Azúcar Pzgd	18
Batolito Cerros del Vetado Pzg	19
Filones de Pan de Azúcar	21
Batolito Sierra Minillas Jt	23
ESTRUCTURA	24
HISTORIA GEOLOGICA	25
AGRADECIMIENTOS	27
REFERENCIAS	27

FIGURAS Y MAPA

- Fig. 1 Sección Tipo Formación Agua Chica en Quebrada Agua Chica
- Fig. 2 Sección Tipo Formación Agua Chica en confluencia de quebradas Las Chilcas y Pan de Azúcar

Mapa Geológico a escala 1:100.000

GEOLOGIA DEL AREA DE PAN DE AZUCAR

MARGARET MERCADO W.

RESUMEN

La geología del Area de Pan de Azúcar, Región de Atacama, Chile (escala 1:100.000), entre los 26°00' y 26°20' Lat. S y entre la costa del Océano Pacífico y los 70°30' Long. W, comprende una zona donde afloran rocas estratificadas, intrusivas y metamórficas, que varían en edad entre el Paleozoico y el Cuaternario.

Las rocas estratificadas incluyen metasedimentitas pre-pérmicas, agrupadas en el Basamento Metasedimentario; rocas volcánicas triásicas, definidas en este trabajo como Formación Agua Chica; rocas sedimentarias marinas fosilíferas del Hettangiano de la Formación Pan de Azúcar; y sedimentos marinos y continentales del Terciario y Cuaternario.

Las rocas intrusivas se agrupan en Granodioritas de Pan de Azúcar y Batolito Cerros del Vetado de probable edad pérmica; Filones de Pan de Azúcar del Jurásico Inferior; y Batolito Sierra Minillas del Jurásico Superior.

Las estructuras más notorias del área corresponden a fallas de orientación aproximada NW-SE y E-W.

En la región estudiada no hay yacimientos metalíferos. Depósitos de guano son explotados esporádicamente en Isla Pan de Azúcar.

ABSTRACT

The geological reconnaissance of the Pan de Azucar Area, Atacama Region, Chile (1:100.000 scale), between Lat. 26°00' and 26°20'S, and Long. 70°30'W and the coast-line of the Pacific Ocean, demonstrates the occurrence in that area of stratified, intrusive and metamorphic rocks ranging from Paleozoic to Quaternary in age.

The stratified rocks are pre-Permian metasediments grouped in a Metasedimentary Basement; Triassic volcanic rocks defined here as the Agua Chica Formation; and Tertiary and Quaternary marine and subaerial sediments.

The intrusive rocks include the Pan de Azucar Granodiorites and the Cerros del Vetado Batholith of inferred Permian age; Lower Jurassic Pan de Azucar Dikes; and an Upper Jurassic pluton belonging to the Sierra Minillas Batholith.

The principal structures of the area are NW-SE and W-E faults.

The area has no ore deposits. Sporadically guano from the Pan de Azucar Island is exploited.

Dedicado por el autor a la memoria de Rudolfo Phillipi, primer científico representante del Gobierno de Chile, quien visitó el área de Pan de Azúcar, en el verano de 1853-54 al recorrer gran parte del entonces llamado Desplado de Atacama (Phillipi, 1860).

INTRODUCCION

El área mapeada se ubica entre los 26°00' y 26°20' Lat. S y entre los 70°30' Long. W y la costa del Océano Pacífico, abarcando una superficie de alrededor de 560 km².

Dentro de la zona no se encuentra poblado alguno, pero Chañaral (18.000 habitantes) está inmediatamente al sur. En Puerto Pan de Azúcar existió, en el siglo pasado, una fundición de cobre y un puerto de embarque de la mina de cobre de Carrizalillo de las Bombas, ubicada a unos 40 km al interior por Quebrada Pan de Azúcar.

El principal acceso a la región es desde la Carretera Panamericana Norte entre los kilómetros 970 y 1025; a la altura del kilómetro 1016 y desde Las Bombas, hay dos caminos que se unen y que por Quebrada Pan de Azúcar desembocan en Puerto Pan de Azúcar. Al mismo lugar llega un camino bordeando la costa desde Chañaral. Algunas huellas permiten el acceso a diversos puntos del área.

El trabajo de terreno se realizó durante 6 semanas en 1976 y 2 semanas en 1978, utilizando como base topográfica la Hoja Chañaral, a escala 1:100.000, del Instituto Geográfico Militar y fotografías aéreas Hycon a escala aproximada 1:63.000.

FISIOGRAFIA

El relieve del área es, en general, montañoso; un acantilado se eleva, desde la costa, por sobre los 500 m de altura, lo que es más notorio inmediatamente al norte de Chañaral y al norte de Puerto Pan de Azúcar, donde este acantilado alcanza alturas máximas de 800 m sobre el nivel del mar, a 2 km de la costa. La altura máxima es de 916 m y se ubica al interior de Quebrada Castillo.

En la zona estudiada no hay cursos de agua permanentes, desconociéndose los posibles recursos de agua subterránea. Agua salada y salobre aflora en las quebradas Peralillo y Pan de Azúcar. Esporádicamente, cada 10 o más años, el "invierno boliviano", que produce abundantes precipitaciones en la Cordillera de los Andes durante los primeros meses del año, provoca aluviones que bajan por Quebrada Pan de Azúcar.

El clima es árido, la zona es desértica con nublados abundantes, según clasificación de Koppen (FUENZALIDA, 1965).

La vegetación se reduce a cactáceas, especialmente del género *Copiapoa*; arbustos, principalmente *Euphorbia lactiflua* y herbáceas perennes que predominan en el sector de la costa, alimentadas por una niebla espesa y baja llamada "camanchaca". En el

acantilado, al oeste de Quebrada Agua Chica, se observan helechos que sobreviven gracias a la humedad de la "camanchaca", que persiste allí casi todos los días del año.

La fauna está representada por guanacos (*Lama guanicoe*), zorros (*Pseudolopex culpaeus*), liebres (*Lepus europeus*), roedores pequeños, lagartos y lagartijas, arañas de diversos tipos, incluso tarántulas. Las aves observadas corresponden a las de la sub-zona zoológica desértica propiamente tal.

ESTRATIGRAFIA

Alrededor del 50% del área de Pan de Azúcar comprende afloramientos de rocas estratificadas metasedimentarias, asignadas al Paleozoico, rocas volcánicas triásicas, rocas sedimentarias marinas del Hettangiano y sedimentos continentales y marinos del Terciario y Cuaternario.

Basamento Metasedimentario Pzbm (unidad informal, MERCADO, 1977; NARANJO, 1978b)

Distribución y relaciones estratigráficas

Las rocas estratificadas más antiguas del área se agrupan informalmente en el Basamento Metasedimentario y afloran en dos franjas; una a lo largo de la costa y otra en el sector oriental de aquella.

Se desconoce la base de esta unidad, en tanto que está cubierta discordantemente por rocas volcánicas de la Formación Agua Chica y por sedimentos aterrazados (ver más adelante).

Por otra parte, el basamento está intruido por plutones graníticos de las Granodioritas de Pan de Azúcar y de los batolitos Cerros del Vetado y Sierra Minillas, que se describen más adelante.

Litología

El Basamento Metasedimentario está constituido por alternancia de cuarcitas, filitas y metacalizas, que se separan en dos grupos de acuerdo a la distribución relativa de los afloramientos: cuarcitas y filitas con intercalaciones de metacalizas y, predominantemente, filitas con cuarcitas subordinadas (ver MERCADO, 1978c). Las rocas sufrieron un metamorfismo regional de grado bajo (MILLER, 1973) y están plegadas isoclinalmente, conservándose, sin embargo, estructuras sinsedimentarias como estratificación original, "cone-in-cone" y moldes tipo "flute cast". En las rocas con este

último tipo de estructuras, se observa estratificación gradada, lo que indica que se trata de turbiditas.

Además, se distinguen rocas con metamorfismo de contacto en las que no se identificaron minerales característicos, sin embargo, ellas están atravesadas por "bolsones" y vetillas de cuarzo lechoso.

En el curso de Quebrada Agua Chica hay dos exposiciones menores de 1 km² cada una, de rocas con manifestaciones de alteración hidrotermal.

El plegamiento sufrido por las rocas del Basamento Metasedimentario no hace posible sugerir el espesor de la unidad.

Edad y correlaciones

Del Basamento Metasedimentario, sólo se recolectó impresiones fósiles de *Lophoctenium* sp. (determinación de COVACEVICH, 1976) al norte de Quebrada Pan de Azúcar, en el sector nororiental del área. Estas trazas de actividad animal, que corresponden a surcos de alimentación, presentan un gran rango estratigráfico por lo que su validez, como elemento de datación, es prácticamente nula. Sin embargo, MILLER (1970) asigna una edad devónica a rocas correspondientes al basamento entre Chañaral y Taltal por el hallazgo de *Lophoctenium comosum Reinholdt Richter*. Anteriormente, CECIONI (1960) recolectó, en una localidad no especificada del área del presente estudio, restos de plantas que clasificó como *Dadoxylon* del Paleozoico Superior. MILLER (1973) insiste en una edad devónica basado, esta vez, en estudios petrográficos y estructurales del basamento.

Las rocas del basamento están plegadas, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado y las intruyen plutones graníticos que han dado, radiométricamente, una edad mínima pérmica (ver más adelante); todas estas rocas están cubiertas, discordantemente, por rocas pre-hettangianas de la Formación Agua Chica. Estos antecedentes permiten inferir, para la depositación del Basamento Metasedimentario, una edad paleozoica, posiblemente devónica a carbonífera que, posteriormente, pero con anterioridad al Triásico, habría experimentado metamorfismo regional y la intrusión de plutones graníticos.

El Basamento Metasedimentario continúa arealmente hacia el norte (GARCIA, 1967), al sur (MERCADO, 1977 y 1978a) y al oriente (NARANJO, 1978b) del área de Pan de Azúcar. Litológicamente se correlaciona con la Formación El Toco definida en la Región de Antofagasta por WETZEL (1927), en la cual también se recolectaron *Dadoxylon* que la asignan al Paleozoico Superior.

Condiciones de depositación

La alternancia de cuarcitas y filitas, con esporádicas intercalaciones de calizas, algunas de las cuales presentan estructuras "cone-in-cone", así como la presencia de moldes de estructuras de fondo tipo "flute-casts" provocadas por corrientes de turbidez, sugieren que los sedimentos originales del Basamento Metasedimentario se habrían depositado en un ambiente subacuático, probablemente marino.

Formación Agua Chica TRv (nueva formación)

Definición y relaciones estratigráficas

Se define en este trabajo la Formación Agua Chica, lo que anteriormente había hecho informalmente MERCADO (1978b), en la misma localidad tipo correspondiente al curso superior de la Quebrada Agua Chica.

Se denomina Formación Agua Chica a una secuencia integrada principalmente por rocas volcánicas, que se disponen discordantemente sobre el Basamento Metasedimentario, y rocas graníticas que lo intruyen. La formación está cubierta, en aparente concordancia, por rocas sedimentarias marinas fosilíferas hettangianas de la Formación Pan de Azúcar, redefinida por NARANJO (1978b) y cubierta, discordantemente, por depósitos de terrazas aluviales terciarias (ver más adelante).

Litología

Las rocas de la Formación Agua Chica afloran, como se expresó, en el curso superior de la quebrada homónima, así como en el sector de confluencia de las quebradas Pan de Azúcar y Las Chilcas. La sección tipo en Quebrada Agua Chica (Fig. 1) corresponde, en su base, a un conglomerado brechoso, rojizo oscuro, de muy mala selección, constituido sólo por clastos de cuarcita y filita del Basamento Metasedimentario, de hasta 20 cm de diámetro. El conglomerado brechoso se encuentra desde ausente, hasta un espesor máximo de 20 m. Sobre lo anterior se disponen tobas amarillentas y conglomerados volcánicos gruesos, amarillentos, verdosos y morados de clastos dacíticos y andesíticos de hasta 30 cm de diámetro y matriz tobácea; se observó también un clasto similar al intrusivo del Batolito Cerros del Vetado, que se emplaza en el Basamento Metasedimentario. La secuencia de tobas y conglomerados integra un espesor aproximado de 250 m. Finalmente, alrededor de

150 m de lavas de estratificación poco notoria, de tonos oscuros y de composición andesítica y dacítica, se disponen sobre las capas anteriores. La Formación Agua Chica suma, por lo tanto, un espesor total mínimo de 400-420 m en su localidad tipo.

En el sector de la confluencia de las quebradas Pan de Azúcar y Las Chilcas, aflora una secuencia de rocas de alrededor de 500 m de espesor, muy similar a la de la localidad tipo de Quebrada Agua Chica (Fig. 2); se apoya con discordancia sobre el Basamento Metasedimentario y le sobreyacen, también con discordancia angular, sedimentos aluviales aterrazados. En la base se dispone, localmente, un conglomerado brechoso de clastos del Basamento Metasedimentario, sobre el cual se apoyan tobas amarillentas y pardas, en algunos de cuyos niveles se recolectaron troncos fósiles; luego siguen conglomerados volcánicos gruesos de clastos de composición andesítica y dacítica, con escasas intercalaciones de areniscas rojas, que contienen troncos fósiles y una intercalación de lava andesítica.

Al sur de Quebrada Pan de Azúcar, esta misma secuencia de rocas es notoriamente más delgada, con un espesor máximo de 200 m y subyace, en aparente concordancia, pero posiblemente en leve discordancia de erosión, a rocas sedimentarias marinas fosilíferas del Hettangiano, pertenecientes a la Formación Pan de Azúcar.

Edad y correlaciones

En las rocas de la Formación Agua Chica, no se observaron niveles fosilíferos, a excepción de unas tobas y areniscas con restos de troncos fósiles, que no ha sido posible identificar. Por lo tanto, la estimación de la edad de la formación debe realizarse por sus relaciones estratigráficas. La edad mínima es pre-hettangiana por estar cubierta por rocas de la Formación Pan de Azúcar que, en su base, contiene fauna del Hettangiano. Su edad máxima sería post-pérmica si se considera que sobreyace al Batolito Cerros del Vetado, del que contiene clastos, para el que se determinó una edad mínima pérmica (ZENTILLI, 1974) (ver más adelante). Por lo antes expuesto, se le asigna a la Formación Agua Chica una edad triásica, posiblemente triásica superior.

La Formación Agua Chica es directamente correlacionable con una secuencia de rocas similares que, presentando las mismas relaciones estratigráficas, aflora 10 km al norte del área del presente estudio, ULRICKSEN (1976) las consideró como parte de la Formación Cifuncho definida por GARCIA (1967) y asignada al Triásico. La correlación con la Formación Cifuncho podría hacerse, eventualmente, en términos de edad, pero litológicamente ambas

Figura 1.- SECCION TIPO FORMACION AGUA CHICA EN QUEBRADA AGUA CHICA.

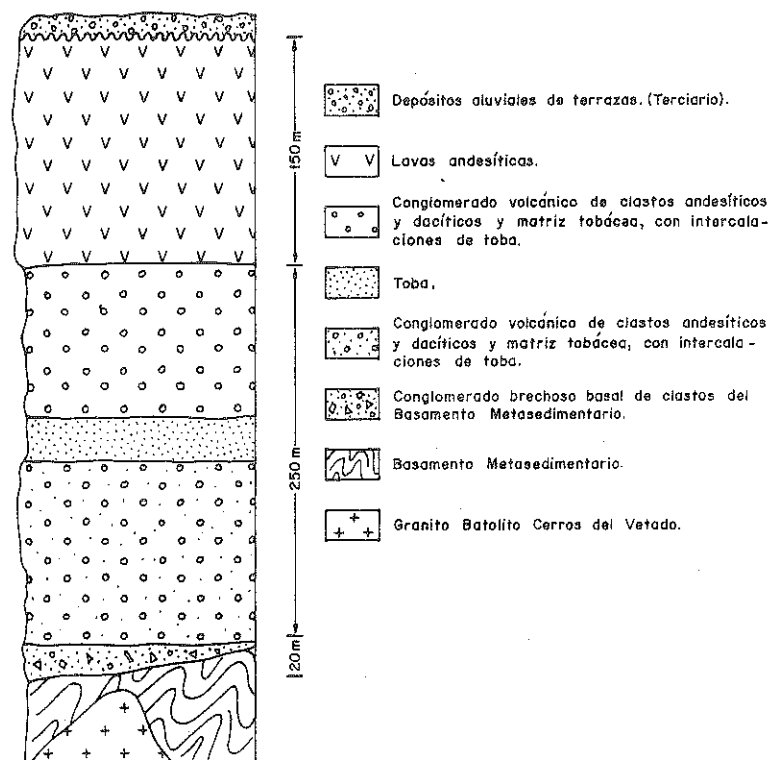
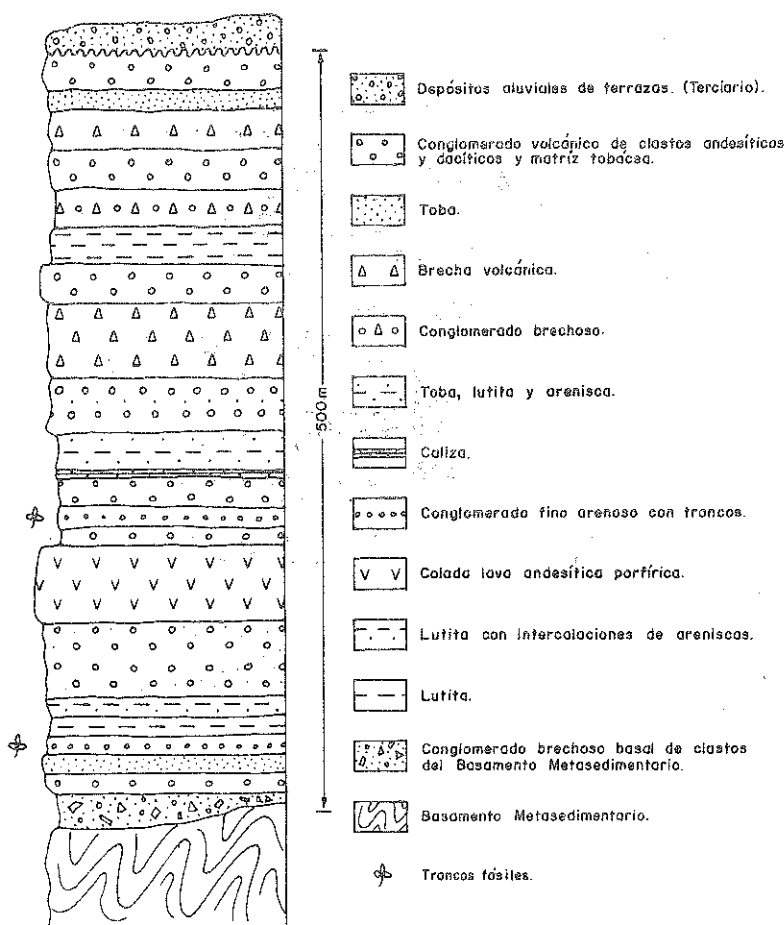


Figura 2.- SECCION TIPO FORMACION AGUA CHICA EN CONFLUENCIA DE QUEBRADAS LAS CHILCAS Y PAN DE AZUCAR.



formaciones difieren, pues aquélla se compone principalmente de conglomerados y areniscas cuarcíferas, en cambio la Formación Agua Chica es esencialmente volcánica.

Condiciones de depositación

La Formación Agua Chica se habría depositado, inicialmente, sobre un fondo irregular cuyas depresiones se rellenaron, en forma rápida, con un conglomerado brechoso, compuesto de clastos provenientes del mismo fondo. De ahí la presencia local del conglomerado brechoso, la mala selección de sus clastos y la homogeneidad de su origen. Posteriormente, las tobas y los conglomerados volcánicos se habrían depositado en un ambiente, al menos en parte, sub-acuático pues es posible distinguir, en algunos puntos, una estratificación no muy notoria en los conglomerados, pero más evidente en las tobas. Finalmente las lavas cubrieron el área.

La ausencia de una buena estratificación permite sugerir que la Formación Agua Chica se depositó en un ambiente continental, pero este aspecto deberá ser determinado por estudios posteriores.

Formación Pan de Azúcar Jpa (enmendada en NARANJO, 1978b)

Definición y relaciones estratigráficas

La Formación Pan de Azúcar fue redefinida por NARANJO (1978b), después que varios autores se refirieron a ella sin haberla definido formalmente (GARCIA, 1959, 1960, 1967; ORTIZ, 1960; CORVALAN, 1965). NARANJO define la Formación Pan de Azúcar como "un conjunto de rocas sedimentarias clásticas marinas, fósilíferas" cuya localidad tipo se ubica a unos 2 km al oriente de la presente área de estudio en Quebrada Pan de Azúcar. En su localidad tipo, las rocas de la formación sobreyacen, con discordancia, al Basamento Metasedimentario y están cubiertas, concordantemente, por la Formación La Negra definida por GARCIA (1967).

En el área de estudio, se asigna a la Formación Pan de Azúcar no más de 30 m de espesor de rocas sedimentarias marinas fósilíferas. Ellas constituyen la continuidad areal de aquellas donde la formación fue definida. Sin embargo, ambas localidades de afloramiento están separadas por una superficie cubierta de sedimentos modernos, aterrazados. Las rocas en discusión se apoyan en aparente concordancia, pero posiblemente en leve discordancia de erosión, sobre la Formación Agua Chica, cubriéndola depósitos de terrazas aluviales (ver más adelante).

Distribución y litología

Las rocas de la Formación Pan de Azúcar afloran, en el área de estudio, al sur del sector más oriental de la quebrada homónima. Corresponden a unos 30 m de calizas y calizas arenosas de color amarillento, con una intercalación de andesita verde de 2 m de espesor. En la base de la secuencia se reconoce un conglomerado brechoso rojizo, de aproximadamente 5 m de espesor, constituido por clastos del Basamento Metasedimentario.

Edad y correlaciones

En la parte superior de las calizas de la Formación Pan de Azúcar que aflora en el área, se recolectó escasa fauna cuya determinación, realizada por COVACEVICH (1976), indicó la presencia de bivalva *Entolium* sp., *Weyla* sp. y *Pleuromya?* sp. y ammonoidea *Schlotheimia* cf. *angulata* (SCHLOTHEIM), que determinan una edad hettangiana superior, de la zona de *S. angulata*.

Hacia el oriente, NARANJO (1978b) determinó, paleontológicamente, para la Formación Pan de Azúcar, un rango estratigráfico que abarca desde el Hettangiano Inferior Alto al Sinemuriano Superior. En la presente área de estudio, el Hettangiano Inferior, documentado por NARANJO, podría estar representado por la parte inferior de la secuencia calcárea, donde no se observaron fósiles.

Las secuencias de la Formación Pan de Azúcar forman parte de una franja occidental de afloramientos aislados de sedimentitas jurásicas marinas, reconocidas desde el sur de Taltal hasta el norte de La Serena. En Quebrada Cifuncho afloran rocas sedimentarias marinas del Hettangiano que se han denominado, usualmente, con el mismo nombre de Formación Pan de Azúcar (GARCÍA, 1967) y, estratigráficamente, se disponen sobre la Formación Cifuncho asignada al Triásico y bajo la Formación Posada de los Tres Hidalgos (ORTIZ, 1960) del Sinemuriano. Al norte y sur del río Huasco, MOSCOSO (comunicación verbal) encontró restos mal conservados de *Weyla* en rocas clásticas de diferente litología de aquéllas de la Formación Pan de Azúcar y, por lo tanto, de diferentes condiciones de depositación, pero posiblemente correspondientes en edad.

Por otra parte, es posible correlacionar la Formación Pan de Azúcar con las rocas sedimentarias marinas que afloran, en una franja oriental, en la Cordillera de los Andes y su pre-cordillera, definidas como Formación Lautaro por SEGERSTROM (1959), al interior de Copiapó y como Formación Montandón (GARCÍA, 1967) al interior de Diego de Almagro, ex Pueblo Hundido. Sin

embargo, la Formación Lautaro sería de edad máxima sinemuriana media a superior y la de la Formación Montandón sería pliensbachiana.

Condiciones de depositación

La Formación Pan de Azúcar tiene, en su base, un conglomerado brechoso que representaría la transgresión del mar jurásico. Este mar inundó los terrenos, dejando altos topográficos descubiertos, como islas del Basamento Metasedimentario, al este del área de estudio y cubrió también, parcialmente, las rocas de la Formación Agua Chica. La presencia de calizas arenosas y la fauna colectada indican que el ambiente de la cuenca marina era relativamente poco profundo y litoral. NARANJO (1978b), en base a litología y a la mayor cantidad de fauna existente, infiere un ambiente sublitoral de baja profundidad para la formación en su localidad tipo. La única intercalación de lava observada en las calizas hettangianas indica actividad volcánica submarina.

Depósitos aluviales de terrazas Tt (unidad informal)

Distribución y relaciones estratigráficas

En el área de Pan de Azúcar hay depósitos aluviales aterrazados que yacen en forma horizontal cubriendo, discordantemente, rocas pre-existentes. Estos depósitos se distribuyen, de preferencia, en la mitad norte del área, pero en el sector sur hay también algunos afloramientos. Es posible diferenciar dos tipos de depósitos que yacen concordantemente entre sí.

Distribución y litología de la unidad inferior

La unidad inferior del depósito se localiza en el sector oriental de Quebrada Pan de Azúcar, donde existe un espesor de 15 a 20 m de acumulación de grava de clastos redondeados y arena, algo litificados y parcialmente cementados por yeso. Los clastos son de composición muy heterogénea y distinta a la de las rocas de los alrededores inmediatos, reconociéndose aquellos graníticos, volcánicos afaníticos, porfíricos, etc. No forman capas propiamente tales, sino acumulación masiva con lentes de material más grueso y más fino, alternados.

Edad y correlaciones de la unidad inferior

La edad de estos depósitos se infiere por correlación con los "Atacama Gravels" descritos por MORTIMER (1973), los que se distribuyen ampliamente en el norte del país. Ese autor les asignó una edad miocena media a superior, en base a resultados de análisis radiométricos K/Ar practicados en flujos ignimbríticos intercalados en las gravas cerca de Diego de Almagro, ex Pueblo Hundido, y Potrerillos ($12,6 \pm 0,5$ y $11,5 \pm 0,5$ m.a.).

Al oriente del área de estudio, las gravas se extienden hacia Las Bombas (NARANJO, 1978b), siempre a lo largo de Quebrada Pan de Azúcar, donde este autor también correlaciona las gravas con las descritas por MORTIMER (1973) y que fueron anteriormente referidas.

Además de la correlación con los "Atacama Gravels", la unidad se correlaciona con los depósitos "descritos por primera vez por DARWIN, 1846" (JENSEN, 1976) y posteriormente por WILLIS (1929), quien las distinguió como "Mantling Gravels", y SEGERSTROM (1962, 1968). REUTTER (1974) denominó Formación Potrerillos al mismo tipo de depósito que aflora al interior de Vallenar.

Condiciones de depositación de la unidad inferior

Las gravas se depositaron en un ambiente fluvial y, probablemente, bajo un clima de abundantes precipitaciones, muy distinto al clima imperante en esta región del país en la actualidad. El alto grado de redondeamiento y la gran heterogeneidad de su composición indica que fueron transportadas, a través de grandes distancias, en un medio acuoso.

Distribución y litología de la unidad superior

La unidad superior de depósitos aterrazados se distribuye muy localmente en toda el área y está mejor expuesta a lo largo de las quebradas Agua Chica y Pan de Azúcar. Los depósitos están constituidos por gravas de clastos angulosos y arena gruesa, no litificados, y cementados, localmente, por carbonato de calcio. Se exponen en afloramientos de 3 a 5 m de espesor en Quebrada Pan de Azúcar y de 10 a 15 m en Quebrada Agua Chica. La composición de los clastos y granos de arena corresponde a la de las rocas presentes en la cercanía inmediata, por lo que varía de un lugar a otro. Así, en una zona de afloramientos de rocas graníticas, los depósitos son de color blanco, constituidos por clastos graníticos y arenas de cuarzo y feldespato; en zonas donde aflora el Basamento Metasedi-

mentario, los depósitos muestran colores de tonos oscuros, siendo la composición de sus constituyentes de rocas metamórficas y así, sucesivamente.

En estos depósitos no se observa estratificación, sino lentes de material más grueso y más fino. En secciones de afloramientos, se reconocen antiguos canales y lentes parcialmente erosionados, cubiertos por material depositado en forma lenticular.

Edad de la unidad superior

La edad de estas acumulaciones es post-miocena por sobreyacer a la unidad inferior asignada al Mioceno. Se podría estimar una edad plio-pleistocena si se considera que su disección está asociado al descenso paulatino del nivel de base, ocurrido en esta parte del país desde el Plioceno (PASKOFF, 1977).

Condiciones de depositación de la unidad superior

La unidad superior se habría depositado en un ambiente climático árido, similar al actual y, evidentemente, continental. Los depósitos, constituidos por material que ha sufrido poco transporte, son esencialmente iguales a los que rellenan las quebradas actuales, en las que lluvias esporádicas provocan la acumulación de sedimentos sueltos, que caen de las laderas contiguas, y corrientes de barro, cuando las precipitaciones son más abundantes.

Depósitos de terrazas marinas (unidad informal)

Distribución, relaciones estratigráficas y litología

A lo largo de la costa del área de estudio se observan, localmente, remanentes de depósitos marinos aterrazados a 15 m sobre el nivel del mar, sobreyaciendo a rocas del Basamento Metasedimentario y a rocas intrusivas que afloran en esta zona. Hay además, tres niveles de terrazas de abrasión ubicados a una altura de 450 m, 250 m y 60 m sobre el nivel del mar, respectivamente. Estos niveles están representados por líneas punteadas en el mapa geológico.

Los depósitos marinos aterrazados corresponden a acumulaciones de arena, limo, coquina y localmente conglomerado, semi-litificados.

Edad y correlaciones

Las cuatro terrazas que afloran a lo largo de la costa del área de Pan de Azúcar, tres de abrasión superiores y una inferior de

deposición local, se correlacionan fácilmente con los cuatro niveles semejantes observados entre Chañaral y Caldera (MERCADO, 1977) donde, sin embargo, hay restos locales de depósitos marinos en los tres niveles inferiores. Asimismo, se correlacionan con cuatro niveles de depósitos marinos aterrazados descritos por HERM y PASKOFF (1967), en la Región de Coquimbo. Estos autores y después HERM (1969), dataron macro y microfaunísticamente los depósitos, asignándolos al Plioceno Superior, Pleistoceno Inferior, Pleistoceno Medio y Holoceno desde la terraza superior a la inferior, respectivamente.

La altura sobre el nivel del mar a que se encuentra cada terraza en Pan de Azúcar y Coquimbo varía a veces, notoriamente. Sin embargo, se puede correlacionar cada escalón e interpretar la incongruencia altimétrica como debida a una diferente estabilidad del continente, en su gradual solevantamiento, con respecto a una regresión pareja por efectos glacio-eustáticos. Sólo de Caldera a Pan de Azúcar, la variación de altura de la terraza de abrasión superior, es de 250 m.

Depósitos aluviales modernos Qal

En las quebradas actuales, existen depósitos aluviales formados por arena y gravas de clastos angulosos de diverso tamaño y composición. Estos sedimentos sin litificar se han depositado, principalmente, después de ser transportados por corrientes de aguas de lluvia ocasionales y por corrientes de barro causadas por lluvias torrenciales cada 10 o más años.

ROCAS INTRUSIVAS

El 50% del área de Pan de Azúcar está constituido por cuatro grupos de rocas intrusivas que varían en edad desde el Paleozoico al Jurásico Superior.

Granodioritas de Pan de Azúcar Pzgd (unidad informal)

Distribución y relaciones de contacto

Junto a la costa, en Quebrada Quiscuda, Cabo Falso Pan de Azúcar y hacia el sur de Quebrada Peralillo, afloran plutones que se denominan, informalmente, Granodioritas de Pan de Azúcar. Intruyen al Basamento Metasedimentario y son intruidas por el Batolito Cerros del Vetado que será descrito más adelante.

Petrografía

Los plutones corresponden a granodioritas de grano medio, de color gris claro y textura hipidiomorfa granular. Mineralógicamente, están constituidas por plagioclasa tipo oligoclasa en cristales subhedrales, a veces maclados y con alteración a sericita y levemente a clinozoicita, clorita y epidota; ortoclasa anhedral en parte micropertita; cuarzo anhedral con extinción ondulosa; biotita en cristales subhedrales, a veces alterada a clorita y epidota; anfíbola (hornblenda) con leve alteración a clorita. Los minerales accesorios corresponden a apatita, mineral opaco, circón, alanita y esfeno.

Edad

La edad de las Granodioritas de Pan de Azúcar sólo se puede estimar como post-carbonífera por haberse inferido una posible edad máxima carbonífera al Basamento Metasedimentario al cual intruyen. Sin embargo, se infiere una edad pérmica para las granodioritas, por considerarlas una fase magmática inicial del Batolito Cerros del Vetado, cuya edad pérmica se discute. Las relaciones de contacto entre los dos cuerpos observados en Quebrada Peralillo, contacto gradual con interdigitaciones, ausencia de metamorfismo de contacto y el hecho que el plutón esté totalmente rodeado e incluido en el Batolito Cerros del Vetado, apoyan la idea que sería la intrusión más antigua en el lugar y, probablemente, una fase inicial de aquel.

Batolito Cerros del Vetado Pzg (NARANJO, 1978b)

Definición

Inmediatamente al este del área de estudio, NARANJO (1979) definió el Batolito Cerros del Vetado como granitos que afloran típicamente en el lugar homónimo, intruyendo el Basamento Metasedimentario e intruido por plutones más jóvenes.

Distribución y relaciones de contacto

A lo largo del centro del área y en el sector sureste, afloran dos batolitos de características petrográficas similares, uno de los cuales constituye la continuación del Batolito Cerros del Vetado. Las rocas intruyen al Basamento Metasedimentario y al plutón granodiorítico de Quebrada Peralillo, a la vez que están cubiertas por las rocas de la Formación Agua Chica en la quebrada homónima e intruidas por los filones de Pan de Azúcar, que se describen más adelante.

Petrografía

Las rocas corresponden a granitos de grano muy grueso, de color blanco y de textura hipidiomorfa granular. Mineralógicamente están constituidas por cuarzo anhedral con extinción ondulosa y, a veces, fracturado; plagioclasa muy alterada a sericita; ortoclasa (microperitita); biotita que, con frecuencia, se presenta en aglomerados de cristales y parcialmente alterada a clorita y muscovita. Los minerales accesorios corresponden a mineral opaco, apatita y circón.

Edad y correlaciones

De acuerdo a las relaciones estratigráficas existentes en la zona de estudio, la edad del Batolito Cerros del Vetado sería, posiblemente, post-carbonífera por intruir al Basamento Metasedimentario y pre-triásica superior por estar cubierta por la Formación Agua Chica.

Fuera del área, los plutones se extienden al norte hasta el sur de Taltal, intruyendo también al basamento. En Quebrada Cifuncho están cubiertos por rocas sedimentarias triásicas de la Formación Cifuncho. En Caleta Cifuncho, unos 45 km al norte del área de estudio, ZENTILLI (1974) dató una muestra del batolito por el método K/Ar en biotita y obtuvo una edad mínima de $267 \pm 8,0$ m.a., que equivale al Pérmico en la escala relativa de VAN EYSINGA (1975). Esto concuerda con las relaciones estratigráficas observadas. Por lo tanto, se infiere una edad mínima pérmica para el Batolito Cerros del Vetado.

Hacia el oriente, como se expresó anteriormente, el Batolito Cerros del Vetado, definido por NARANJO (1978b), corresponde arealmente a la misma unidad. Hacia el sur, el batolito se correlaciona con el "Intrusivo de la Costa" que aflora entre Chañaral y Caldera (MERCADO, 1978c); y hacia el sur de Caldera, se extiende en forma intermitente, cubierto por sedimentos, en su mayoría eólicos, hasta el sur de Quebrada Totoral (MERCADO, 1978a) y posiblemente, hasta Huasco.

Es decir, se distingue en esta parte del país un "Batolito de la Costa" que aflora entre Taltal y Huasco que puede correlacionarse con otros plutones considerados del Paleozoico Superior que afloran, localmente, a lo largo de la costa desde Oficina Victoria ($21^{\circ}00'S$) hasta el sur de la Península de Mejillones ($24^{\circ}00'S$); desde Punta Lengua de Vaca ($30^{\circ}15'S$) hasta los alrededores de Los Vilos ($32^{\circ}00'S$); y luego, en forma continua, desde Quintero ($32^{\circ}45'S$) a Traiguén ($38^{\circ}15'$) (HIG, 1968).

Existe también, una franja oriental de intrusivos en la Cordillera de los Andes, asignada al Paleozoico Superior que se observa,

localmente, desde el norte de Chuquicamata ($21^{\circ}00'S$) hasta la Región de Coquimbo ($30^{\circ}15'S$) (HIG, 1968; MERCADO, 1979).

Condiciones de emplazamiento

El Batolito Cerros del Vetado y las Granodioritas de Pan de Azúcar son parte del "Batolito de la Costa" que, desde el área en estudio y hacia el sur, hasta Caldera (MERCADO, 1977), constituyen un cuerpo con cambios paulatinos en su composición, textura y relaciones con el Basamento Metasedimentario. Desde Caldera al norte, las rocas varían desde tonalitas de piroxeno a tonalitas en Obispio y Flamenco, granodioritas en Chañaral y granitos en Pan de Azúcar, a la vez que el tamaño de grano aumenta desde medio a muy grueso. Los contactos con el basamento son verticales y oblicuos en el sur y horizontales en Pan de Azúcar, donde se observa la presencia de grandes bloques desprendidos del techo y "hundidos" en los granitos.

Lo anterior permite interpretar una evolución magmática con fases más profundas y de diferenciación inicial en el sur y en el techo del batolito en el área de Pan de Azúcar.

Filones de Pan de Azúcar (unidad informal)

Distribución, relaciones de contacto y petrografía

Se denomina Filones de Pan de Azúcar a un conjunto de potentes filones de hasta 15 m de potencia, de orientación NNE-SSW y muy pocos de orientación WNW-ESE, que intruyen, preferentemente, al Batolito Cerros del Vetado y a las Granodioritas de Pan de Azúcar y, en grado mínimo, a la Formación Agua Chica y al Basamento Metasedimentario.

Los filones alcanzan su mayor potencia y número al atravesar al Batolito Cerros del Vetado en la zona de afloramiento central y sur; en cambio, en el sector norte son extremadamente escasos. Al atravesar las Granodioritas de Pan de Azúcar los filones se adelgazan a menos de la mitad de su potencia e incluso se acuan.

La orientación principal de los filones es paralela a la elongación del Batolito Cerros del Vetado.

Petrográficamente, los filones son andesíticos, afaníticos y porfíricos, con fenocristales de plagioclasa muy alterada a sericita y masa fundamental de feldespatos alterados a sericita, clorita, mineral opaco y escaso cuarzo.

Edad y correlaciones

Los filones de Pan de Azúcar se correlacionan con aquellos observados desde el sur de Taltal hasta Caldera (MERCADO, 1977); de composición basáltica y andesítica, y que intruyen a las rocas que afloran a lo largo de la costa entre esas localidades. La edad de los filones se puede precisar como jurásica inferior, post-sinemuriana, pues en Quebrada Cifuncho intruyen las rocas sedimentarias fosilíferas sinemurianas de la Formación Posada de los Tres Hidalgos y no, las volcánicas de la Formación La Negra, definida por GARCIA (1967), cuya base es post-sinemuriana a pre-bajociana (NARANJO, 1978a). Además, las edades radiométricas K/Ar en biotita, obtenidas por ZENTILLI (1974) al sur de Chañaral para muestras del "Intrusivo de la Costa" (Batolito Cerros del Vetado) y del Basamento Metasedimentario, en los que se han emplazado los potentes filones, son del Jurásico Inferior (176 a 191 m.a.), por lo que MERCADO (1977) considera esa edad como correspondiente a los filones y no a los intrusivos y al basamento, cuyas edades son claramente pre-triásicas como se ha discutido.

Condiciones de emplazamiento

Los filones de Pan de Azúcar se emplazaron, de preferencia, en el Batolito Cerros del Vetado y con una orientación aproximadamente paralela a su elongación. Fuera del área de estudio, desde Taltal hasta Caldera, los filones, en general, también son paralelos a los contactos del "Batolito de la Costa" variando de NW-SE a NE-SW, con sistemas subordinados de filones aproximadamente perpendiculares en algunas localidades.

Lo expuesto indicaría que la intrusión de los filones habría seguido una debilidad interna de la corteza, que se habría mantenido desde la intrusión del Batolito Cerro del Vetado, ya que los filones prácticamente no atraviesan el Basamento Metasedimentario ni las rocas depositadas directamente sobre él, como tampoco a gran parte de la Formación Agua Chica ni a la Formación Pan de Azúcar, al oriente del área. En cambio, en Quebrada Cifuncho, donde la Formación Cifuncho y, sucesivamente, las formaciones Pan de Azúcar y Posada de los Tres Hidalgos se apoyan sobre el batolito, aquellas están intruidas por los filones.

Batolito Sierra Minillas Jt (NARANJO, 1978b)

Definición y relaciones de contacto

El Batolito Sierra Minillas fue definido por NARANJO (1978b), inmediatamente al oriente del área de estudio; incluye dioritas y granodioritas que afloran, en su forma típica, en Sierra Minillas, en contacto intrusivo con la Formación La Negra, el Batolito Cerros del Vetado y el Basamento Metasedimentario. En el área de este estudio, el Batolito Sierra Minillas sólo intruye al basamento

Distribución y petrografía

Al norte de Quebrada Peralillo aflora un plutón, que constituye la continuación areal del Batolito Sierra Minillas e intruye al Basamento Metasedimentario sin provocar en él un visible metamorfismo de contacto.

Petrográficamente las rocas son tonalitas y granodioritas de color gris medio y de grano fino a medio, constituidas por plagioclasa alterada a sericita, feldespato potásico de textura poikilitica, incluyendo cuarzo, plagioclasa y anfíbola alterada; cuarzo en pequeños cristales, formando un agregado junto con cristales pequeños de plagioclasa, y feldespato potásico como masa fundamental; biotita alterada a clorita y epidota; anfíbola tipo hornblenda; piroxena en núcleos de anfíbola. Como minerales accesorios aparecen mineral opaco, esfeno, apatita y circón.

Edad y correlaciones

El Batolito Sierra Minillas forma parte de un "Batolito Central" más extenso reconocido, por ahora, desde Antofagasta (23°00'S) hasta Los Choros (29°00'S) (FERRARIS y DI BIASE, 1978; FERRARIS, 1978; ARABASZ, 1971; MERCADO, 1978c y 1978a; RUIZ, 1965). Este "Batolito Central" intruye a rocas pre-existentes por el occidente y está intruido por plutones más jóvenes hacia el oriente. Desde los 26°00'S hacia el sur, el batolito está, además, limitado al oriente por la Falla Atacama (MERCADO, 1978c). Petrográficamente, el batolito es bastante homogéneo, de composición mineralógica intermedia; los tipos más comunes son dioritas, tonalitas y granodioritas que, en la mayoría de los casos presentan cristales de piroxena como mineral característico aunque no muy abundante. Todos los autores se inclinan por asignar a las rocas de este "Batolito Central" una edad dentro del rango jurásico superior-cretácico inferior.

En el lugar donde fue definido, la edad máxima del Batolito Sierra Minillas se infiere como jurásica superior, en base a sus re-

laciones de intrusión con la Formación La Negra, y de edad mínima probable kimberidgiana (TOBAR, 1966). Su edad mínima sería cretácica inferior por estar intruido por plutones asignados a la parte alta del Cretácico Inferior, según resultados radiométricos de ULRICKSEN (in NARANJO, 1978b).

Fuera del área de estudio, al sur de Antofagasta, FERRARIS (1978) indica la presencia de rodados graníticos similares a las rocas de los intrusivos del "Batolito Central" en la Formación Caledonia Coloso, definida por BRÜGGEN (1950) y de edad titoniana a neocomiana.

Al sur, ZENTILLI (1974) obtuvo 8 edades radiométricas K/Ar en biotita y/u hornblenda para las rocas del "Batolito Central", entre Quebrada del Salado (26°20'S) y Canto del Agua (28°00'S), cuyos valores fluctúan entre 137 y 156 m.a. y corresponden al Jurásico Superior según la escala de tiempo de VAN EYSINGA (1975).

Los antecedentes expuestos permiten inferir una edad jurásica superior para el Batolito Sierra Minillas y para el "Batolito Central" en general.

Condiciones de emplazamiento

FARRAR y OTROS (1970), ZENTILLI (1974) y PITCHER (1974), pusieron en evidencia y describieron una migración de intrusivos desde el Paleozoico al Terciario, de oeste a este, en el norte de Chile y Perú. Si a esto agregamos la actividad hipabisal y volcánica registrada desde el Triásico, tenemos que el "Batolito Central" ocupa una posición intermedia, tanto en su localización como en su posición mineralógica y su edad, con respecto a los demás productos de la actividad magmática iniciada en el Mesozoico. Por lo tanto, se sugiere que el "Batolito Central" y el Batolito Sierra Minillas, que forma parte de él, corresponden a un cuerpo producto de una diferenciación magmática iniciada en el Triásico y que culminó, por lo menos, en el Cretácico Superior o Terciario Inferior (ver más adelante: Historia Geológica).

ESTRUCTURA

Pliegues

Además del plegamiento de las rocas del Basamento Metasedimentario mencionado, se observan pliegues en las rocas de las formaciones Agua Chica y Pan de Azúcar.

En las rocas de la Formación Agua Chica, en la quebrada homónima, son visibles dos sinclinales y un anticlinal, con ejes de orientación aproximada NE-SW.

Al interior de Quebrada Las Chilcas existe, en las rocas de la Formación Agua Chica, un sinclinal volcado de eje E-W y plano axial manteando al norte, como resultado de un sobreescurreimiento del Basamento Metasedimentario. Inmediatamente al sureste, se presenta un anticlinal suave con eje de orientación NE-SW a lo largo de Quebrada Pan de Azúcar y buzamiento al NE. Hacia el este y en el Cuadrángulo Las Bombas (NARANJO, 1978b), las formaciones Agua Chica, Pan de Azúcar y La Negra, mantienen una estructura monoclinual suave de manteo al este.

Fallas

En el área de estudio se presentan tres sistemas de fallas normales y un sistema de fallas inversas.

Las fallas normales se agrupan en sistemas N-S, NE-SW y NW-SE; este último presenta, en superficie, desplazamientos sinestrales de hasta 2 km, que afectan a la Formación Agua Chica, en el sector de la quebrada del mismo nombre.

Algunas fallas inversas de orientación aproximada E-W provocan sobreescurreimientos de norte a sur. Es primera vez que se describe para Chile un fallamiento inverso con esta orientación. En el sector norte de Quebrada Agua Chica, el Basamento Metasedimentario se dispone sucesivamente sobre la Formación Agua Chica mediante, por lo menos, tres fallas inversas de planos muy tendidos, con ángulos menores de 30° que mantean hacia el norte. Al interior de Quebrada Las Chilcas, el Basamento Metasedimentario sobreescurre, hacia el sur, a la Formación Agua Chica mediante una falla inversa de plano casi vertical.

Edad de Plegamientos y Fallamientos

No es posible precisar la edad de las estructuras observadas. Sólo se puede mencionar que son post-triásicas, por afectar a rocas de edad mínima triásica, a pre-miocenas, por no perturbar a sedimentos aterrizados de esa edad.

HISTORIA GEOLOGICA

Los antecedentes geológicos expuestos permiten reconstruir la siguiente historia geológica.

Durante el Devónico y/o Carbonífero, probablemente, se depositaron en un ambiente marino, sedimentos finos, areniscas y

lutitas, que presentan intercalaciones de calizas. Posteriormente, las rocas se deformaron y experimentaron procesos metamórficos de bajo grado (Basamento Metasedimentario).

Durante el Pérmico, se emplazaron cuerpos graníticos, representados por granodioritas (Granodioritas de Pan de Azúcar) y granitos (Batolito Cerros del Vetado) que corresponderían a la fase final de una diferenciación magmática. Estas rocas son parte de un "Batolito de la Costa", reconocido entre los 21°00' y los 38°15' de Lat. S.

Antes del Triásico Superior los granitoides quedaron expuestos por erosión.

Durante el Triásico Superior se desarrolló una actividad volcánica representada por tobas, conglomerados volcánicos y lavas andesíticas y dacíticas que se infiere hayan sido depositadas en un ambiente presumiblemente continental (Formación Agua Chica).

A principios del Jurásico, durante el Hettangiano Inferior, se produjo una transgresión marina, depositándose sedimentos calcáreos fosilíferos en un ambiente sub-litoral de baja profundidad (Formación Pan de Azúcar). Una actividad volcánica intermitente está evidenciada por coladas de lava andesítica intercaladas en las rocas calcáreas. Hacia el oriente (NARANJO, 1978a), se mantuvo el ambiente marino hasta el Sinemuriano Superior, cuando se intensificó el volcanismo hasta predominar durante el Jurásico Medio y Superior (Formación La Negra).

Mientras tanto, se aprecia, durante el Jurásico Inferior, una actividad magmática intrusiva, representada por potentes filones andesíticos que atraviesan, de preferencia, las rocas graníticas pérmicas y, en menor grado, las rocas del Basamento Metasedimentario. Es dable inferir comagmatismo entre esta actividad hipabisal y el volcanismo de la Formación La Negra.

A fines del Jurásico Superior, se produjeron intrusiones graníticas de composición intermedia (Batolito Sierra Minillas), al oriente de la zona de emplazamiento de los filones anteriores. Las rocas forman parte de un "Batolito Central" reconocido desde Antofagasta (23°00' Lat. S) a Los Choros (29°00' Lat. S).

Los dos grupos de rocas intrusivas mesozoicas mencionadas, corresponderían a los productos iniciales de una evolución magmática intrusiva, que se extiende hasta principios del Terciario.

En la zona de estudio no afloran rocas cretácicas ni del Terciario Inferior y hay que considerar la posibilidad que, durante ese tiempo, la zona haya constituido tierra emergida como lo es en el presente.

Durante el Oligoceno Inferior a Medio (CHARRIER y VICENTE, 1970) se produjo un movimiento tectónico que levantó, principalmente, el actual territorio andino, el cual comenzó

a erosionarse bajo un clima lluvioso (PASKOFF, 1977). Durante el Mioceno se depositaron secuencias conglomerádicas continentales (unidad inferior de depósitos aluviales de terrazas), de material proveniente del oriente, como consecuencia de la denudación de los terrenos solewantados. A medida que el ambiente climático se modificó a árido, como lo es en el presente, se acumularon depósitos de material, proveniente de las cercanías inmediatas, que sufrió poco transporte (unidad superior de depósitos aluviales de terrazas). Un descenso posterior del nivel de base, producido por levantamientos tectónicos y/o efectos glacio-eustáticos durante el Plioceno y Cuaternario, causó la disección de los depósitos dejando las terrazas colgadas. Asimismo, remanentes de depósitos de terrazas marinas y terrazas de abrasión marina se encuentran a distintas alturas sobre el nivel del mar, a lo largo del borde costero, indicando la posición de las antiguas líneas de costa.

En el presente, el transporte y la acumulación de materiales detríticos ocurre en las quebradas modernas.

AGRADECIMIENTOS

Colaboraron en este estudio: Luis Gómez, como conductor y ayudante de terreno; José A. Naranjo, Apolinario Díaz, Susana Mercado y Juan Maya, como acompañantes esporádicos; Adela Aguilar, revisó los cortes transparentes; Vladimir Covacevich, realizó el estudio paleontológico; Manuel Suárez, Jefe del Departamento de Geología General del IIG, revisó el trabajo de terreno y el texto final.

REFERENCIAS

- ARABASZ, W., 1971. Geological and geophysical studies of the Atacama fault zone in northern Chile. Ph. D. Thesis, California Institute of Technology, 264 p.
- BRÜGGEN, J., 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Inst. Geogr. Militar, Chile. 365 p.
- CECIONI, G., 1960. La zona con *Psiloceras planorbis* en Chile. Comunicaciones, Esc. Geol., Univ. Chile, 1 (1): 19 p.
- CHARRIER, R. y VICENTE, J.C., 1970. Liminary and Geosynclinal Andes: major orogenic phases and synchronical evolution of the Central and Magellan Sectors of the Argentine-Chilean Andes. Solid Earth Probl. Conf., Upper Mantle Project, (2): 451-470.

- CORVALAN, J., 1965. Geología General en Geografía Económica de Chile. Ed. Universitaria (texto refundido): 35-97.
- COVACEVICH, V., 1976. Observaciones paleontológicas sobre muestras provenientes de los cuadrángulos Pan de Azúcar y Chañaral, Atacama. Inst. Invest. Geológicas (inédito), 2 p.
- DARWIN, C., 1846. Geological observation of coral reefs, volcanic islands and South America. Voyage of the H.M.S. Beagle. 279 p.
- FARRAR, E., CLARK, A.H., HAYNES, S.J., QUIRT, G.S., CONN, H. and ZENTILLI, M., 1970. K/Ar evidence of the post-Paleozoic migration of granitic intrusion foci in the Andes of northern Chile. Earth Planet Sci. Letters, (10): 60-66.
- FERRARIS, F., 1978. Geología de la Cordillera de la Costa entre los 24°00' y 25°00' latitud sur, escala 1:250.000, Región de Antofagasta. Carta Geol. Chile, Inst. Invest. Geológicas, (26): 15 p.
- FERRARIS, F. y DI BIASE, F., 1978. Hoja Antofagasta, escala 1:250.000, Región de Antofagasta. Carta Geol. Chile, Inst. Invest. Geológicas, (30): 48 p.
- FUENZALIDA, H., 1965. Clima en Geografía Económica de Chile. Ed. Universitaria (texto refundido): 98-152.
- GARCIA, F., 1959. Informe geológico sobre viaje de reconocimiento a la parte norte de la Provincia de Atacama y sur de la Provincia de Antofagasta. Emp. Nac. del Petróleo. (inédito), 13 p.
- GARCIA, F., 1960. Notas geológicas sobre estratigrafía en la parte sur de la Provincia de Antofagasta y norte de Atacama. Emp. Nac. del Petróleo, (inédito), 12 p.
- GARCIA, F., 1967. Geología del Norte Grande de Chile. Soc. Geol. Chile. Symposium sobre Geosinclinal Andino, 1962, (3): 138 p.
- HERM, D., 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord-und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. Zitteliana, (2): 159.
- HERM, D. und PASKOFF, R., 1967. Vorschlag zur Gliederung der marinen Quartärs in Nord-und Mittel-Chile. N.Jb. Geol. Paläont. Mh (10): 577-588.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS, 1968. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000.
- JENSEN, O., 1976. Geología de las nacientes del Río Copiapó, entre los 27°53' y 28°20' de latitud sur, Provincia de Atacama, Chile. Memoria de Prueba, Depto. Geol., Univ. Chile, 249 p.
- MERCADO, M., 1977. Geología de la Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera. Memoria de Prueba. Depto. Geol. Univ. Chile, 73 p.
- MERCADO, M., 1978a. Avance Geológico de la Hoja Caldera. Escala 1:250.000. Región de Atacama. Mapas Geol. Prelim. de Chile, Inst. Invest. Geológicas, (1): 13 p.
- MERCADO, M., 1978b. Avance Geológico de las hojas Chañaral y Potrerillos. Escala 1:250.000, Región de Atacama. Mapas Geol. Prelim. de Chile, Inst. Invest. Geológicas, (2): 24 p.
- MERCADO, M., 1978c. Geología de la Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera. Escala 1:100.000, Región de Atacama. Carta Geol. de Chile, Inst. Invest. Geológicas, (27): 21 p.
- MERCADO, M., 1979. Recientes progresos del conocimiento geológico en la Provincia de Atacama, Chile. I Cong. Geol. Chileno, 1: A25-A44.
- MILLER, H., 1970. Vergleichende Studien an prämesozoischen Gesteine Chiles unter besonderer Berücksichtigung ihrer Kleintektonik. Geotektonische Forschungen, 36, (11): 1-64.
- MILLER, H., 1973. III Regionale Geologie. Neues zur Geologie von Chile. Zbl. Geol. Paleont. 1 (1-2): 76-140.
- MORTIMER, C., 1973. The Cenozoic History of the Southern Atacama Desert, Chile. Jour. Geol. Soc. London, (129): 505-526.
- NARANJO, J.A., 1978a. Geología del Cuadrángulo Las Bombas y sector Septentrional del Cuadrángulo El Salado, Región de Atacama. Memoria de Prueba. Depto. Geol., Univ. Chile, 117 p.
- NARANJO, J.A., 1978b. Geología de la Zona Interior de la Cordillera de la Costa entre los 26°00' y 26°20'. Escala 1:100.000. Carta Geol. de Chile, Inst. Invest. Geológicas, (34): 48 p.
- ORTIZ, F., 1960. Descripción litológica de la Formación Pan de Azúcar y de las rocas volcánicas subyacentes, Posada de Los Tres Hidalgos, Taltal. Observaciones de terreno hechas desde 20-30 Noviembre y 17-20 Diciembre, 1959. Inst. Invest. Geológicas (inédito), 16 p.
- PASKOFF, R., 1977. Quaternary of Chile: The State of Research. Quaternary Research, (8): 2-31.
- PHILLIPS, R.A., 1860. Viaje al Desierto de Atacama, en el verano de 1853-54. Publicación del Gobierno de Chile, Santiago, 236 p.

- PITCHER, W.S., 1974. The Mesozoic and Cenozoic Batholiths of Peru. *Pacific Geology* (8): 51-62.
- REUTTER, K.J., 1974. Entwicklung und Bauplan der chilenischen Hochkordillere im Bereich 29° südlicher Breite. *N. Jb. Geol. Paläont.*, 146 (2): 153-178.
- RUIZ, C., con la colaboración de AGUIRRE, L., CORVALAN, J., KLOHN, E. y LEVI, B., 1965. Geología y Yacimientos metálicos de Chile. *Inst. Invest. Geológicas*, 305 p.
- SEGERSTROM, K., 1959. Cuadrángulo Los Loros, escala 1:50.000. *Carta Geol. de Chile*, *Inst. Invest. Geológicas*, 1 (1): 33.
- SEGERSTROM, K., 1962. Paisaje maduro que se extiende al sur de la pampa del Norte de Chile y su relación con depósitos minerales. *Rev. Minerale*, 17 (79): 46-53.
- SEGERSTRÖM, K., 1968. Geología de las hojas Copiapó y Ojos del Salado, escala 1:250.000, Provincia de Atacama. *Bol., Inst. Invest. Geológicas*, (24): 58 p.
- TOBAR, A., 1966. Estratigrafía del área Baquedano-Rencoret, Provincia de Antofagasta. *Memoria de Prueba*, Depto. Geol., Univ. Chile, 69 p.
- ULRIKSEN, C., 1976. Geología de las hojas Cifuncho y Cerro del Pingo, Provincia de Antofagasta. *Inst. Invest. Geológicas* (inédito), 30 p.
- VANEYSINGA, F.W.B., 1975. *Geological Time Table 3rd. edition.* Elsevier Publishing Company. Amsterdam.
- WETZEL, W., 1927. Beiträge zur Erdgeschichte der mittleren Atacama. *N. Jahrb. Min. Geol. Pal.* 58, (B): 505-578.
- WILLIS, B., 1929. Earthquake conditions in Chile. *Carnegie Inst. Pub.* (382): 178.
- ZENTILLI, M., 1974. Geological evolution and metallogenetic relationship in the Andes of northern Chile between 26° and 29° South. *Ph.D. Thesis*, Queen's Univ. Kingston, 446 p.

FE DE ERRATA

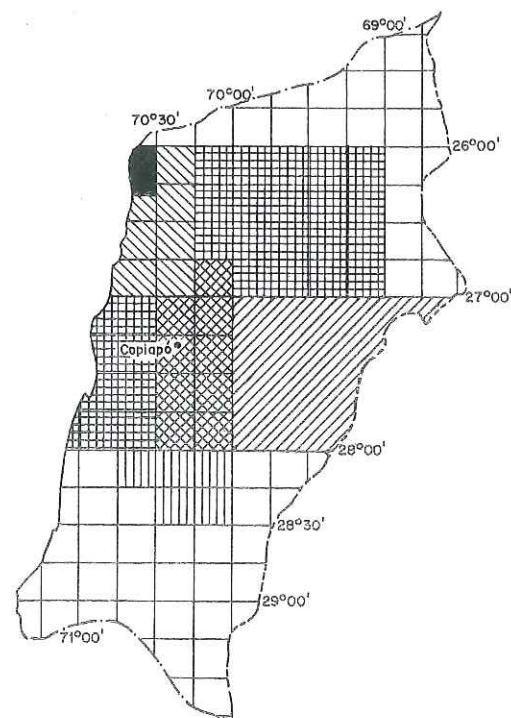
En el mapa geológico correspondiente a este texto, bajo el título Simbología, se omitió el símbolo









Falla inversa

Ing. Espinoza. Q.
 Guardaparque P.N. Pan de Azúcar

Carta Geológica de Chile
 REGION DE ATACAMA



-  Cuadrángulos publicados
Escala 1:50.000
-  Cartas N°27 y N°34. Escala 1:100.000
-  Hojas Copiapo' y Ojos del Salado.
Escala 1:250.000 (Boletín N°24).
-  En prensa.
-  Cartas preliminares.
-  Area de la presente publicación.
Escala 1:100.000.