

**CONTRIBUCIÓN A LA GEOLOGÍA DE LAS CUMBRES CALCHAQUIÉS Y SIERRA  
DEL ACONQUIJA (Tucumán - Catamarca)**

Por OSCAR J. RUIZ HUIDOBRO

SUMMARY

The paper presents the results of a recent geological mapping carried out by the author in the northern portion of the Sierras Pampeanas. The map-area, comprising approximately 4.130 square kilometers (quadrangle 11e, Santa María), includes parts of de ranges of the Sierra del Aconquiya, Cumbres Calchaquíes and Sierra del Cajón.

The area is underlain by metamorphic and sedimentary rocks ranging in age from Precambrian to Recent. The oldest rock formations consist of a series of phyllites and migmatites with occasional limestone bodies intruded by granites and pegmatites.

The Cretaceous and Tertiary continental deposits are exposed between fractured blocks in the eastern part of the Santa María Valley as well as in the eastern part of the quadrangle.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es parte de uno más extenso que se refiere al relevamiento geológico de la Hoja 11e (Santa María) llevado a cabo, de manera interrumpida, durante cinco meses de los años 1955 y 1962.

En los trabajos de campo, durante la primera campaña, prestó colaboración el señor Juan C. Porto, del Instituto "Miguel Lillo". En las tareas de gabinete colaboraron los Dres. F. Sesana y E. Llambias, con la descripción al microscopio de algunas rocas ígneas y metamórficas.

El autor disponía de un mapa topográfico en escala 1:100.000 que permitió un reconocimiento muy general de los 4.100 km<sup>2</sup> de superficie que abarca la hoja.

El autor agradece a las autoridades del Instituto Nacional de Geología y Minería, el haber autorizado la publicación de este trabajo.

### A. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de la región está caracterizada, como se puede apreciar en el mapa geológico, por rocas de distinta naturaleza y edad que constituyen los grupos geológicos siguientes:

I. Basamento cristalino integrado por rocas metamórficas, plutónicas e hipabisales que cubren gran parte de la superficie de la hoja y que predominan en la Sierra del Aconquija, en las Cumbres Calchaquíes y en la sierra del Cajón.

II. Una serie de formaciones sedimentarias referidas al Mesozoico alto y al Terciario superior.

III. Rocas volcánicas, cuya aparición queda circunscripta a los reducidos afloramientos ubicados entre el cerro El Zarzo y el Alto de Muñoz de la sierra del Aconquija.

IV. Los depósitos aluvionales del Cuaternario que rellenan el valle de Santa María y el valle del Tafi.

Sobre el basamento precámbrico se apoya en discordancia angular la Formación Las Cañas, en el borde oriental de las Cumbres Calchaquíes, y la Formación Yacomisqui en la ladera occidental de la elevación citada (Hoja 10e, Cafayate) y en el extremo norte de la sierra del Aconquija, frente al río Amaicha. Como no se tiene seguridad de que estos sedimentos correspondan a una misma formación geológica, se los ha separado en dos formaciones, pero probablemente correspondan a un mismo ciclo sedimentario ubicado en el Cretácico.

La formación Yacomisqui, nombre propuesto por Galván y Ruiz Huidobro (4, pág. 2), está desconectada de las formaciones que integran el grupo Santa María, referidas en el trabajo citado al Terciario superior.

La cubierta sedimentaria mesozoico-terciaria, que aflora a todo lo largo del valle de Santa María, ha sido tratada extensamente en el trabajo citado; por lo tanto, se hará mención sólo de aquellas formaciones que no han sido descritas.

En el cuadro estratigráfico de la Tabla siguiente se resume la constitución geológica de la Hoja.

CUADRO ESTRATIGRÁFICO

	Formación	Litología	Espesor (en m)
CUARTARIO	Las Mojarras	Depósitos arenosos, loésicos, etc., poco disectados .....	100
	Caspichango	Depósitos de acarreo, fanglomerádicos (3er. nivel) .....	20
	Las Salinas	Depósitos de acarreo, fanglomerádicos, terrazados (2º nivel) .....	20?
	La Mesada	ídem 2º (1er. nivel) .....	30
..... DISCORDANCIA .....			
TERCIARIO GRUPO SANTA MARIA	El Zarzo	Brechas volcánicas, etc. ....	?
	Zanja del Molle	Conglomerados de rocas volcánicas graníticas y metamórficas .....	600
	Los Corrales	Conglomerados de rocas volcánicas ....	100-120
	Yasyamayo	Limos, calcarenitas, etc., con <i>Corbicula</i> sp. y gasterópodos .....	80?
	Andalhuala	Areniscas, limos, etc., con cineritas. Mamíferos fósiles .....	1.200
	Las Arcas	Conglomerados finos, areniscas, etc., rojo ladrillo .....	650
	Lorohuasi	Areniscas, limos, etc., gris verdosos. Restos vegetales .....	400
	San José	Arcilitas, margas, etc., con <i>Corbicula</i> sp. y rstos vegetales .....	200-230
	Saladillo	Areniscas, limos, etc., de color gris rosado .....	40
..... DISCORDANCIA .....			
CRETÁCICO?	Yacomisqui	Limolitas, arcilitas, areniscas y conglomerados brechosos, calcáreos; yesíferos y con manganeso. Colores: gris, verde, pardo rojizo y amarillento.	500?
	Las Cañas		
..... DISCORDANCIA .....			
PRECÁMBRICO	Basamento	Rocas leucoeráticas. Cuerpos graníticos. Cuerpos graníticos migmatíticos sintectónicos.	
	Cristalino	Rocas magmático-metamórficas (migmatitas, etc.). Filitas cuarzo-micáceas, filitas bandeadas; micacitas granatíferas, etc. Calizas.	

### I. *Basamento cristalino*

La sierra del Aconquija, las Cumbres Calchaquies y la Sierra del Cajón están constituidas casi totalmente por rocas metamórficas, ígneas intrusivas y rocas de mezcla (migmatitas) producto de la inyección magmática. Estas últimas rocas son las más abundantes. Los cuerpos intrusivos van desde el tamaño de "stock" hasta filones pequeños, estos últimos directamente asociados con la inyección magmática y probablemente son los responsables de la migmatización de roca de caja.

Como no es seguro separar en Formaciones el complejo del basamento se ha preferido describirlo teniendo en cuenta el concepto petrográfico.

#### a) ROCAS METAMÓRFICAS.

Las rocas metamórficas son poco variadas. Predominan las filitas sobre las micacitas.

El complejo metamórfico está compuesto, principalmente por filitas y en menor proporción por micacitas. El aporte magmático, gran parte probablemente de origen pegmatítico, ha determinado una serie de tipos dentro de estas dos rocas clásicas.

Los distintos tipos de rocas esquistosas que se ha estudiado en la Hoja son: a) micacitas biotítico-muscovíticas; b) filitas cuarzosas biotíticas y c) filitas cuarzosas bandeadas.

Las micacitas granatíferas aparecen en el flanco occidental de la sierra del Aconquija desde el Morro del Zarzo, borde sur de la Hoja, hasta el puesto Yutuyaco. La proporción de granate es mayor en la zona del Morro Nuñorco de San Juan, del Morro de Bernardo y del Morro del Zarzo. Las micacitas, además, están inyectadas; destacándose el cuarzo y el feldespato que se presenta, por lo general, de color blanquecino. La inyección es tan intensa que en muy pocas zonas es posible reconocer la textura original de la roca, por lo que resulta difícil su clasificación. La inyección es particularmente notable en el río Blanco, quebradas Piedra Pintada y Honda y ladera austral del Alto de Muñoz.

Las filitas cuarzosas biotíticas son el tipo predominante. Forman todo el grupo de cerros, sierras y elevaciones menores de las Cumbres Calchaquies, que cubren el tercio oriental de la Hoja, ubicado al naciente de la línea estructural Amaicha-Tafí del Valle-El Mollar, que separa este ambiente del grupo de la Sierra del Aconquija. En esta zona también están presentes las filitas bandeadas, aunque ocupan una área reducida dentro del conjunto.

En la sierra del Cajón, zona septentrional de la Hoja, hay filitas cuarzosas micáceas de color pardo oscuro. La estructura esquistosa está determinada por la orientación de la mica. Al microscopio se observan bandas producidas por la asociación de blastos de cuarzo de distinto tamaño.

En la zona central y sur de la Sierra del Cajón se observan filitas cuarzo-micáceas de color gris verdoso con planos de esquistosidad bien marcados. Los planos de exfoliación presentan el brillo característico de la mica. Las superficies de exfoliación muestran una concentración de este mineral mucho mayor que la promedial de la roca, donde el cuarzo es el mineral dominante.

### *Sierra del Aconquija.*

#### 1. Falda occidental.

En la falda occidental de la sierra del Aconquija predominan micacitas biotíticas y/o muscovíticas que por lo general están muy inyectadas. La presencia de granate en las micacitas es característica para esta área, predominando en la zona de los morros Nuñorco de San Juan y de Bernardo y Alto de Runiarco. La concentración de granate disminuye hacia el Puesto Los Ciegos y Morro Los Zarzos, en el sur; y hacia el puesto de Piedra Pintada (límite Tucumán-Catamarca), en el este.

El granate es muy abundante en esta área y no siempre es reconocible a simple vista. Presenta su color rojo característico, de contornos subidiomorfos y textura cribosa. Los cristales están asociados a la mica, que los incluye en forma de nidos. En el puesto Flores Amarillas, unos 3 km al norte del puesto Quebradero, las cuarcitas granatíferas presentan esquistosidad bien marcada. El rumbo de la esquistosidad es N 50° W y el buzamiento es hacia el sudoeste. La inyección es de cuarzo y feldespato potásico. Diques pegmatíticos cruzan la micacita en puesto Quebradero con rumbo N 20° W.

En el faldeo occidental del morro de Los Venados sobresalen, del acarreo de rocas volcánicas, crestones de micacitas inyectadas de R 15° W. Próximo a Las Cuevas se observa un dique lamprofírico (hornblendita? muestra n° 7).

## 2. Falda Oriental.

En el nacimiento de las quebradas que bajan al Campo de las Carreras próximo a El Mollar, las micacitas están muy inyectadas (migmatitas), siendo el aporte pegmatítico rico en feldespatos potásico y mica. Los filones de pegmatita son más abundantes a medida que se desciende hacia el valle y particularmente notables en la mitad de la ladera oriental, conjuntamente con filones de granito gris, que predominan en la quebrada del río Blanco. Las micacitas presentan también inyección nodular de feldespato blanquecino cruzado por venitas de hasta 2 cm de ancho de una asociación de cuarzo y turmalina.

En la Ciénaga Grande, al norte de cerro Muñoz se ha observado un filón pegmatítico que cruza a un filón de granito gris con rumbo 20° hacia el este. Los filones de pegmatita son notables en la quebrada Piedra Pintada y por lo común son paralelos a la esquistosidad de la roca de caja, de rumbo N5°E y buzamiento hacia el naciente.

Las mismas características presenta la sierra en todo su extremo norte desde el Campo de Mucheta, donde la facies de granate comienza a insinuarse, hasta Macho Huañhusca, lugar por el que por otra parte, pasa una de las fracturas principales que separan la sierra del Aconquija de las Cumbres Calchaquíes.

Las micacitas son por lo general biotíticas, sin embargo presentan abundante muscovita en aquellas zonas donde hay intrusiones graníticas y pegmatíticas. La presencia de muscovita está indudablemente vinculada con estas intrusiones y es debida a un proceso de metasomatismo con soluciones ricas en potasio. Poseen una esquistosidad bien marcada y estructura de corrugamiento (pseudo ondulitas) en aquellas zonas donde predomina la inyección que, como se puede observar en las fotografías de la lámina, son de tipo lit-par-lit, nodular o difusa.

### *Cumbres Calchaquíes.*

En las Cumbres Calchaquíes, así como también en la zona del cerro Nuñorco, predominan las filitas, cuarzosas y/o micáceas, que en ciertas áreas presentan un bandeo característico (los esquistos listados de Rasmuss). Este tipo litológico, estudiado por González Bonorino en las Hojas 12e Aconquija (6) y 13e Villa Alberdi (5) es muy característico en la zona alta de las Cumbres Calchaquíes, cerro Alazán, lagunas de las Amaicheñas y de Vaca Huasi, puestos El Pelado y del Zarzo y Ciénaga Ama-

rilla. Además se destacan en la falda occidental de la cumbre de Tafí del Valle (Los Cuartos) hasta La Angostura.

En la cañada del Alazán y en el cerro Negrito afloran micacitas finas, biotíticas, con abundante cuarzo y feldespato y con estructura bandeada que es notable a simple vista.

En la ladera occidental del cerro Alto Grande, próximo al puesto de Pedro Díaz, aflora un esquisto con abundante biotita, cuarzo y feldespato, y con porfiroblastos de sillimanita, que se presenta en forma de nódulos brillantes y agregados fibrosos de color blanquecino y brillo nacarado característico.

En el ambiente de las Cumbres Calchaquíes podemos distinguir regiones con características algo diferentes, por lo que las trataremos en forma individual.

### 1. Área de la Cumbre y faldas occidental y oriental.

En la cañada del Alazán, que baja del Negrito al Infiernillo, afloran esquistos cuarzo-micáceos bandeados. El bandeo es muy uniforme, y en algunas muestras las bandas de biotita están separadas hasta 1 cm. Esta roca es la que Stelzner denominó mica esquistos listados, nombre que adoptó Rassmuss considerándola como característica de región situada entre Monteros y Tafí del Valle (10, pág. 49).

El espesor del bandeo es por lo general de 2 y 3 mm, sin embargo es muy variable según las bandas sean cuarzosas o biotíticas. Las bandas biotíticas poseen una proporción de biotita que puede llegar hasta el 70 % según González Bonorino (4, pág. 18).

La composición mineralógica de esta roca es: cuarzo y mica, como predominantes. El feldespato cuando está presente, alcanza un porcentaje muy reducido.

En una muestra extraída de la falda occidental del Alto de los Cardones se nota al microscopio una sucesión en el bandeamiento producido por el diferente tamaño de los blastos de cuarzo, que alternan de décimas de milímetros hasta 1,5 milímetros, aproximadamente. A la parte más menuda de las fajas cuarzosas se asocian hojuelas de mica orientadas como el cuarzo. Esta disposición de la mica comunica a la roca una esquistosidad marcada, que es transversal en la estratificación original de la roca. Esto último ha sido también advertido por González Bonorino en la sierra del Aconquija sur (6, pág. 18), quien puntualiza que "la esquistosidad transversal está mejor desarrollada donde la deformación de los esquistos ha sido más intensa".

En la zona de las Lagunas de Vaca Huasi y de las Amaicheñas las filitas bandeadas están invadidas por cuarzo, cuya superficie está teñida de rojo.

En la zona de la Ciénaga Amarilla y río del Pajonal, al norte, afloran las filitas bandeadas ya descritas para otras zonas.

En las zonas de Las Cañas, Chaquivil y La Hoyada, es decir la zona noreste, afloran esquistos menos inyectados que las áreas descritas anteriormente.

Si bien está el "stock" granítico de Chaquivil, de tamaño considerable, la roca de caja ha sido poco modificada por esta intrusión, por lo que conserva sus caracteres originales.

Las rocas son filitas sericíticas y cuarzosas, que alternan con pizarras de color gris, verdoso y amarillento. La esquistosidad es bien marcada y el bandeado más bien fino en esta área.

El aporte de cuarzo disminuye hacia esta zona, donde no hay intrusiones graníticas en cuerpos pequeños como sucede en la zona alta de las cumbres Calchaquies.

En algunas áreas los esquistos se presentan con escasa inyección o sin ella (Las Cañas, San José, La Hoyada) y con estructura astillosa, que recuerda a las filitas y pizarras de la sierra de San Javier y del basamento salteño.

## 2. Área del cerro Nuñorco Grande y del sudeste de la Hoja.

En el cerro Nuñorco Grande un cuerpo granítico está intruido en las filitas cuarzosas con venas cuarzo-feldespáticas ("arteritas" de Rasmuss). La roca de caja es similar a la que se puede ver en la quebrada de Los Sosa o río de la Angostura. Por partes la filita es muy micácea, biotítica; y las láminas de la biotita son de mayor tamaño que el resto de los componentes.

Entre Durazos Blancos y La Casita afloran las filitas cuarzosas, sólo que presentan una mayor inyección granítica. En esta misma zona, en las quebradas de Caspinchango, Cañas Horeones y Los Chorros están presentes las filitas cuarzosas biotíticas con estructura algo bandeada, pero no tan marcada como en La Angostura. Las rocas que se describen han sido intruidas por cuerpos de granodiorita y granito aplítico.

### *Sierra del Cajón.*

Esta unidad morfoestructural tiene una composición litológica uniforme en toda su extensión, salvo pequeñas variaciones debidas al mayor o menor aporte ígneo. Los primeros afloramientos de basamento se encuentran en la boca de la quebrada del Sapo (cota 2.550). Son filitas micacíticas de color gris verdoso con planos de esquistosidad bien marcados. Un rasgo característico en esta sierra es la presencia de filones concordantes de pegmatita rica en feldespató rosado, pero sin mica y con turmalina como mineral accesorio.

A cota 2.800 y 3.100 las filitas están inyectadas por cuarzo, que se dispone en venas paralelas a la esquistosidad.

Estas mismas filitas muscovíticas de color gris verdoso, que carecen relativamente de aporte ígneo, son las que afloran en la parte alta de la sierra, en la quebrada de Cashuan (cota 3.440) y sobre la cumbre, hasta el Morro del Iral, donde se observan numerosos cuerpos de pegmatita con mica y turmalina. En la quebrada de Lanchi, desde su nacimiento en el abra de Casas Viejas hasta la boca de la quebrada (cota 2.400), afloran filitas biotíticas (cloríticas?) de color gris o violáceo. En la falda oriental, a igual cota que en la quebrada del Sapo, los filones de pegmatita son notables.

En la falda oriental del extremo norte de la sierra del Cajón, afloran micacitas filíticas, con sus planos de esquistosidad casi horizontales y a menudo ocupado por filones capas de pegmatita, ricos en cuarzo y feldespató blanco, y como siempre, con turmalina.

En la mitad de la falda oriental el tamaño del grano disminuye hasta dar una filita micacítica cuarzosa que está muy inyectada por cuarzo, con venas paralelas a la esquistosidad (tipo "lit-par-lit"). Más hacia arriba, próximo a la cumbre, la inyección se presenta en forma nodular, con meta-cristales de oligoclasa que se disponen en rosario y paralelos a la esquistosidad.

Como hemos indicado el color predominante de estas rocas es gris verdoso en fractura fresca. Además, los planos de exfoliación son brillantes por la presencia de la mica, que está orientada. El tamaño de laminillas es de 1 mm a 0,2 mm predominando las de medio milímetro. Los planos de esquistosidad son por lo general rectos. De las micas, la más representativa es la biotita. La muscovita en menor proporción, por lo general se presenta alternando con biotita y entre los granos de cuarzo, mineral que, aunque no parezca, es el dominante en la roca. Muchas veces la roca pre-

senta áreas en forma de bandas producidas por los blastos de cuarzo que se presentan asociados en individuos de diferente tamaño. La descripción microscópica indica que el cuarzo forma un agregado microblástico con ensamblamiento de individuos mayores; no advirtiéndose extinciones ondulares intensas.

El feldespato es exclusivamente *oligoclasa* que se presenta en individuos tabulares, de tamaño similar al cuarzo. La proporción de oligoclasa, que por otra parte se acomoda según la disposición del cuarzo, es relativamente baja.

En las muestras estudiadas al microscopio se ha encontrado como accesorios escasos, apatita y óxido de hierro (magnetita).

#### b) LAS CALIZAS CRISTALINAS DE LAS CUMBRES CALCHAQUÍES.

La primera noticia publicada acerca de la existencia de calizas cristalinas en las Cumbres Calchaquíes corresponde a Danielli<sup>1</sup>.

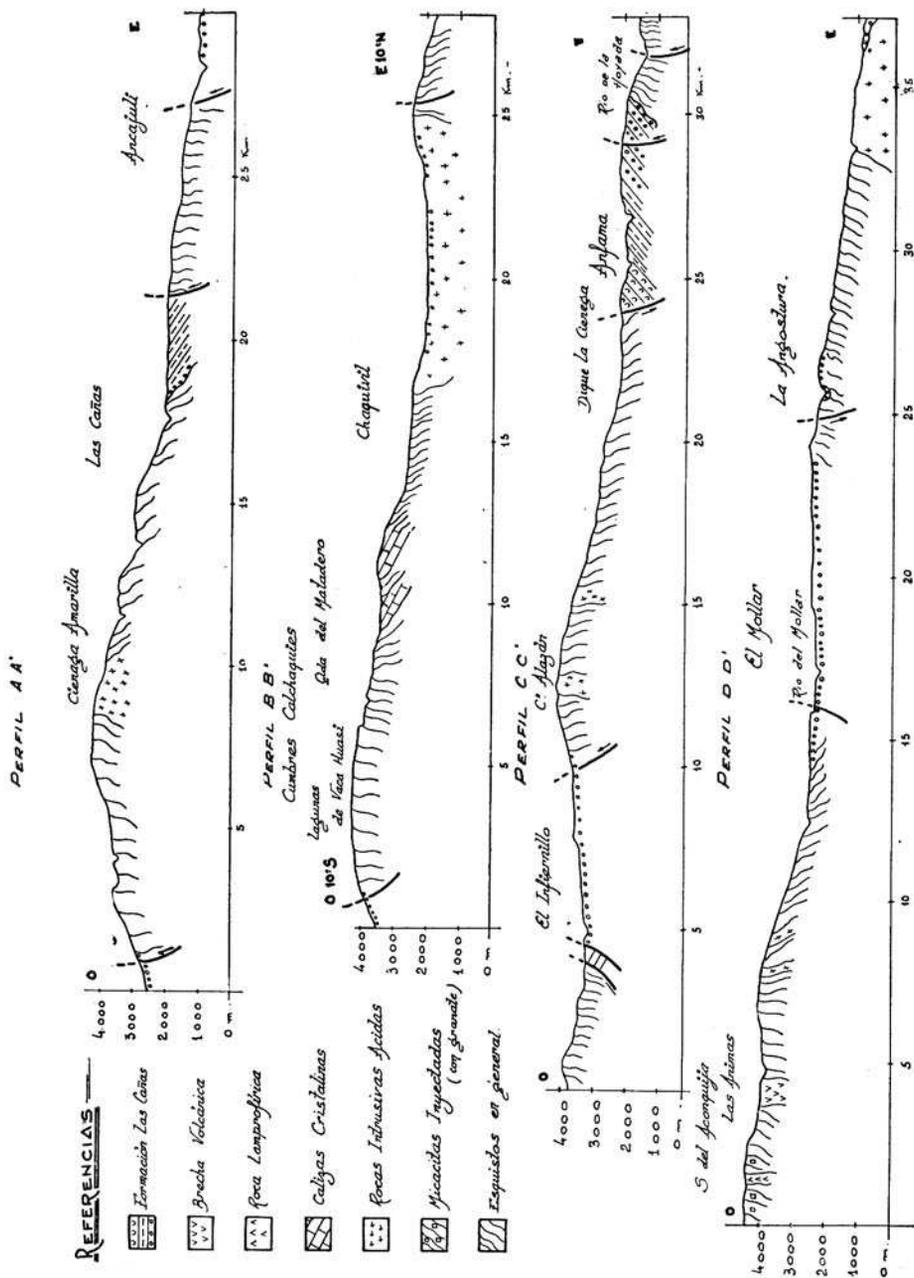
Los afloramientos de caliza cristalina se encuentran en el faldeo oriental de las Cumbres Calchaquíes, más precisamente en el Cerro Alto de La Mina y en el morro Peñas Azules, al noroeste del puesto La Queñoa. El depósito de Peñas Azules, que ha sido reconocido con más detenimiento, se presenta como un manto con buzamiento hacia el este, con un valor de inclinación de 30°. En conjunto la roca presenta un color gris, algo azulado, debido a la meteorización superficial y a la presencia de películas de líquenes (lám. 14 figs. 2 y 3). Las calizas presentan estructura granosa, más bien gruesa; y son por lo general, de color blanquecino, aunque se ha comprobado la presencia de caliza negra de grano fino y estructura finamente bandeada. Como mineral accesorio se reconoce macroscópicamente grafito; algo de pirita y limonita.

Al microscopio es posible reconocer, además de grafito, limonita y pirita, sílice, anfíbol y/o piroxeno. Al golpearlas con el martillo algunas muestras despiden un olor fétido característico.

La caliza de Peñas Azules se presenta como un cuerpo concordante con la roca de caja, que aquí es un granito migmatítico (gneíssico) que aflora en la cumbre y en todo el faldeo occidental. Está intruida por filones de pegmatita turmalínífera, que a veces presenta nidos de berilo.

Las calizas están muy diaclasadas y muestran los efectos de una prolongada denudación.

<sup>1</sup> DANIELLI, C. A.: Noticia preliminar sobre el hallazgo de un yacimiento de caliza cristalina en la prov. de Tucumán. Inst. Miguel Lillo, Acta geol. lilloana, 4: 135-146.



En la ladera oriental las calizas tienen rumbo N 30° E inclinación 30° E; mientras que el faldeo austral, sobre la senda que va a los Valles, el rumbo es N 60°-80° E y buzamiento hacia el sur.

El depósito de cerro Alto de la Mina está ubicado en las nacientes del valle de La Cañada de la Mina, y se presenta según los estudios de Danieli, "como un impresionante semicírculo con un diámetro que alcanza aproximadamente 1 km y un desnivel vertical de unos 100 metros". Hacia el norte se mantiene visible hasta unos 500 m, no conociéndose su límite, pues no fue posible en aquella oportunidad reconocerlo totalmente.

En Peñas Azules se ha estimado que el cuerpo calizo tiene una longitud de unos dos kilómetros, un ancho de 1.000 a 1.500 metros y un espesor de unos 50 metros, por lo menos en su extremo septentrional. Las reservas visibles de este yacimiento estarían en el orden de los 250 millones de toneladas, después de descartar un 25 % correspondiente al material estéril.

#### e) ROCAS INTRUSIVAS.

Las rocas intrusivas que afloran en la región pertenecen casi exclusivamente al grupo de las rocas ácidas, cuyos representantes más conspicuos son granitos y pegmatitas. Hay algunos diques lamprofíricos y de basalto en la Sierra del Aconquija, borde sur de la Hoja. Las rocas graníticas se presentan, generalmente, como cuerpos alargados y de poco espesor, concordantes con el complejo metamórfico. Hay, sin embargo, cuerpos de mayor tamaño como el granito de Chaquivil y cuerpos que se extienden en una sola línea, como si fueran apófisis de un cuerpo más grande, ubicado en profundidad, desde el C° Pabellón hasta más allá de la Ciénaga Amarilla (Cumbres Calchaquíes). Otro cuerpo similar en tamaño al que aflora en las Cumbres Calchaquíes, es el del cerro Nuñoreo Grande y su prolongación norte en la Loma Pelada, y el cuerpo granodiorítico en la confluencia de los ríos Caspichango y los Chorros, ubicado en el esquinero sudeste de la Hoja. Finalmente, en toda la sierra del Cajón tenemos un solo cuerpo de unos 5 km de longitud, ubicado en Los Tres Cerritos, frente a la localidad El Desmonte.

#### *El Granito de Chaquivil.*

El stock granítico de Chaquivil es el más grande de la Hoja. Se presenta como un cuerpo discordante con la roca de caja, que es una filita cuarzosa de color gris amarillento. Este cuerpo tiene 14 km en sentido NE-SW y unos 5 km en su parte más ancha, al norte de Chaquivil. Es

un granito adamellítico, de color gris y de grano mediano a grueso. A veces presenta un ligero tono violáceo dado por el cuarzo. El microclino y la oligoclasa muestran similitud en su proporción; el cuarzo se presenta con sus caracteres habituales y sin anomalías ópticas, pero de menor tamaño que el feldespato.

En las zonas marginales del granito, así como también dentro de él, existe una gran cantidad de diques de rocas leucocráticas o diasquistas, de textura y composición variables. Estos diques son particularmente notables en el borde oeste y sur del cuerpo granítico, principalmente entre el río Chaquivil y el puesto La Ciénaga. La composición es cuarzo y microclino, principalmente; poca albita y muscovita; turmalina es el mineral accesorio más común; berilo, excepcionalmente (río Duraznillo, Anfama, río La Queñoa, etc.).

Algunos individuos de feldespato tienen un tamaño de 5-7 mm. La biotita distribuida en forma irregular o en concentraciones entre los otros componentes. En conjunto la roca de la sala de Chaquivil presenta una muy ligera lineación. Aquí se trata de una tonalita.

#### *Los cuerpos graníticos de las Cumbres Calchaquíes.*

En la parte elevada de las Cumbres Calchaquíes desde el cerro Pabellón, frente a Tafí del Valle, hasta la Ciénaga Amarilla, al norte de la Hoja, afloran una serie de cuerpos lenticulares de composición esencialmente granítica, separados por paquetes de esquistos. Estos cuerpos presentan una foliación paralela al rumbo de los esquistos.

En el faldeo oriental del cerro Negrito se estudió un cuerpo de una roca porfiroide que en el campo se clasificó como granito, pero que resultó ser una granodiorita, es decir una roca con textura granosa panalotriomorfa con áreas netamente gneíssicas. Se destacan porfiroblastos de microclino, de color blanquecino, que alcanzan un promedio de 2-3 cm de longitud. Este componente potásico está subordinado a la plagioclasa (oligoclasa), de hábito tabular y superficie límpida o débilmente alterada en hidromuscovita. El cuarzo, por su proporción, es el componente de mayor difusión. La relación microclino: oligoclasa es variable. Así tenemos que en el cuerpo de La Queñoa (Peñas Azules) el componente más representativo por su proporción y desarrollo, es el microclino, estando restringida la oligoclasa con respecto a él.

En el cerro Pabellón aflora el mismo tipo de intrusión descripta; es decir una granodiorita porfiroide, biotítica, con porfiroblastos de feldespato rosado.

El límite oriental de uno de los cuerpos, posiblemente el mayor, pasa por el puesto de la Ciénaga Amarilla, notándose que la roca ha sido invadida por material ígneo en un ancho de un kilómetro.

Estos cuerpos lenticulares, que tienen más relación con los procesos de metamorfismo que con los ígneos, pueden ser considerados como los responsables de la migmatización de la roca de caja.

#### *Granito del cerro Nuñorco Grande y Loma Pelada.*

El granito del cerro Nuñorco y su prolongación norte en la Loma Pelada o el Alto, es un granito muscovítico de grano fino a mediano, equigranular y de color gris.

Sus componentes esenciales son cuarzo, feldespato potásico, oligoclasa y muscovita. Como accesorio hay granate.

En la Angostura hay cuerpos lenticulares de granodiorita de color gris rosado, biotítica; de grano grueso a porfiroide. Estructuralmente la muestra (48) mantiene los mismos caracteres que el granito de Chaquivil, sólo que hay un incremento de la plagioclasa (oligoclasa) en relación al microclino. Como productos secundarios, además de la descomposición arcillosa-sericítica, hay epidoto.

Agua abajo de Angostura, a cota 1.180, hay un cuerpo lenticular de una roca intrusiva de color gris, porfiroide, rica en biotita, que se presenta en láminas de tamaño mayor. Los otros constituyentes principales son cuarzo y oligoclasa, por lo que la roca ha sido clasificada como *tonalita*. La roca tiene una textura granosa panalotriomorfa, parcialmente cataclástica. El cuarzo muestra como principal característica una fuerte extinción ondulada y constituye áreas bastante extensas con estructura cataclástica pavimentosa. Los caracteres señalados en el cuarzo que están ausentes en los feldespatos y mica pueden ser atribuidos a penetraciones silíceas de tipo migmatítico. El carácter migmatítico se acentúa en un cuerpo lenticular de La Aguadita, próximo al Campo de Las Carreras, donde se puede observar una foliación marcada debida a la distribución de la mica. La estructura gneissica es notable a simple vista.

En la confluencia del río Los Chorros con el río Caspinchango aflora un cuerpo de unos 4 km de ancho clasificado como granodiorita (muestra n° 105). En esta roca la plagioclasa está totalmente reemplazada por sericita. El cuarzo es abundante; si bien fracturado no presenta signos de haber sufrido presiones elevadas. El microclino se presenta fresco y en menos proporción que la plagioclasa. En esta misma zona hay cuerpos más pequeños de un granito aplítico, probablemente producto de las facies

aplíticas. Este granito se diferencia de los anteriormente descriptos por el tamaño reducido de sus componentes. Se trata de un granito equigranular con muscovita y sin biotita; y con estructura granosa panalotriomorfa de grano fino.

d) ROCAS HIPABISALES (pegmatitas, aplitas, filones de cuarzo, etc.).

En casi toda el área de la Hoja 11e, Santa María, con excepción del área con cubierta sedimentaria existe un número relativamente considerable de diques de rocas hipabisales de textura variable pero de composición más o menos similar. Son particularmente notables en la sierra del Cajón, en las Cumbres Calchaquíes y en la ladera oriental y norte del cerro Alto de Muñoz. La mayoría de los diques son de pegmatita turmalífera, rica en cuarzo y en microclino de color gris blanquecino o rosado.

a) En la sierra del Cajón los diques de pegmatita son muy abundantes, principalmente en las laderas oriental y occidental, donde son concordantes con la esquistosidad de las filitas micacíticas.

En la quebrada del Sapo hay filones de pegmatita con feldespato rosado, donde la cota marca 2.350. En cotas 2.780 y 2.800 afloran filones pegmatíticos ricos en microclino de color gris blanquecino con rumbo N 15° W e inclinación de 60° hacia el oeste. En Campeadero y Zarco (cota 3.650) hay filones de 2-3 metros de potencia y de más de 200 metros de largo, con rumbo N 30° W. En el morro del Iral filones de pegmatita (con mica) y de cuarzo. En el cerro Trampeadero, próximo a Casas Viejas, filón de cuarzo cuyo rumbo es N 45° W (cota 3.500) y de pegmatita con feldespato rosado (cota 2.400).

En el extremo norte de la sierra del Cajón, en la quebrada de los Chañares, hay filones de pegmatita, concordantes con la foliación de las micacitas y con planos subhorizontales (inclinan 5-10° hacia el sur). La composición mineralógica de esta pegmatita es como todas las de esta zona, es decir es rica en turmalina; el feldespato es de color gris blanquecino; el cuarzo abundante y la mica se presenta en pequeñas escamas y subordinada a los otros componentes esenciales.

b) La sierra del Aconquija presenta una serie de diques de rocas leucocráticas, muchos de ellos vinculados directamente con la migmatización de los esquistos. Los filones de pegmatita son notables en el faldeo oriental de la sierra, entre el río Blanco y el río de las Ánimas. Los diques más abundantes son los de pegmatita con cuarzo, feldespato rosado y turmalina. En algunos casos el cuerpo pegmatítico tiene "nidos" de mica que podrían ser explotados (Puesto La Peña, cerro Zarzo, Los Huecos,

cerro Muñoz, etc.). En los morros de Bernardo, San Juan y Rumiarco las pegmatitas tienen como accesorio, además de la infaltable turmalina, granate.

Algunos filones de pegmatita alcanzan una potencia de 4-5 metros; pero su espesor más corriente es de 0,50 a 1,5 m.

En un filón potente de pegmatita, que cruza el cauce del arroyo Puerta de Díaz, próximo a su desembocadura con el río Amaicha y a los Zuritas, se ha encontrado berilo. Este filón tiene una longitud de 150 m y un espesor de 6 m, e intruye a una micacita. En la quebrada del río Blanco, muchos de los filones son facies de grano fino de la pegmatita; son granitos leucocráticos de grano irregular, de color gris, que están relacionados con las migmatitas de esta zona.

En los Huecos, próximo al portezuelo de las Ánimas, hay un filón de unos 300 m de largo por 3-4 m de ancho, de una roca oscura que ha sido clasificada como hornblendita (muestra n° 7). Esta roca intrusiva está cruzada por filones pequeños de pegmatita. En esta misma zona hay otro dique de basalto.

c) En las Cumbres Calchaquíes (cañada de Alazán, cerro Negrito, Peñas Azules, ríos Chaquivil, Liqumayo, y de la Queñoa, etc.) hay una serie de diques pegmatíticos que alternan con cuerpos más pequeños, concordantes, de naturaleza granítica, con textura y composición variables. Estos diques se encuentran en muchas partes, pero preferentemente localizados en el borde occidental y sur del stock de Chaquivil. La composición mineralógica es la misma de los diques descriptos más arriba, ricos en turmalina. También se ha encontrado berilo en filones de los puestos de la Lonja y del Portezuelo y en Peñas Azules. En Peñas Azules y C° La Mina los filones de pegmatita cruzan las calizas cristalinas.

#### e) ZONAS DE MIGMATIZACIÓN.

Las rocas metamórficas que se han descripto están inyectadas, en mayor o menor grado, por material magmático. En algunas zonas, que se han indicado en el mapa como puntos, la penetración ha sido tan elevada, que la textura y composición de la roca original no es posible reconocer. Esta roca de mezcla, cuando el aporte ígneo alcanza un porcentaje elevado, es conocida con el nombre de migmatita. Algunos autores se han ocupado de los procesos que han dado lugar a la formación de rocas de mezcla. Detalles acerca de la naturaleza de la inyección, composición y origen de las soluciones, así como también de la naturaleza física y mecanismo de aquélla, han sido dados por González Bonorino en

la publicación correspondiente a la descripción geológica de la Hoja 13e, Villa Alberdi (5).

a) La sierra del Cajón está caracterizada por tener una gran cantidad de filones capas pegmatíticos. No hay que descartar, entonces, la intervención de soluciones pegmatíticas en los procesos de migmatización. Entre los planos de esquistosidad de las filitas cuarzosas se alojan una serie de estos filones, muchos de ellos de cuarzo solamente. La composición de las rocas es esencialmente la misma que la de los filones pegmatíticos; predominando el cuarzo sobre los demás componentes. No obstante ser el microclino, de color blanquecino, el mineral que abunda en las pegmatitas, su presencia en las venas está subordinada al cuarzo.

El tipo de inyección dominante es la *inyección difusa*, que si bien no es perceptible a simple vista se puede reconocer porque las filitas pierden parte de su esquistosidad (y su estructura astillosa) original, y adquieren una mayor dureza. En el perfil de la quebrada de los Chañares la inyección de cuarzo ha seguido líneas paralelas a la esquistosidad de la filita cuarzosa, micácea, determinando un bandeado característico, más o menos uniforme que da como resultado la típica textura *lit-par-lit* o arterítica. En esta misma zona la inyección de las filitas cuarzosas micáceas, se presenta en forma de *inyección nodular*; que aquí consiste en cristales de feldespato blanco, de forma oval, alineados en los planos de esquistosidad. Por lo general, en la sierra del Cajón las venas son concordantes con los planos de esquistosidad de la roca de caja, carácter que se acentúa en los filones de pegmatita.

b) Los procesos vinculados a la inyección magmática en la sierra de Aconquija, alcanzan su máxima intensidad en la falda oriental de la sierra, precisamente en el área donde hay una serie de intrusiones graníticas y pegmatíticas.

En el puesto de las Flores Amarillas (falda occidental) las micacitas granatíferas están inyectadas por cuarzo y feldespato potásico, que se presenta de mayor tamaño que aquél. La inyección laminar y/o en capas más o menos paralelas, rectilíneas o curvas, donde el material magmático y el metamórfico está en todas las relaciones posibles, es la más común en la zona. Se la observa en muchas áreas de la sierra del Aconquija, principalmente en el puesto Quebradero, Peñas Negras, cerro el Zarzo y los Huecos; lugares ubicados en el faldeo occidental y cumbre de la misma. En los Huecos las filitas y micacitas están inyectadas por cuarzo, a veces de tono rosado, y feldespato potásico rosado, minerales que siguen los planos de esquistosidad determinando el tipo de inyección *lit-par-lit*; cris-

tales aislados de feldespato determinan el tipo de *inyección nodular*.

En la quebrada de Caspichango, ladera occidental de la Sierra del Aconquija, se ha visto que hay esquistos granatíferos inyectados. La inyección, vista al microscopio en la muestra n° 36, es oligoclásica-cuarzosa, siguiendo los planos de esquistosidad originados por la orientación de la mica. El cuarzo y la oligoclasa son muy abundantes y representan el 80 % del total de la preparación; el primero es típicamente xenomorfo, parcialmente fracturado y recrystalizado en individuos más pequeños. Por otra parte, el cuarzo del esquisto es más grande y más escaso con relación al foráneo.

En la quebrada del río Blanco los fenómenos de inyección son debidos a filones de granito gris, que a veces son atravesados por diques de pegmatita. Las migmatitas en esta zona son el resultado de la inyección en filitas y micacitas finas, de rumbo noroeste. Esta faja migmatítica, que se extiende desde el sur de la Hoja, llega hasta el campo de Muchela, al oeste del cerro Muñoz, donde se ponen en contacto con las micacitas granatíferas del oeste.

Como ejemplo de inyección difusa, tenemos la muestra de migmatita de El Molle (camino de Amaicha del Valle). Vista al microscopio se nota que la muestra ha sufrido una intensa inyección en forma difusa de cuarzo y oligoclasa, minerales que constituyen el 90 % del preparado. El cuarzo, que es de menor tamaño que la plagioclasa, con frecuencia está "incrustado" en este componente, e intercalado como individuo recrystalizado. También se observa cuarzo con contornos subredondeados incluidos en la plagioclasa (muestra n° 33).

c) En las Cumbres Calchaquíes hay fajas de migmatización que están localizadas en la cumbre desde la cañada del Alazán hasta más allá de la de Ciénaga Amarilla. En la cañada del Alazán próximo al cerro Negrito, tenemos buenos ejemplos de inyección nodular y venosa, que pasa a lenticular y "en camadas" o a una forma particular que las hace parecer al "gneiss de ojos".

En la inyección nodular de las micacitas finas de la cañada de Alazán se han desarrollado metasomas de oligoclasa más bien idiomorfa, de un tamaño de 5 a 2 cm, que están relacionados con venas de la misma composición, que, por otra parte, siguen los planos de esquistosidad de la roca (lám. VII, fig. 1). Por espesamiento y anastomosamiento de venas que siguen caminos tortuosos, la roca adquiere una textura particular como se puede ver en la lámina VII, figura 2. Estas venas blanquecinas son ricas en oligoclasa y microclino. Entre las lagunas de las Amaicheñas y de Va-

cahuasi los esquistos cuarzosos bandeados de esta zona están penetrados por venas de cuarzo rojizo, que siguen caminos variables; a veces, según los planos de esquistosidad, en otros casos transversales a ellos; o bien formando pliegues en un trazado sinuoso (pliegues ptigmáticos). También se ha observado "reventones" de cuarzo lechoso próximo al cerro Negrito.

El cuerpo intrusivo de la Ciénaga Amarilla, similar al rosario de cuerpos que se extienden desde el cerro Negrito hasta el brote septentrional de la Hoja, ha inyectado a los esquistos cuarzo micáceo, bandedo, en un ancho de un kilómetro aproximadamente. Los efectos de la inyección son notables en el borde oriental del cuerpo.

Entre los puestos de la Lonja y el Portezuelo, al sur del stock de Chaquivil, hay una serie de cuerpos lenticulares de granito color gris, es una facies de grano mediano a fino, que ha invadido la roca de caja determinando otra área de migmatización, la que se extiende hasta la Queñoa (morro de Las Peñas Azules). En este lugar aflora otra serie de cuerpos lenticulares que llegan hasta 50 m de largo, de un granito de grano fino, cuyo componente más representativo, por su proporción y desarrollo, es el microclino. Próximo al cuerpo granítico de Chaquivil hay otra faja de migmatitas.

Otra zona donde la migmatización tiene una cierta importancia es la falda occidental de la Cumbre de Tafí hasta la Angostura. Entre Duraznos Blancos y La Casita se observa una mayor penetración granítica, donde la filita cuarzosa bandeda ha pasado a ser una migmatita aunque conserva todavía su textura original. Los granitos migmatíticos de esta zona son de grano muy fino y foliado; en algunas áreas están asociados con tonalitas (muestra n° 58) y granitos aplíticos (muestra n° 98, del Apéndice).

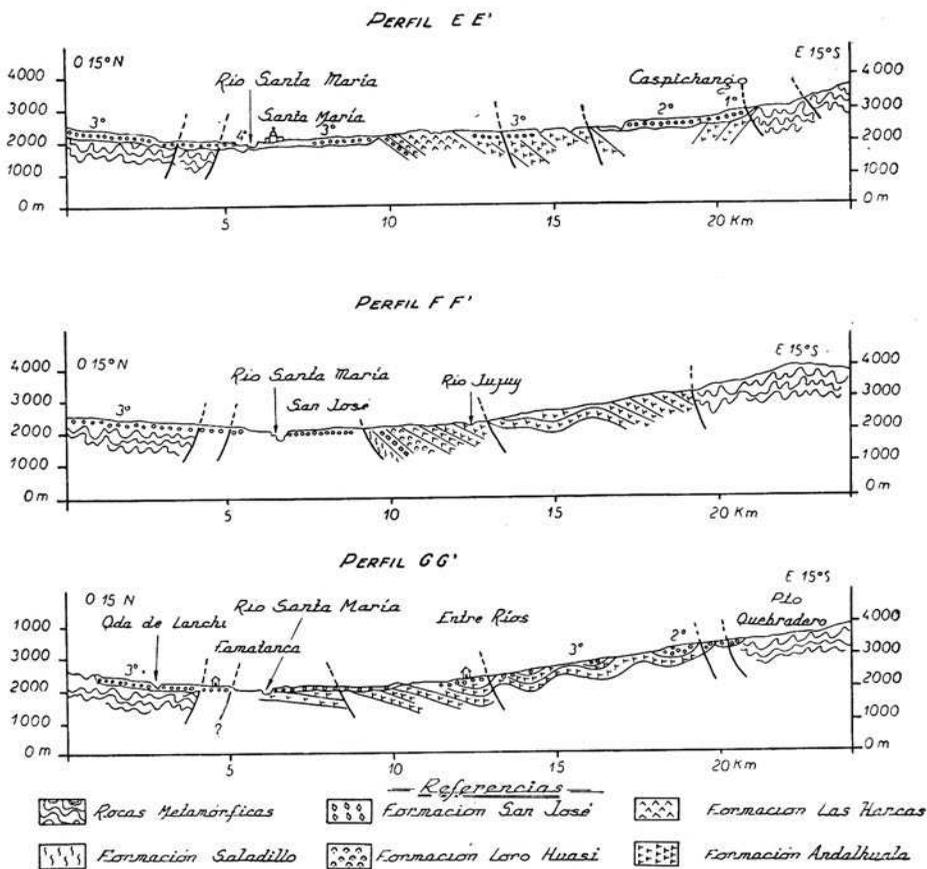
## II. *Cubierta sedimentaria*

Las rocas sedimentarias están representadas por un conjunto de formaciones mesozoicas, terciarias y cuartarias que ocupan principalmente las depresiones estructurales correspondiente a los valles de Santa María y de Tafí, y las de los ríos de Las Cañas y de Anfama.

Los nombres de estas formaciones han sido propuestos por Galván y el autor en un trabajo anterior, presentado en las 2as. Jornadas Geológicas (1963). Por lo tanto, se describirá solamente la Formación Las Cañas que no ha sido tratada en el trabajo citado.

*Formación Las Cañas.*

En los ríos de Las Cañas, de la Ternera Muerta, en Acajuli y en la zona de Anfama se apoya sobre el Basamento proterozoico un conjunto de sedimentos que podrían corresponder a la Formación Yacomisqui, pero



que hemos preferido agrupar en otra formación por cuanto no hay seguridad que pertenezcan a aquélla.

En el río Las Cañas, unos 600 metros al poniente del puesto homónimo, esta formación se apoya sobre una superficie de erosión labrada en filitas sericíticas y filitas bandeadas del basamento.

El conglomerado de base de dos metros de potencia, está formado por clastos poco rodados, que confieren al banco su carácter brechoso.

Hacia arriba siguen areniscas coloradas rosadas en la superficie; de grano mediano a fino; estratificadas en bancos gruesos, que se erosionan dando formas redondeadas. Por su parte, presentan un moteado pardo rojizo por concentración ferruginosa. Tiene un rumbo N 10° W y una inclinación de 35° hacia el este.

En la quebrada Larga, que coincide con la falla norte-sur que corre en el borde oriental de la zona que se trata, es posible observar algunos afloramientos de esta formación. Un kilómetro aguas arriba de la confluencia con el río Ancajuli, el conglomerado brechoso se apoya en discordancia sobre el basamento.

Hay también buenos afloramientos de esta formación en Las Arquitas, al pie del cerro Cabrahorco, fuera de los límites de la Hoja. En esta localidad el conglomerado brechoso tiene unos 12 m de potencia.

Sería muy conveniente que los estudiantes tucumanos realizaran trabajos de detalle en esta zona, los que facilitarían la correlación con las formaciones que afloran al norte de la sierra de Medina.

En la quebrada del Duraznillo esta formación está integrada por limos, arcilitas, margas y areniscas de grano fino, grueso y conglomerádico. Los colores dominantes son pardo rojizo, verde y amarillo. Hacia la base las areniscas son de grano grueso a conglomerádico y de color amarillo con manchas de color pardo rojizo. Esta formación está coronada por areniscas de color rojo ladrillo, de espesor no determinado, que forman las lomadas del Duraznillo y de Anfama.

En el río Anfama próximo a la toma del acueducto que suministra agua a la Ciudad Universitaria de San Javier, afloran de arriba hacia abajo los sedimentos siguientes:

1. Arcilita de color pardo rojizo claro con fractura concoidal; friable. Espesor 6 m.
2. Limolita de color gris claro; finamente estratificada; plano de estratificación indicado por concentración ferruginosa de color rojo. Espesor: 0,40 m.
3. Limolitas, de color gris azulado; bien estratificadas. Espesor: 0,50 m.
4. Arcilitas ídem 1) Espesor: 10 m.
5. Areniscas y conglomerado de grano fino; friable; con clastos de hasta 4 cm, en su mayoría de medio centímetro; ligados por una matrix arenosa de grano grueso sin cemento. La mayoría de los clastos son de cuarzo. Espesor: 20-30 m.

Próximo al basamento se observa un conglomerado brechoso de color

pardo que está triturado por la falla de rumbo N 20° E. Por lo general estos sedimentos tienen un porcentaje de calcáreo elevado (50-60 %) y también es notable el yeso.

El miembro superior de esta formación podría corresponder al miembro inferior de la Formación Tolombón descrita por Galván y Ruiz Huidobro (1963, pág. 3) en un trabajo anterior y referida al Cretácico superior.

### *Grupo Santa María*

#### Formación El Zarzo.

El grupo Santa María está integrado por varias formaciones continentales de edad Terciaria, que están bien desarrolladas en todo el valle de Santa María desde la Punta de Hualasto (sur de la Hoja 11e), hasta el cerro Paranilla (norte de la Hoja 10e, Cafayate). Detalles de las formaciones que integran este grupo han sido expuestos en el trabajo mencionado.

En la sierra del Aconquija, entre el Alto de Muñoz y el cerro El Zarzo, hay afloramientos de una brecha volcánica que no ha sido reconocida en otras partes de la Hoja, pero citadas por González Bonorino (1951), al sur de esta región. En esta misma área se destaca una intrusión de basalto (puesto La Cueva), roca con fenocristales pequeños de labradorita, hipersteno, augita y olivina incluidos en una pasta vítrea muy abundante. La roca predominante de la brecha es una andesita.

Los afloramientos reducidos, en parte cubiertos por acarreo proveniente de la misma brecha, y la falta de relaciones con rocas cenozoicas no permite ubicar cronológicamente esta formación. Genéticamente es muy probable que corresponda a un pequeño y oculto centro eruptivo similar al de los cerros Durazno, Atajo, etc., de la Hoja Capillitas.

### *Cuartario*

Los sedimentos cuartarios cubren gran parte de los valles de Santa María y de Tafi, principalmente como depósitos aluviales, preferentemente gruesos, que constituyen una faja de abanicos coalescentes adosados a los bordes geomorfológicos de los bloques montañosos que forman el marco de aquellas depresiones.

En el mapa geológico se ha diferenciado los sedimentos cuartarios en cuatro formaciones, que geomorfológicamente corresponden a cuatro niveles pedemontanos principales.

Los sedimentos aluviales del primer y segundo nivel son remanentes

de antiguos abanicos coalescentes, que morfológicamente representaban una bajada de probable edad eopleistocena, compuestos por fanglomerados adosados al borde de la sierra.

La Formación La Mesada (primer nivel) es notable entre Los Zuritas y Caspichango, donde se presenta como si fuese una terrea angosta cuya superficie corresponde a la cota 2.500 aproximadamente. Entre los ríos Entre Ríos y Andalhuala la superficie de esta formación está a una altura de 3.500 m. El fanglomerado está compuesto por rodados de rocas del basamento poco o nada cementados donde predominan las micacitas finas granatíferas. Se estima una potencia entre 20 y 30 m, según la zona.

La Formación Las Salinas (segundo nivel) tiene una litología esencialmente similar a la de la Formación La Mesada, y su superficie está labrada sobre las formaciones terciarias plegadas y fracturadas. Estas superficies de destrucción son notables en la zona de Caspichango, La Maravilla y Morro de La Mesada. Hay restos de esta superficie entre Amaicha del Valle y el puente de Quilmes, en Loma Rica, Andalhuala, etc., lo que significa que el relieve primitivo tuvo un desarrollo considerable, a partir del borde occidental de la sierra del Aconquija.

La Formación Caspichango (tercer nivel pedemontano) se conserva en una amplia superficie comprendida entre los bloques montañosos del Aconquija y de la Sierra del Cajón.

Este extenso depósito cuartario está compuesto por sedimentos más finos que los de la Formación La Mesada, pero no obstante son gravas gruesas y arenas medianas a gruesas, mal seleccionadas. Entre los rodados de rocas del basamento precámbrico se destacan los de rocas volcánicas, principalmente andesitas, provenientes de la Formación Los Corrales.

Los sedimentos más finos se distribuyen en la zona de inundación de los ríos principales y en los bajos de los valles de Santa María y Tafí.

En las proximidades de los bordes de las quebradas, como la del Sapo, Anchi, etc., es posible observar lentes de ceniza volcánica intercaladas entre los sedimentos de los cursos aluviales más recientes.

En la cuenca de Tafí merecen consideración especial los sedimentos arcillo-limoso-arenosos de color amarillo rojizo que cubren el fondo de las cuencas y parte de las laderas que circundan al valle.

El cerro Nuñorco Grande tiene tres mesadas según Peirano (1944, pág. 31) cuyas superficies están cubiertas por arcillas amarillo rojizas, similares a las del valle. Este mismo autor cita en el zanjón del Potrerillo, en el río Tafí frente a Carapuncu unas capas de arcillas arenosas de color castaño con nódulos ocráceos cuya estratificación estaría indicada por capas de diferente tonalidad.

Estos sedimentos arcillosos se encuentran entre capas de cantos rodados y probablemente son depósitos secundarios formados por alteración laterítica del subsuelo rocoso y del material de acarreo pedemontano.

Los depósitos arenosos y loésicos de la Formación Las Mojarras constituyen los conos de deyección actuales y en una etapa de evolución. El contacto entre esta cantidad y los correspondientes a la Formación Caspi-chango está marcado por una ruptura en la pendiente, notable entre Los Zarzos y Amaicha, y los ríos de Tafí del Valle y del Mollar.

## B. ESTRUCTURA

Los movimientos tectónicos y orogénicos que actuaron en esta región determinaron dos tipos de estructura, a saber: la estructura interna del Basamento determinado por el primer ciclo diastrófico, referido al Precámbrico, y la estructura combinada de plegamiento de la cubierta sedimentaria y fracturación en bloques del basamento rígido, que sería resultado del ciclo diastrófico acaecido durante el Terciario y con manifestaciones tardías en el Cuartario.

### I. Estructura del basamento

Los esquistos de la sierra del Aconquija tienen una esquistosidad de rumbo variable que por lo general es noroeste. En la zona norte el rumbo es NNE y la inclinación hacia el este. La inclinación en la ladera occidental es hacia el sudoeste.

En las Cumbres Calchaquíes los paquetes de esquistos tienen un rumbo que es noroeste en el cerro El Negrito y que pasa a NNE (N30°E) en la Ciénaga Amarilla. La inclinación es hacia el sudoeste en el sector sur y hacia el este o sudeste en el norte.

En el extremo sudeste de la Hoja son comunes los rumbos EW. En la Angostura (quebrada de los Sosas) el rumbo es N 70°-80° y la inclinación es de 40° NW, más hacia el sur el rumbo es N 25° E.

El valor de la inclinación de los esquistos es por lo general grande; salvo en la sierra del Cajón que está en el orden de los 45°, pero en muchos casos este valor es aun más pequeño.

En la Sierra del Cajón los esquistos tienen rumbos NW y WNW en el sector central y sur; mientras que en el extremo norte cambia el rumbo hacia NNW. La inclinación de la esquistosidad es hacia el oeste y los

valores son por lo general pequeños. En la quebrada de los Chañares, por ejemplo, las micacitas finas inyectadas tienen un valor de inclinación que no llega a los 15°. Entre los planos de esquistosidad subhorizontales se alojan filones de rocas hipabisales ácidas concordantes con la esquistosidad.

## II. *Estructura de la cubierta Sedimentaria*

La sierra del Aconquija y las Cumbres Calchaquíes, como la gran mayoría de las Sierras Pampeanas, representan bloques del basamento volcados hacia el este, cuyas fallas principales pasan al pie de las faldas occidentales de las citadas elevaciones. La falla del Aconquija tiene un rumbo general NNE, y su ubicación es relativamente fácil gracias a la presencia de los sedimentos terciarios. Sin embargo, los depósitos cuaternarios pedemontanos cubren en muchas zonas esta importante dislocación, lo que dificulta el reconocimiento del plano de falla, aunque no tanto como para que no se pueda afirmar que es debida a movimientos compresionales.

El rechazo de esta falla sobrepasa los 3.000 m que es el espesor de la cubierta terciaria (pliocena). Si tenemos en cuenta que no se conoce la base del grupo Santa María y que las formaciones que afloran en el valle de Santa María y en las depresiones orientales de las Cumbres Calchaquíes se consideran de edad cretácica, podríamos suponer que el rechazo de la falla estaría en el orden de los 5.000 m, valor que, por otra parte, es común en la zona de Alemania y en la Hoja 8e, Chicoana.

La falla del Aconquija se interrumpe por las estructuras transversales que delimitan la fosa tectónica de Tafí del Valle-Amaicha del Valle; y que, por otra parte son las responsables del hundimiento de aquel cordón montañoso, que estructuralmente queda desvinculado de las Cumbres Calchaquíes. Sin embargo, se ha interpretado que esta estructura sigue hacia el norte cubierta por depósitos cuaternarios hasta empalmar con la gran falla de las Cumbres Calchaquíes que tiene un rumbo NNW en el extremo norte de esta Hoja pero que cambia en la vecina hacia el NE; el rumbo que se ha indicado corresponde a la estructura general del borde oriental del Valle de Santa María, desde la Punta de Hualasto hasta Cafayate (Hoja 10e).

La falla que se describe tiene relación estructural con otras fallas subsidiarias que en Alto de Rumiarco se bifurcan determinando una cuña tectónica, donde son notables las areniscas rojizas de la Formación Ya-comisqui.

La falla que ha determinado el vuelco del bloque correspondiente a las Cumbres Calchaquíes tiene un rumbo NNW desde la latitud de Tafí del Valle hacia el norte y un rumbo NS en la quebrada de la Angostura o de los Sosas. El trazado de esta falla no se puede establecer con seguridad por la falta de sedimentos terciarios; no obstante en el tramo sur coincide con la interpretación dada por González Bonorino (1954, pág. 38 y mapa) quien ha notado la presencia de brechas volcánicas terciarias en el Campo de las Carreras. En el norte su ubicación es también segura pues los sedimentos de la Formación Yasyamayo marcan el límite.

La tercera fractura de importancia es la que determina el marco sur de la depresión correspondiente a los valles de Tafí y Amaicha. Esta falla tiene un rumbo sensiblemente paralelo a la de las Cumbres Calchaquíes. En este caso su posición exacta se establece a todo lo largo de la quebrada de Amaicha y en Los Corrales, donde hay evidencias estratigráficas.

Otra fractura evidente es la que con rumbo NS pasa por el borde oriental de la Hoja determinando otro bloque menor que culmina en el cerro Cabrahorco. En la profunda quebrada del río de la Hoyada son notables los espejos de fricción en las filitas cuarzosas, con formación de mineral de hierro (hematita).

Los planos de esquistosidad de la roca son algo rugosos y están cruzados por venas de cuarzo de 1 a 2 cm de espesor.

Los planos de ruptura que son normales a la esquistosidad, están rellenos por una brecha fina, con trozos angulosos de la misma roca, de dos o tres centímetros.

Bloques menores, como el de Anfama, están parcialmente cubiertos por los sedimentos de la Formación Las Cañas. Estos bloques menores están limitados por fallas transversales de rumbo EW y NE.

Los movimientos que fracturaron en bloques al Basamento determinaron, a su vez, el plegamiento de las formaciones pliocenas, cubierta en gran parte por los depósitos de pie de monte. En conjunto las formaciones del Grupo Santa María tienen un rumbo general NNE con inclinación hacia el naciente, estructura que coincide con la inclinación de los trozos mayores del basamento.

La representación de las Formaciones en el mapa geológico nos dice de las variaciones del rumbo, particularmente notables frente al pueblo de Santa María, donde una fractura trasversal ha interrumpido la continuidad de los afloramientos. El rechazo es evidente en las Formaciones San José, Lorohuasi y Las Areas que no tienen continuidad a ambos lados de la falla.

Otras estructuras similares han hecho desaparecer estas formaciones al sur de San José y al norte de Los Poronguillos.

La fractura de Caspichango es la línea tectónica que ha interrumpido la continuidad de la estructura en el norte. Esta falla tiene un rumbo NNW-SSE, similar a las líneas tectónicas que han determinado la depresión de Amaicha del Valle. El plano de falla se ha interpretado que buza hacia el noroeste.

La falla de Entre Ríos tiene rumbo EW y el plano buza hacia el sur. El desplazamiento horizontal es más aparente que real. La erosión del bloque ascendido, en este caso el que contiene las formaciones inferiores, causa esta impresión. Por lo tanto, la zona entre las quebradas de Caspichango y Entre Ríos representa bloques ascendidos, mientras que la zona que está respectivamente al norte y sur de las quebradas citadas corresponde a bloques hundidos.

La reconstrucción de la estructura de plegamientos no ha sido nada sencilla si se tiene en cuenta que las observaciones hay que hacerlas, en su gran mayoría, siguiendo los cursos de los ríos. Por otra parte, la uniformidad de la litología de la Formación Andalhuala no es nada favorable para resolver la tectónica.

La Formación Andalhuala cubre una superficie comparativamente grande en relación con su espesor que se ha estimado en 1.200 m. La razón es que está afectada por un plegamiento que determinó la formación de anticlinales y sinclinales, como se puede ver en los perfiles. Además, una falla norte sur, que se extiende desde Los Poronguillos hasta Pagangillo, ha repetido los miembros de esta Formación, principalmente los niveles que contienen los conocidos mamíferos.

En la sierra del Cajón está ausente la cubierta sedimentaria terciaria seguramente como resultado de la posición del bloque y de la erosión. Los afloramientos del basamento de esta sierra quedan limitados por la gran falla que corre más o menos paralela al río Santa María y que se prolonga en el norte por el río Calchaquí hasta la Poma (250 km).

Los trozos de basamento que se observan en Fuerte Quemado y Las Mojarras, corresponden a trozos menores de esta gran estructura.

### C. GEOMORFOLOGÍA

La estructura de bloques del cordón montañoso Aconquija-Cumbres Calchaquíes y de la Sierra del Cajón determinan la morfología de las Sierras Pampeanas, caracterizada por un perfil asimétrico con una falda abrupta, que corresponde a la vertiente formada por la falla o fallas que

han ocasionado el vuelco del bloque, y otra con pendiente más suave. En esta Hoja los bloques están inclinados hacia el naciente, siendo más importantes los del Aconquija y Cumbres Calchaquíes, que se conservan como unidades morfoestructurales principales a las que se adosan bloques menores que se desprenden de ellas, al naciente.

Las culminaciones no presentan formas de aristas, sino que sus formas corresponderían a una antigua semiplanicie madura que, en partes, está bien conservada. Es decir la cumbre se presenta como una plataforma ancha, suavemente ondulada y con depresiones, relieve donde se acumula, a veces, la precipitación pluvial (lagunas de Vacahuasi, de los Amaicheños, etc.).

Las laderas de las sierras están surcadas por quebradas que corren paralelas y que determinan filos redondeados en la zona más alta y más afilados (“euchillas”) en los bloques menores; principalmente en la ladera oriental lluviosa, próxima a la selva basal.

En la parte alta del Aconquija en el cerro Las Ánimas y los que siguen fuera de la Hoja al sur, es posible observar la presencia de un incipiente relieve glaciario, caracterizado sólo por pequeños circos, sin lengua ni morenas bien definidas.

El ciclo fluvial elaboró un paisaje de niveles pedemontanos (terrazas aluviales). Se ha indicado que no hay indicios de perturbaciones tectónicas considerables durante el Cuartario, por lo que la inclinación actual de los depósitos debe ser primaria.

La dirección predominante de los niveles pedemontanos, adosados a la sierra del Aconquija y Cumbres Calchaquíes es del sudeste hacia el noroeste; es decir, son normales al rumbo general de estas elevaciones. Los niveles que corresponden a la sierra del Cajón tienen una dirección del oeste hacia el este.

El transporte en los valles de Santa María y de Tafí queda limitado por la distancia que media entre las principales elevaciones, alcanzando su máximo desarrollo, en los depósitos correspondientes al segundo y tercer nivel que pueden alcanzar hasta los 20 kilómetros.

El primer nivel de piedemonte corresponde a un relieve de erosión fluvial, labrada en parte sobre las rocas duras del Basamento, en la zona correspondiente a la escarpa de falla. La superficie de este nivel indica un transporte muy limitado que alcanzó el kilómetro y medio.

El segundo depósito, por el contrario, alcanzó una mayor distancia, llegando prácticamente a las proximidades del río Santa María. La erosión posterior ha eliminado gran parte de la primitiva llanura aluvial, pero que en realidad corresponde a un *pedimento*, superficie que, como explica

Thornbury (pág. 302 y siguiente), está labrada sobre roca en un ciclo árido.

El tercer nivel corresponde a una pendiente de pie de monte que consta de un *pedimento*, superficie de erosión labrada en rocas plegadas del Grupo Santa María, y de una *bajada*, o parte inferior, originada por la coalescencia de viejos conos aluviales. Este nivel es el más importante, cubre una superficie mucho mayor que los niveles más antiguos y, por otra parte, suministra apreciable cantidad de agua subterránea a las poblaciones vecinas al río Santa María. De la Sierra de Cajón emergen varios colectores que dan lugar a una serie de *conos de deyección*, que en su parte distal se unen para formar una *bajada* que está recortada por el curso actual del río Santa María.

Otro *cono de deyección* muy notable es el que corresponde al río Blanco que pertenece a la cuenca del río Tafí. En este caso la pendiente aluvial es mayor. Este cono está recortado por una serie de cauces o cañadones, que la mayor parte del tiempo están secos. Se forman por derrames del curso principal, a causa del tarquinamiento del cauce como consecuencia de la gran cantidad de material grueso que arrastra el río durante las crecientes.

#### *Red de avenamiento.*

La estructura de bloques ha determinado se instale una red de avenamiento consecuente, determinada por la pendiente inicial del terreno.

En conjunto, las corrientes consecuentes muestran un *diseño dendrítico*, labrado sobre rocas cristalinas. El diseño dendrítico es notable en las laderas orientales de las sierras del Aconquija y del Cajón, y en las Cumbres Calchaquies.

Este diseño pasa a *rectangular* en aquellas zonas donde la estructura de fallas de rumbo norte sur controlan su dirección original, que es hacia el naciente. Por esta razón, las corrientes que drenan las Cumbres Calchaquies de rumbo original oeste-este cambian bruscamente de rumbo y se dirigen hacia el norte (ríos de Chaquivil y de la Quebrada Larga) o hacia el sur (río de la Hoyada).

Los cerros de tipo "Monadnock" como el Nuñorco Grande y el Cabrahenco han desarrollado un diseño de tipo *radial* que pasa a rectangular.

Sobre los depósitos sedimentarios plegados y fallados del Grupo Santa María han sido labrados una serie de *valles transversales* a la estructura de rumbo NNE-SSW.

El paisaje de huayquerías (bad lands) es notable en la zona donde

están presentes las formaciones del Grupo Santa María, con diferente resistencia a la erosión. Este paisaje se desarrolla principalmente en las Formación San José con una textura de avenamiento  *fina*, producto de precipitaciones de tipo torrencial en este ambiente semidesértico, sobre sedimentos finos impermeables.

El río de la Angostura puede considerarse como un tramo antecesor (o semiantecedente) del río de Tafí del Valle, y sus colectores, que se formaron como cursos consecuentes al producirse el vuelco del bloque del Aconquija. No habría pasado mucho tiempo desde la instalación de los cursos que avenaban los bloques del Aconquija y Cumbres Calchaquíes cuando se empezó a esbozar la falla del río La Angostura, de rumbo N-S, y comenzó el ascenso del bloque correspondiente a la Cumbre de Mala-Mala o de Tafí, que actuó como muralla de contención para los ríos que avenaban al valle de Tafí.

Este obstáculo acortó el nivel de base de los colectores, que entraron en una etapa de acumulación que colmó con sedimentos el citado valle ocultando parcialmente la Loma Pelada. Los sedimentos arcillosos de color amarillo-rojizo que forman el suelo del valle y que aparecen en las laderas y en las serranías bajas del valle, así como los sedimentos salobres de El Salitral, serían una prueba que en determinado tiempo esta cuenca estuvo parcialmente cerrada. El drenaje total del valle se habría producido al rebasar las aguas por sobre las divisorias de agua, como consecuencia del aumento de las precipitaciones durante uno de los ciclos fluviales, lo que favoreció la erosión de la barrera y la captación del embalse natural por el río de La Angostura. Al alargarse nuevamente el nivel de base del río de Tafí se aceleró el proceso de erosión, con la eliminación de los sedimentos lacustres que cubrieron parcialmente a la Loma Pelada o del Medio.

Este proceso es similar y probablemente coetáneo al estudiado por nosotros en otros ríos del noroeste argentino, a saber: río Pirgua o de Alemania; río Mojotoro; río de las Conchas, etc., donde son notables las terrazas holocénicas.

El cerro Nuñorco tiene tres "mesadas" a distintos niveles que representan las etapas de evolución de la cuenca, durante igual número de ciclos fluviales.

#### D. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la Hoja 11e, Santa María, comienza con la deposición de sedimentos finos en una cubeta marina cuya superficie y profundidad no es posible determinar. Los sedimentos pelíticos eran esencialmente arcillo-cuarzosos con cemento que podría ser calcáreo.

Las diferencias de tamaño, evidentes aún después del metamorfismo regional, prueban que la sedimentación fue rítmica con alternancia de sedimentos de distinta granulometría.

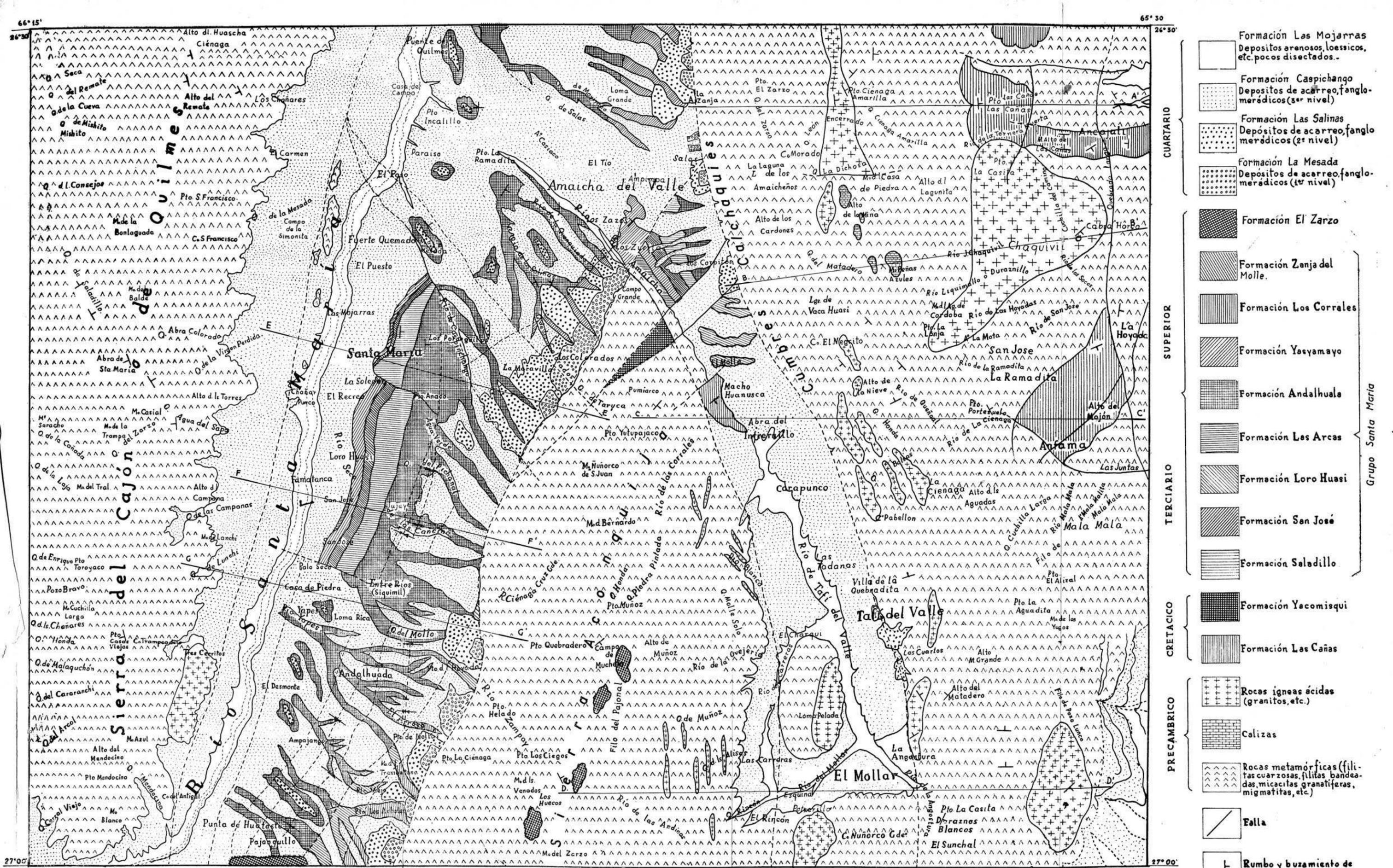
Las calizas representan al carbonato de calcio que fue llevado en solución por las corrientes hacia el mar y luego precipitado. No hay elementos de juicio que permitan suponer cuáles fueron las verdaderas causas de la precipitación de esta sal. Podría haber sido el aumento de temperatura, combinado con la acción fijadora de algas y bacterias.

Los movimientos tectónicos determinaron el retiro del mar con lo que se interrumpió la sedimentación. Se supone que estos movimientos sucedieron durante tiempos precámbricos, presumiblemente proterozoicos; pues rocas similares son cubiertas en discordancia angular por sedimentitas cambro-ordovícicas en la región ubicada al norte del paralelo 25.

Los movimientos tectónicos habrían ocasionado el ascenso del magma ácido, que invadió las rocas de caja siguiendo preferentemente los planos de esquistosidad, formados como consecuencia del metamorfismo dinamo-térmico. El metamorfismo se hizo sentir de diferente modo conforme a la profundidad. Se supone que los esquistos listados de la región oriental y norte, así como las filitas y pizarras de los bloques orientales (Lagunita-Raco-Simbón, San Javier, etc.) representaban la parte superior de la primitiva cubeta de sedimentación, donde los efectos del metamorfismo llegaron más retardados.

El carácter sedimentario original se conserva todavía en el norte de las Cumbres Calchaquíes (Hoja 10e, Cafayate) donde son notables los planos de sedimentación de las areniscas finas y de las lutitas que dieron origen a estas rocas semimetamórficas, que se reconocen por la ligera lineación que presentan los componentes minerales, y porque el bandeo primitivo se ha acentuado como consecuencia de la recristalización y ordenamiento de los minerales originales.

La invasión magmática se pone en evidencia por la presencia de numerosos cuerpos lenticulares sintectónicos acompañados por una profusión de venas cuarzo-feldespáticas que se alojaron preferentemente siguiendo planos de debilidad de la roca.



66° 15' Geología RELEVADA Años 1955-1956-1963 por:

DR. OSCAR J. RUIZ HUIDOBRO

DIBUJO: JUAN VALDECAMPOS

Escala Gráfica  
0 1 2 3 4 5 Km.

A A' Perfiles Eje Sinclinal Eje Anticlinal

Falla supuesta o cubierta

El ascenso magmático se pone de manifiesto en el cuerpo granítico de Chaquivil. La relativa fluidez de este magma quedaría demostrada por la presencia de rocas hipabisales, que se habrían formado a expensas de líquidos residuales que cristalizaron principalmente como pegmatitas, las que muchas veces inyectaron e impregnaron a la roca de caja, siguiendo de preferencia los planos de esquistosidad.

Después de estos acontecimientos geológicos habría seguido un período de ascenso y posterior erosión que habría persistido a través del Paleozoico y de gran parte del Mesozoico.

Un nuevo ciclo de sedimentación sucedió durante el Cretácico; período en el cual se depositó la Formación Las Cañas, sobre un plano de erosión labrado sobre rocas precámbricas. En las áreas vecinas al paralelo 26 la cuenca habría sido más profunda, permitiendo la sedimentación de otras formaciones más jóvenes que formaban parte de este ciclo sedimentario. Posteriormente sobrevino un período de ascenso y fracturación como consecuencia de los primeros movimientos terciarios conservándose en pequeñas fosas tectónicas laterales, restos de aquella formación que fue, en otras áreas vecinas, totalmente eliminada.

Durante el Plioceno la región descendió hasta admitir la depositación de las formaciones correspondientes al Grupo Santa María, bajo un clima templado, probablemente semidesértico. En los últimos tiempos de la depositación fluvial sobrevino una erupción volcánica muy notable en las Hojas, Capillitas y Laguna Blanca, pero que en la Sierra del Aconquija se manifestó en forma de reducidos afloramientos de diques básicos y brechas.

Las líneas de fractura esbozadas en el Terciario bajo se reactivaron al final del Plioceno originando el ascenso de los bloques del Aconquija, de las Cumbres Calchaquíes y del Cajón, conjuntamente con los bloques menores del Cabrahorce, Anfama, etc. En consecuencia, la erosión inició el desgaste de las rocas más friables a expensas de las cuales se rellenaron parcialmente los valles intermontanos.

El cambio climático que sucedió durante el Pleistoceno no habría sido muy marcado, ya que dejó pequeños circos glaciares en las elevaciones por encima de los 5.000 m. Cuando finalizó esta incipiente glaciación se produjo el derretimiento del hielo seguido por un período de lluvias que produjeron el arrastre y la acumulación de sedimentos, formando extensos depósitos de pie de monte en los valles vecinos. Sucesivos períodos secos y lluviosos determinaron una serie de niveles pedemontanos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BONARELLI, G. y PASTORE, F., 1919. Bosquejo geológico de la provincia de Tucumán. — Actas 1ª Reun. argent. Cienc. nat., Tucumán, 1916: 27-46. B. Aires.
2. FRENGUELLI, J., 1936. Investigaciones geológicas en la zona salteña del valle de Santa María. — Univ. nac. La Plata, Obras Cincuentenario. Mus. La Plata, 2: 215-572.
3. GALVÁN, F. A., 1960. Estudios geológicos en el sector septentrional de las Cumbres Calchaquíferas y zonas adyacentes (Pcia. de Salta). — D.N.G.M. 1-59, pp. 10 fotog. 4 perf. 1 map. escala 1:50.000 B. Aires (inédito, Carp. 448 Biblioteca).
4. GALVÁN, F. A. y RUIZ HUIDOBRO, O. J., 1963. Geología del Valle de Santa María, Estratigrafía de las formaciones mesozoico-terciarias. — 2ª Jornadas Geológicas III, 1 map. escala 1:100.000. Salta (inédito).
5. GONZÁLEZ BONORINO, F., 1950. Descripción geológica de la Hoja 13c, Villa Alberdi (Catamarca-Tucumán). — D.N.G.M., Bol. nº 74: 1-50, 20 lám., 5 perf., 1 mapa 1:200.000.
6. — 1951. Descripción geológica de la Hoja 12c, Aconquija (Catamarca-Tucumán). D.N.G.M., Bol. nº 75: 1-50, 12 lám., 3 perf., 1 mapa 1:200.000.
7. KUHN, F. y ROHMEDEY G., 1943. Estudio fisiográfico de las sierras de Tucumán. Monogr. 3 Est. geogr. Univ. nac. Tucumán.
8. PEIRANO, A., 1943. Algunos yacimientos de fósiles de la parte central del valle de Santa María y del valle del Cajón. Univ. nac. Tucumán, Dep. Inv. regionales, Inst. Mineral y Geol. Public. 347. Cuad. Min. Geol. Univ. Tucumán 3: 1, 9, 40-54.
9. — 1946. Estudio geológico de la quebrada de Amaicha, Dpto. de Tafi, Pcia. de Tucumán. — Cuad. Min. Geol. 4, nº 15, Univ. nac. Tucumán, Publ. nº 400: 1-62, 1 cuadro, 1 mapa.
10. RASSMUSS, J., 1919. La Sierra del Aconquija. Actas 1ª Reun. argent. Cienc. nat., Tucumán, 1916: 47-69, B. Aires.
11. RIGGS, E. S. y PATTERSON, B., 1939. Stratigraphy of late Miocene and Pliocene deposits of the province of Catamarca (Argentina) with notes on the faunae. — Physis, 14: 143-162.
12. RUIZ HUIDOBRO, O. J., 1960. El Horizonte Calcáreo-dolomítico en la provincia de Tucumán. — Acta geol. lilloana, 3: 147-171.
13. STAHLCKER, R., 1935. Stratigraphy of the Araucanian Formation (Pliocene). — Proc. geol. Soc. Amer. 402-405.
14. THORNBURY, W. D. Principios de geomorfología. Editorial Kapelusz, Ed. 1960.