

Trabajo 3º

DOLOMITA DE TUMBAYA, DIAGENESIS Y VULCANISMO SINSEDIMENTARIO, JUJUY, ARGENTINA

María Camacho* **,
Alba Díaz* **,
Gerardo E. Bossi***,
Walter José Chiliguay* **
y María de las Mercedes Otaiza**

* Instituto de Geología y Minería-UNJu, Avda. Bolivia 1313.
(CP 4600) S.S. de Jujuy.

** Facultad de Ingeniería-UNJu.

*** Univ. Nac. Tucumán

ESTANTERIA CONGRESOS -
UBICACION

ABSTRACT: A 440 m-thick section of the Late Precambrian to Early Cambrian Puncoviscana Formation in Tumbaya, Jujuy (Argentina), has been analyzed. It contains a 260 m-thick of dolostone, as well as pink limestone, red pelite and basic lava flows interlayered. Four major dolomite crystal fabrics (A-D) have been described within the dolostone. Each crystal fabric is related to one or more diagenetic processes.

INTRODUCCION

El yacimiento de dolomía se localiza en el Cerro Agua Chica, 5 km al sur de la Localidad de Purmamarca, en el Departamento de Tumbaya, Provincia de Jujuy, a los 23°47' de latitud sur y 65°31' de longitud oeste y se extiende entre 2.500 y 3.000 msnm. (fig. 1A y 2A). Conocido como Cantera de Agua Chica, fue explotado para su utilización como fundente, en acería y en la manufactura de ladrillos refractarios destinados al establecimiento Altos Hornos Zapla (DGFM) hasta el año 1991. Perteneció a la unidad morfoestructural de Cordillera Oriental, representa la litofacies de carbonatos de la Formación Puncoviscana s.l. (Turner, 1960; Jezek, 1990) y equivalentes, englobadas en el concepto de Ciclo Pampeano del Precámbrico Superior-Cámbrico Inferior (Aceñolaza *et al.*, 1990).

Intercaladas en las dolomías se encuentran lavas básicas, lutitas verdes y rojas, limolitas calcáreas rojizas y calizas rosadas. A este conjunto de facies, que denominamos Miembro Tumbaya, se lo relaciona en contacto discordante con las facies pelíticas-psamíticas (pizarras y grauvacas) subyacentes de la Formación Puncoviscana.

La reconstrucción de la secuencia estratigráfica normal se dificulta por los efectos del fuerte tectonismo sufrido.

En la región estudiada también afloran ortocuarcitas rosadas del Grupo Mesón (Cámbrico); lutitas y areniscas del Grupo Santa Victoria (Ordovícico); calizas y areniscas calcáreas del Grupo Salta (Cretácico-Terciario Inferior); areniscas del Terciario Superior y, arenas y conglomerados del Cuaternario.

En la literatura relevada se identificó un estudio mineralógico de Porto *et al.* (1990).

El presente trabajo corresponde a la fase final del proyecto de investigación B10.1 de SECTER-UNJu y se desarrolló en el marco del "Estudio de Materias Primas para la Elaboración de Refractarios", del convenio AHZ-UNJu. Se publicaron estudios preliminares de Camacho *et al.* (1990) y de Mealla *et al.* (1990).

OBJETIVOS

El trabajo se propone:

a) Examinar una sección estratigráfica tipo de 440 metros de espesor del Miembro Tumbaya de la Formación Puncoviscana (Precámbrico Superior-Cámbrico Inferior), que contiene 260 metros de dolomía.

b) Analizar las fábricas de cristales de dolomita, cuya morfología sugiere un ambiente diagenético específico para su formación.

c) Documentar un vulcanismo de envergadura que formó el substrato de la litofacies de carbonatos.

d) Establecer una posible relación entre el crecimiento del aparato volcánico con el desarrollo de calcáreos en aguas de mar abierto.

AREA ESTUDIADA Y METODOS EMPLEADOS

Se relevaron 440 metros de perfil estratigráfico detallado a escala centimétrica en un destape de la Cantera Agua Chica (A-B en los mapas de ubicación y geológico, figs. 2A y B y 1C), con los correspondientes análisis petrográficos de las muestras.

Por otra parte, alrededor del yacimiento dolomítico se efectuó un control geológico a fin de contar con un marco apropiado para la reconstrucción ambiental (fig. 2A y B).

Se disponía, además, de un muestreo sistemático en dos frentes de explotación (ver Camacho *et al. op cit*), cada uno con 160 metros de espesor, obteniéndose de los mismos 64 mues-

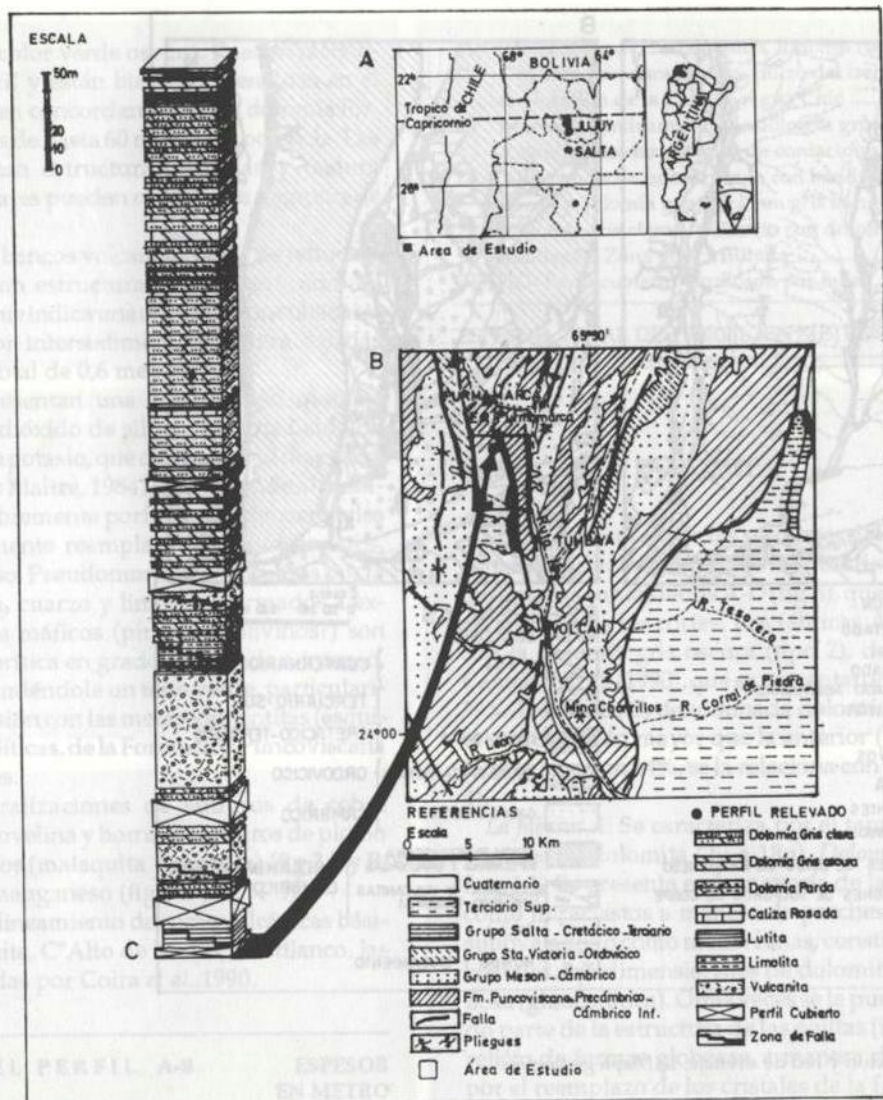


Figura 1: A) Mapa de ubicación geográfico, B) Bosquejo de la región de Tumbaya, basado en el mapa Geológico del NOA (DGFM) y C) Columna estratigráfica relevada (reducida) y su ubicación en el marco geológico.

tras representativas, que fueron estudiadas en microscopio de polarización, por difracción de Rayos X, análisis químicos y de elementos traza.

Descripción del miembro Tumbaya

Está constituido por dolomías, basaltos, limolitas rojas ferruginosas, lutitas y calizas rosadas. Representa la facies de carbonatos (dolomíticos) de la Formación Puncoviscana. Sobreyace en discordancia incierta, posiblemente tectónica, a las turbiditas (pizarras y grauvacas) de las facies pelíticas-psamíticas de la Formación Puncoviscana.

Posee una superficie aflorante de aproximadamente dos kilómetros cuadrados. Está muy tectonizado, reflejo de los movimientos Andicos y de la reactivación de fracturas de ciclos anteriores.

En el Sur, se encuentra flanqueado por dos grandes fallas que se cruzan formando una V, una de rumbo NW-SE y la otra NE-SW. Por otra parte, el miembro se divide en cinco bloques claramente visibles en el mapa geológico, debido al desplazamiento del manto volcánico (fig. 2B). Este sistema de fracturas le imprimen una forma convexa.

Yacimiento de Dolomita

El yacimiento de dolomía fue estudiado en varias oportunidades a solicitud de Altos Hornos Zapla (DGFM), realizándose:

a) Un relevamiento topográfico y geológico a escala 1:2.000, llevado a cabo por Gonzalez Amorín (1958) con la extracción de 22 muestras de superficie con sus correspondientes análisis químicos. En esa oportunidad se divide al depósito de

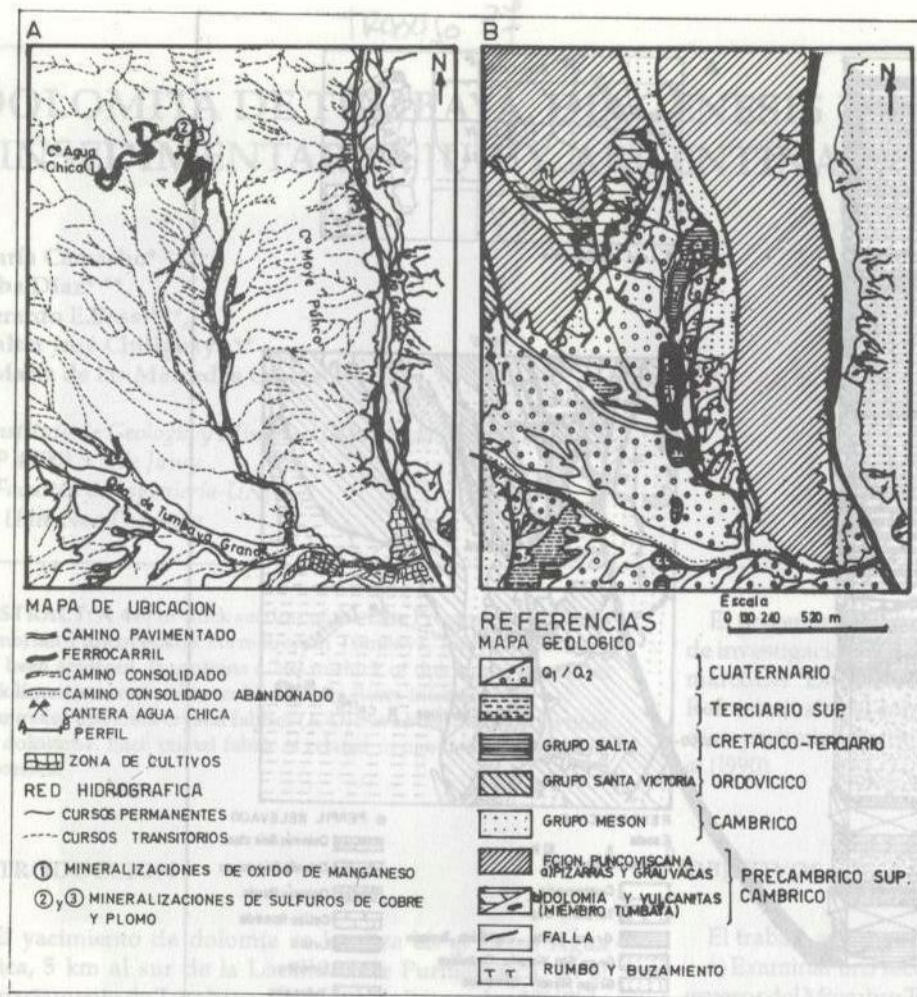


Figura 2: Mapa de ubicación y red de drenaje, B) Mapa geológico.

dolomía en 16 cuerpos irregulares y discontinuos, de espesores variables y reducidos (alrededor del metro) con excepción del cuerpo N° 1. Se confunde a las rocas volcánicas con esquistos cloríticos.

b) Romani (1961) realiza tareas de explotación del cuerpo N° 8 y exploración de los cuerpos N° 7 y 1, para utilizar a la dolomita como fundente, en acería, por Altos Hornos Zapla. Para ello, dispuso la perforación de 551,50 metros y análisis químicos de 100 muestras. Se efectuó un relevamiento topográfico geológico del cuerpo N° 1 a escala 1:250, y sobre el cual realizamos, en nuestro trabajo, el perfil tipo.

c) Leidhold y de los Hoyos (1968) estudian la cantera a pedido de la firma propietaria (Eugenio A. Romero e Hijos SRL) ante el interés de A.H.Z. en utilizar la materia prima dolomítica. Se determinó la factibilidad económica de la dolomía como material refractario; sobre el cálculo de 1.200.000 toneladas de reserva de mineral *in situ* químicamente aptas para acería (cuerpo N° 1) se aplicó una probabilidad del 50%, es decir, 600.000 toneladas.

Descripción del perfil A-B

En el relevamiento de campo, se distinguieron las siguientes facies:

1.- *Dolomita gris clara*: Es de color gris claro, formada por cristales de dolomita de tamaños que varían de 60 a 300 micrones.

2.- *Dolomita gris oscura*: Es de color gris oscuro, constituida por pequeños cristales de dolomita (2u a 60u).

3.- *Dolomita parda*: Es de color pardo amarillento, con tamaños de grano menores de 4 micrones. De presentación esporádica en el perfil.

4.- *Caliza rosada*: Es una roca de color rosado, compacta, con cristales equidimensionales de calcita subhipidióticos y xenotópicos, *esparita*.

5.- *Lutita*: Roca de grano fino con tamaño de grano menores de 2 micrones, con colores que varían de rojo a verde.

6.- *Limolita roja ferruginosa*: Roca de color rojo compuesta por sericita, cuarzo y opacos con cemento ferruginoso.

7.-*Vulcanita*: Rocas de color verde oscuro. Pueden reconocerse en la base del perfil y están bien representadas en el Miembro Tumbaya. Yacen concordantes con la dolomía formando coladas continuas de hasta 60 metros de potencia. Las coladas lávicas presentan estructuras macizas y textura afanítica y en ciertos lugares pueden observarse ejemplos de lavas almohadilladas.

Por otra parte, existen bancos volcánoclasticos de reducida potencia, turbidíticos, con estructura grano clasificada del material piroclástico; lo que indica una deposición subácuca. Son de 5 cm de espesor intersedimentados entre coladas lávicas de 10 cm en un total de 0,6 metros.

Las lavas básicas, presentan una composición química promedio de: 48,9% de dióxido de silicio; 2,7% de óxido de sodio y; 0,3% de óxido de potasio, que de acuerdo al diagrama de Clasificación TAS (Le Maitre, 1984), corresponde al basalto. Presentan textura pobremente porfírica, con fenocristales de plagioclasa intensamente reemplazada por carbonatos, clorita y material arcilloso. Pseudomorfos constituidos por la asociación de magnetita, cuarzo y limonita, formados a expensas de los minerales máficos (piroxeno, olivinos?) son comunes. Alteración clorítica en grado moderado a intenso, afectaron a la roca imprimiéndole un tono verde, particularidad que indujo a confusión con las metasedimentitas (esquistos cloríticos), facies pelíticas, de la Formación Puncoviscana en los trabajos anteriores.

Se observaron mineralizaciones de sulfuros de cobre (calcopirita, calcosina, covelina y bornita), sulfuros de plomo (galena) con sus oxidados (malaquita y cerusita) (fig.2A y B, N°s 2 y 3) y óxidos de manganeso (fig.2A y B, N° 1).

Forman parte de un alineamiento de rocas volcánicas básicas: Coraya, Río Yacoraite, C° Alto de Minas, Río Blanco, las que fueron compendiadas por Coira *et al.*, 1990.

DESCRIPCION DEL PERFIL A-B ESPESOR EN METRO

BASE- No expuesta, truncada por falla	
1 Lutitas violáceas, partición lajosa (1 a 5 cm)	9,20
2 Perfil cubierto por brecha del cuaternario	15,00
3 Alternancia rítmica de calizas rosadas y lutitas verdes grisáceas. Secuencia cíclica CLCLC	2,73
4 Dolomía gris clara, maciza y dolomía gris oscura	4,50
5 Basaltos muy alterados. Tectonizados	20,00
6 Dolomía gris clara, maciza. Contacto neto	5,00
7 Perfil cubierto. Relleno cuaternario	15,00
8 Dolomía gris clara maciza	3,00
9 Lavas básicas con xenolitos de dolomía de 10 cm de 0. En parte lavas almohadilladas. En la base bancos volcánoclasticos, con estructura grano clasificada, turbidíticos	62,00
10 Alternancia de caliza rosada-vulcanita-lutita	2,11
11 Secuencia cíclica de limolita ferruginosa roja-caliza	12,00
12 Dolomía gris clara, partición lapidosa. Pasaje gradual	3,00
13 Limolitas rojas, laminadas (0,5 a 2cm de espesor)	3,00
14 Dolomía gris clara, contacto neto	11,00
15 Lavas básicas de marcado tono verde. Fracturadas	8,00
16 Perfil cubierto por relleno cuaternario	10,00
17 Alternancia laminar milimétrica de dolomía gris clara y oscura. Contacto gradual	40,00
18 Perfil cubierto por relleno cuaternario	8,00
19 Alternancia de dolomía gris clara con limolitas rojizas	4,60
20 Dolomía gris clara, maciza, contacto neto	30,00

21 Alternancia de caliza rosada, limolita roja calcárea	8,00
22 Dolomía gris clara maciza. Inicio del frente de explotación de la Cantera Agua Chic	50,00
23 Marcado bandeamiento de dolomía gris oscura con dolomía gris clara maciza de contacto gradual	98,20
24 Alternancia de caliza rosada con bandas negras-dolomía parda y dolomía gris clara con gris oscuro	7,19
25 Dolomía gris clara alternando con dolomía gris oscura bandeada. Zona muy triturada	6,10
TECHO- Perfil cubierto. Truncado por falla	—
ESPESOR TOTAL DEL PERFIL, EN METROS	439,23

FABRICAS DE DOLOMITA

En base al estudio de las secciones delgadas de estas rocas, se han podido observar cuatro fábricas de cristales de dolomita, designadas con las letras A-D (fig.3), que se encuentran juntas en algunos de los cortes. Las fábricas A+B se corresponden con la dolomía gris oscura (tipo 2), designación dada por Camacho *et al.* (1990), que se presentan en una proporción del 39%. La fábrica C, denominada dolomía gris clara (tipo 1) en una proporción mayor que la anterior (46%) y finalmente la fábrica D, en un 14%, se la relaciona con dolomía blanca (tipo 4).

La fábrica A: Se caracteriza por el tamaño muy fino de los cristales de dolomita (2u a 13u), *Dolomicrosbesparita*, fig.3, foto 1A. Se presenta en la mayoría de las secciones delgadas como intraclastos a manera de parches oscuros, ovalados a subovalados o como media lunas, constituidos por pequeños cristales equidimensionales de dolomita en una matriz arcillosa (glauconítica). Otras veces se la puede observar formando parte de la estructura de las oolitas (fig.3, foto 5A) y como relicto de formas globosas, a manera de un delgado borde, por el reemplazo de los cristales de la fábrica A por los de la fábrica B (fig.3, foto 6A). Por otra parte, se observaron laminaciones onduladas, reminiscencia de crecimientos algáceos. Presentan un color negro en muestras de mano y en las observaciones microscópicas, de gran aumento, un color verdoso.

Como minerales opacos, aparece pirita autigénica (5-10%) diseminada y escasa marcasita.

La fábrica B: Puede ser observada en la mayoría de las fotos de la Fig. 3. Está constituida por cristales subhedrales a anhedrales de dolomita, formando un mosaico cristalino hipidiotópico/xenotópico y sus superficies suelen estar teñidas de un tono pardo-verdoso por la presencia de relictos de la fábrica A, lo que le da un aspecto nuboso.

El diámetro promedio es de 60 micrones (*Dolomicrosbesparita*), variando entre 4 a 60 u. La fábrica B puede ser observada muy bien, entre los aloquímicos de la fábrica A (fig 3, fotos 1B, 5B y 6B).

En otros casos esta fábrica está atravesada por cuerpos con forma de vainas (fig.3, foto 3B), ocupados por cristales de dolomita de la fábrica D. A simple vista son grises oscuras.

La fábrica C: (fig.3, foto 2C), se compone de cristales de dolomita anhedrales, que con menos frecuencia que la fábrica B, presentan superficies nubosas o turbias, con tamaños que

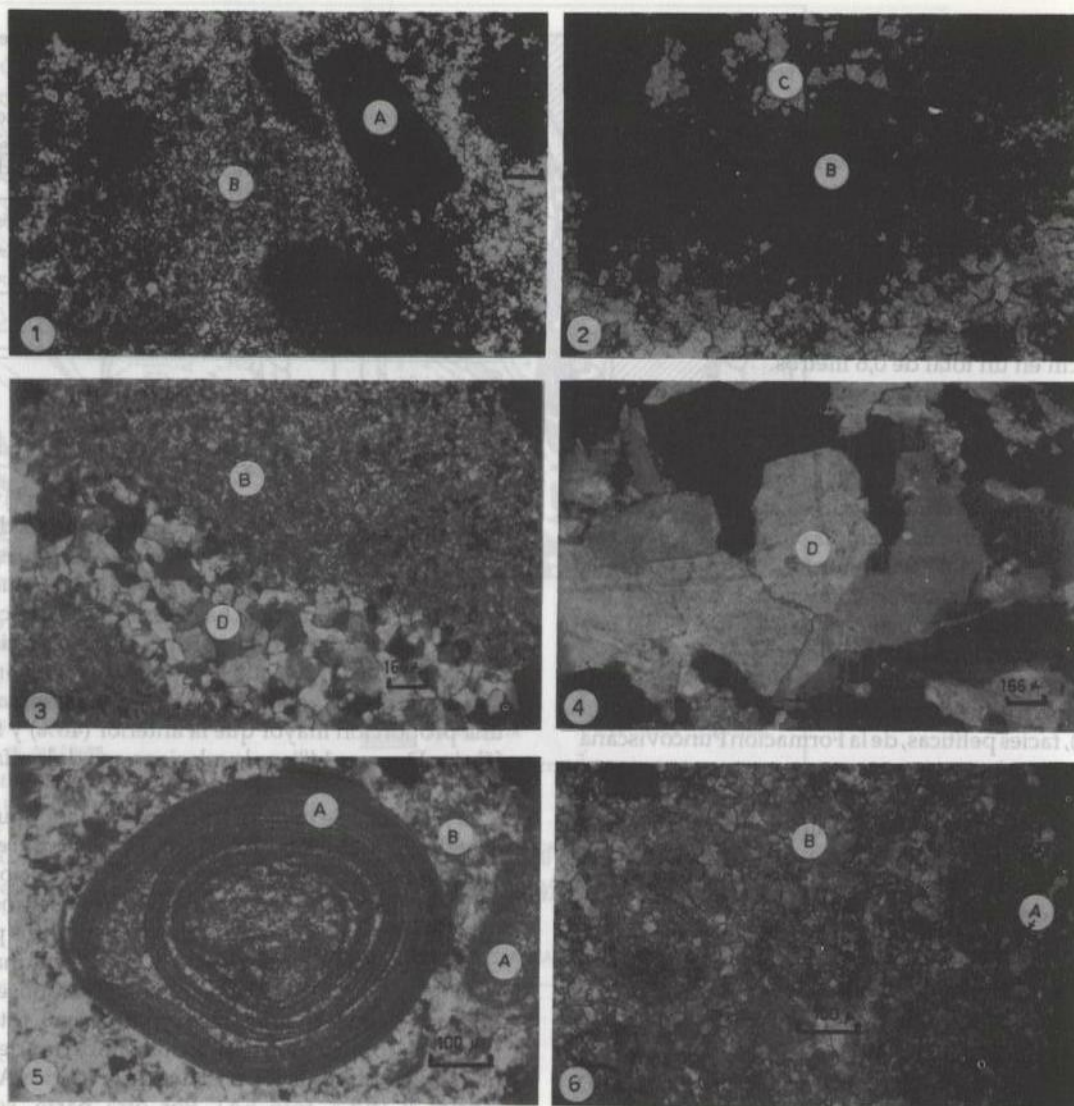


Figura 3: Foto 1: (A) Aloquímicos compuestos de *dolomicro-crista* de la fábrica A que aparecen dentro de un mosaico xenotópico de la fábrica B (B). Es una *dolomicro-subesparita*. Luz plano polarizada. Escala de la barra: 166u.

Foto 2: (B) Cristales pequeños y turbios de la fábrica B compuesto de *dolomicro-subesparita*, gradúan al aumentar de tamaño a los de la fábrica C. (C) Mosaico de la fábrica C compuesto de *dolosubesparita-esparita*, con cristales anhedrales menos turbios que los de la fábrica B. Luz plano polarizada. Escala de la barra 166u.

Foto 3: (D) Cristales grandes y límpidos de la fábrica D constituidos de *dolo-esparita*, rellenando fractura en la fábrica B. Luz plano polarizada +. Escala de la barra 166u.

Foto 4: (D) Grandes cristales de la fábrica D compuesto de *dolo-esparita*, tapizando oquedades. Luz plano polarizada +. Escala de la barra 166u.

Foto 5: (A) Aloquímicos bien preservados de la fábrica A, oolitas y parches oscuros, dentro de la fábrica B. Luz plano polarizada. Escala de la barra 100 u.

Foto 6: (A) Los aloquímicos están pobremente preservados debido al reemplazo de los cristales de la fábrica A por los de la fábrica B. Luz plano polarizada. Escala de la barra 100u.

varían entre 60u a 300u (*dolosubesparita-esparita*). Representa una fase gruesa de la fábrica B.

Es una roca de color gris claro.

La fábrica D: (fig.3, fotos 3D,4D) está formada por los grandes cristales de dolomita, totalmente límpidos y cuyos tamaños varían de 10 a 1500u siendo el tamaño más frecuente entre 100 a 500u. Corresponde a una *dolo-esparita* y muestra un sobrecrecimiento óptico continuo sobre los cristales de las fábricas B y C. Se presenta rellenando cavidades, grietas y microfisuras. Los especímenes de mano presentan un color

blanco, a veces con grandes oquedades y son comunes las estilolitas. El cuarzo es escaso y está asociado a esta fábrica, como relleno de microfisuras y oquedades.

DISCUSION

La composición inicial de la columna estratigráfica revela el inicio de un importante vulcanismo básico sobre una plata-

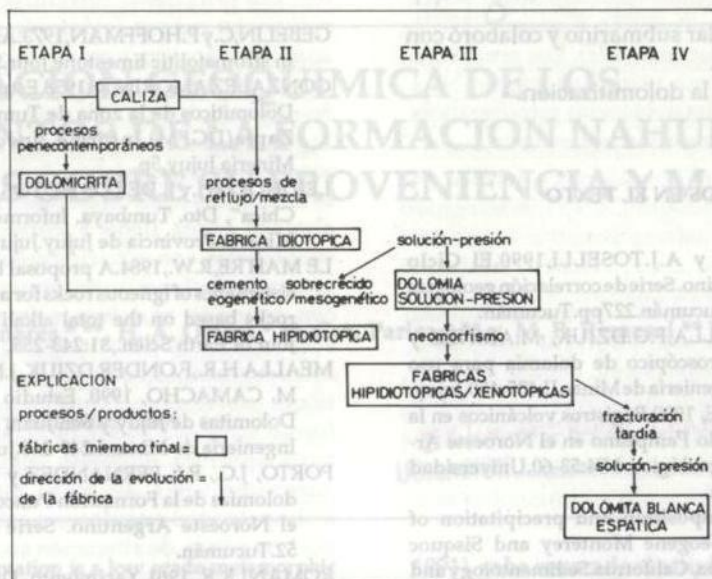


Figura 4: Diagrama de flujo mostrando la ubicación de los productos, procesos, fábricas de dolomita (miembro final) y etapas diagnéticas en la evolución de dolomías complejas, llamado en este trabajo: "Modelo de Evolución Diagenética", basado en Fischer (1988) y adaptado a nuestras observaciones.

forma carbonática preexistente alejada de la costa, el cual elevó el área ocupada por el Miembro Tumbaya, a manera de isla subácuea, aportando Mg, Fe, Mn, Cu, Pb entre otros y creando un medio favorable para la construcción de abultamientos micríticos de baja energía y su posterior dolomitización por secuencias de somerización mostrados por los 16 cuerpos de dolomía existentes.

En algunos niveles del perfil aparecen laminaciones relícticas que podrían estar relacionadas con crecimientos algales. Su reconstrucción se ve dificultada por la antigüedad de la roca y por los cambios diagenéticos, que borraron gran parte sus rasgos primarios.

La evolución de la fábrica de la dolomía de Tumbaya es homologable en gran parte con la del Miembro Medio de la Formación Metalina del Cámbrico, en el NE del Estado de Washington, descrita por Fischer (1988) el cual reconoció cuatro etapas diagenéticas (I-IV) basado: a) en el ambiente diagenético; b) en los procesos actuantes en un ambiente dado; c) en las fábricas de dolomita (miembro final) y; d) en el aumento progresivo de la intensidad diagenética, representadas en un diagrama de flujo -denominado en este trabajo: "Modelo de Evolución Diagenética"- , al cual lo hemos adaptado de acuerdo a nuestras observaciones (fig. 4).

Durante cada etapa diagenética, alguna parte de la fábrica generada fue preservada.

La fábrica A (DOLOMICRITA) se formó en primer término (ETAPA I) por procesos de dolomitización pencontemporáneos a causa de la actividad de algas estromatolíticas (Gebelín y Hoffman, 1973) o por la diagénesis de materia orgánica que produce la precipitación temprana de dolomita y piritita (Compton, 1988).

La interpretación del origen de la fábrica A, se basa en: a) el pequeño tamaño de los cristales de dolomita; b) poseer características primarias preservadas (granos y matriz, oolitas,

oncolitos y laminaciones onduladas, reminiscencia de estructura estromatolítica); c) que el carbonato presente es exclusivamente dolomita y; d) su amplia distribución en las muestras.

La fábrica B (ETAPAS II y III de la fig.4) es el resultado de la dolomitización de la caliza original y de la diagénesis de las dolomías formadas tempranamente, actuando complejos procesos diagenéticos tales como: a) enterramiento vadoso, representados por reflujo de fluidos originales y de superficie o de ambiente de mezcla de aguas; b) fenómenos de sobrecrecimientos y c) de soluciones a presión con cristalizaciones neomórficas produciendo un mosaico xenotópico final.

La fábrica C (ETAPA III de la fig 4) es, principalmente, el producto del neomorfismo de la dolomita existente. La gradación del tamaño de las fábricas B y C sugiere que ambas se formaron desde similares procesos diagenéticos. De las observaciones surge que la fábrica C es más xenotópica que la fábrica B y que se vuelve más común con el aumento de la alteración diagenética.

La fábrica D (ETAPA IV de la fig 4) se origina por los procesos de fracturación, y soluciones a presión en la diagénesis tardía. Es el producto del relleno de vacíos en las oquedades, poros, canales y fracturas.

Los cristales crecen en continuidad óptica con los de la dolomita que tapiza las oquedades y fracturas desarrolladas en los mosaicos de las fábricas B y C.

CONCLUSIONES

1) La dolomía de Tumbaya es una plataforma calcárea lejana a la costa montada sobre un cuerpo volcánico.

- 2) El vulcanismo formó un pilar submarino y colaboró con Mg, Fe, Mn, Cu, Pb entre otros.
- 3) La diagénesis intervino en la dolomitización.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ACEÑOLAZA, F.G. y H. MILLER y A.J. TOSELLI, 1990. El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie de correlación geológica N°4. Universidad Nacional de Tucumán. 227pp. Tucumán.
- CAMACHO, M., A. DIAZ, H.R. MEALLA, F.O. DZIUK, M. ARÍNEZ y G.N. SOLIS, 1990. Estudio microscópico de dolomía para uso refractario. Actas IV Jornadas Ingeniería de Minas. II: 435-450. Jujuy.
- COIRA, B., N. MANCA y W. CHAYLE, 1990. Registros volcánicos en la Formación Puncoviscana. El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie de correlación geológica N°4: 53-60. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán.
- COMPTON, J.S., 1988. Sediment composition and precipitation of dolomite and pyrite in the Neogene Monterey and Siquoc Formation Santa Maria Basin Area, California. Sedimentology and Geochemistry of Dolostones, SEPM Special Publication N°43: 53-64.
- FISCHER, H.J., 1988. Dolomite diagenesis in the Metaline Formation, Northeastern Washington state. Sedimentology and Geochemistry of Dolostones SEPM. Special Publication N°43: 209-219.
- GEBELIN, C. y P. HOFFMAN, 1973. Algal origin of dolomite laminations in stromatolitic limestone. Jour. Sed. Petrol. 43: 603-613.
- GONZALEZ AMORIN, R., 1958. Estudio preliminar sobre los Calcáreos Dolomíticos de la zona de Tumbaya-Pcia de Jujuy. Altos Hornos Zapla (DGFM). Informe Inédito. Dirección Provincial de Minería. Jujuy. 5p.
- LEIDHOLD, H. y L. DE LOS HOYOS, 1968. Cantera de Dolomita "Agua Chica", Dto. Tumbaya. Informe inédito. Dirección Provincial de Minería. Provincia de Jujuy. Jujuy. 9p.
- LE MAITRE, R.W., 1984. A proposal by the IUGS Subcomission on the systematics of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram. Australian Jour. of Earth Scien. 31: 243-255.
- MEALLA H.R., F. ONDERDZIUK, J.M. GONZALEZ, R.O. BAGLIVO y M. CAMACHO, 1990. Estudio del comportamiento térmico en Dolomitas de Jujuy y San Juan. Actas IV Jornadas Argentinas de Ingeniería de Minas. I: 249-268. Jujuy.
- PORTO, J.C., R.I. FERNANDEZ y M.H. CARRION, 1990. Calizas y dolomías de la Formación Puncoviscana s.l. El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie Correlación Geológica N°4: 37-52. Tucumán.
- ROMANI, R.R., 1961. Yacimiento Dolomítico Tumbaya-Jujuy. Altos Hornos Zapla (DGFM). Informe inédito. Dirección Provincial de Minería. Jujuy. 42 p.
- TURNER, J.C., 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. Boletín Academia Nacional de Ciencias. 41(2): 163-196. Córdoba.