

LA REGIÓN ZANJA DEL TIGRE - CARAPÉ (MALDONADO-URUGUAY) Y SUS ROCAS METACALCÁREAS. ESTUDIO GEOLÓGICO E IMPLICANCIAS ESTRATIGRÁFICAS Y ECONÓMICAS.

THE 'ZANJA DEL TIGRE - CARAPE' REGION (MALDONADO - URUGUAY) AND ITS METACALCAREOUS ROCKS. A GEOLOGICAL STUDY AND ITS STRATIGRAPHIC AND ECONOMIC IMPLICATIONS.

Carlos Alberto Rossini

Natalie Rose Aubet

Instituto de Geología y Paleontología, Facultad de Ciencias

Iguá n°4225 - Montevideo 11400 - Uruguay

Tel.: (598-2) 525 8618 al 23 (163) Fax: (598-2) 525 1272

e-mail: rossini@fcien.edu.uy

RESUMEN

Las rocas metacalcáreas de la región Zanja del Tigre - Carapé conforman, junto a otros litotipos metamórficos, una faja continua de rocas supracorticales que se extiende por más de 20 Km en dirección SW-NE en el sector NW del Departamento de Maldonado (Uruguay).

Tradicionalmente, todas estas litologías han sido agrupadas en una misma unidad estratigráfica por diferentes autores, utilizando diferentes criterios de definición.

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos del análisis geológico de la faja metamórfica y de la petrografía y química de sus litologías metacalcáreas. Las sustanciales diferencias encontradas entre la zona sudoeste (Zanja del Tigre) y noreste (Carapé) son interpretadas como resultado de génesis distintas y diferencias en las condiciones físicas de evolución tectometamórfica sufridas por ambos conjuntos durante el Ciclo Brasiliano. A partir de los resultados y de la constatación de límites tectónicos claramente definidos entre ambos paquetes metasedimentarios, se propone su distinción estratigráfica definiéndose dos unidades litotectónicas. Esta separación posee connotaciones económicas referentes a la utilización de las rocas metacalcáreas de la región como materia prima para la fabricación de cal y cemento.

Palabras clave: Carapé - Zanja del Tigre - Rocas metacalcáreas - Cinturón Dom Feliciano - Ciclo Brasiliano.

ABSTRACT

The Zanja del Tigre - Carapé area is exposed in the northwest of the Maldonado Department (Uruguay). The metacalcareous rocks occur with other metamorphic lithotypes forming a continuous supracrustal belt of 20 kilometres to the southwest - northeast direction.

All these lithologies have been associated with different classification criteria at the same stratigraphic unit. The results of a geological analysis in the metamorphic belt and a petrographic-chemical study on the metacalcareous rocks are presented. The differences between the southwestern zone (Zanja del Tigre) and northeastern region (Carapé) are interpreted as results of different geneses and physical conditions during the tectono-metamorphic evolution, for both zones during the Brasiliano Orogeny. According to these results a stratigraphic assignment to these metasediments and the definition of two lithotectonic units are presented. This division has economic implications related to the use of the metacalcareous rocks in the region for the lime production and the cement industry.

Key words: Carapé - Zanja del Tigre - metacalcareous rocks - Dom Feliciano belt - Brasiliano Orogeny.

INTRODUCCIÓN

La región de estudio comprende una faja de rocas supracorticales que se extiende por más de 20 km en dirección SW-NE al E del Grupo Lavalleja y W de Sierra Ballena, en la porción SE del Cinturón Dom Feliciano (CDF), al NW del Departamento de Maldonado (Figura 1).

Esta región posee como actividad minera principal, desde principios de siglo, la explotación de rocas metacálceas con fines ornamentales e industriales (fabricación de cal y cemento).

En el presente trabajo, a partir de un estudio aplicado al potencial minero de la región, se analiza la geología, arreglos estratigráficos y disposiciones estructurales de la misma, verificándose la existencia de dos registros metasedimentarios diferentes separados por discontinuidades tectónicas. Las diferencias entre ambos registros son interpretadas como consecuencia de diferentes petrogénesis e historias tectometamórficas, proponiéndose su separación en dos unidades estratigráficas informales litotectónicas: la Unidad Zanja del Tigre, ubicada al SW, y la Unidad Carapé, ubicada al NE.

Este trabajo contribuye al mejor conocimiento de la geología de una región del CDF poco estudiada en relación a otras adyacentes del mismo. Desde un punto de vista aplicado, los resultados de este estudio y la aplicación de este nuevo enfoque estratigráfico para la región impactan directamente en aspectos prospectivos de sus rocas metacálceas.

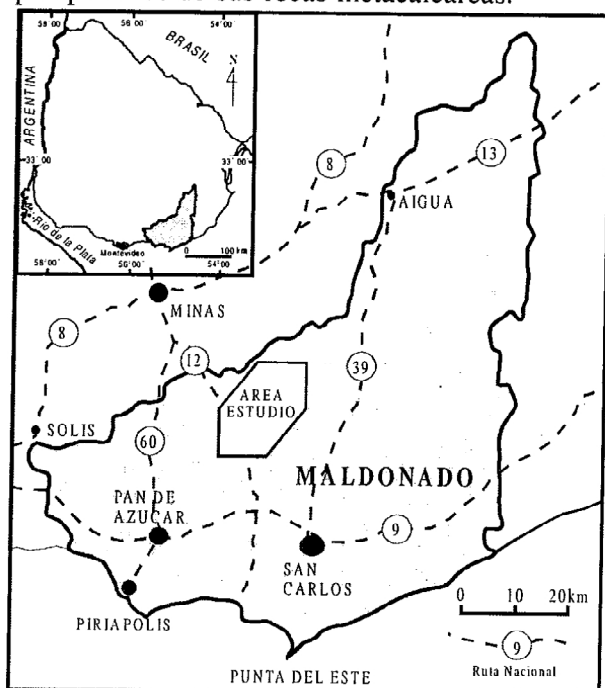


Figura 1 - Ubicación geográfica del área de estudio.

Figure 1 – Geographic localitation of the study region.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el análisis geológico (estratigráfico y estructural) de la región se basó en criterios de mapeo litoestructural. Constó de las siguientes etapas de mapeo y síntesis (asociadas a sucesivas aproximaciones al conocimiento de la geología del área a través de relevamientos de campo, trabajos de gabinete y utilización de documentos de sensoramiento remoto):

- * Análisis geológico-estructural regional que permitió la separación preliminar de zonas limitadas por discontinuidades tectónicas jerarquizadas (unidades estructurales básicas de mapeo).

- * Estudios de la disposición y estilos estructurales, petrografía y arreglos estratigráficos de los litotipos involucrados en cada una de estas zonas.

- * Integración de diferentes zonas básicas de mapeo a partir de sus características petrográficas, estructurales y estratigráficas utilizando el concepto de Unidad litotectónica (Sengör, 1990): conjunto mapeable de litologías espacialmente asociadas, compatibles y relacionadas en términos de petrogénesis, y con una historia tectónica común. Para lograr los objetivos se relevaron 150 afloramientos y utilizaron fotografías aéreas del Servicio Geográfico Militar a escala 1:40.000 y 1:20.000. Los estudios petrográficos fueron realizados sobre 50 láminas delgadas correspondientes a litotipos más representativos de la región.

La caracterización de las rocas metacálceas fue considerada un ítem aparte y realizada a partir de estudios de campo, análisis petrográficos y químicos. Los análisis químicos cuantificaron el % de carbonatos y de MgO presentes en las rocas muestreadas, trabajo realizado en los laboratorios de ANCAP-Pando, mediante fluorescencia de RX. Los muestreos para estos análisis estuvieron en concordancia con la escala de trabajo, con las superficies de afloramiento ocupadas por los diferentes tipos de rocas metacálceas y por su carácter puro o impuro a nivel de muestra de mano, teniendo un enfoque operativo aplicado exploratorio.

ANTECEDENTES

Los antecedentes cartográficos de la región estudiada son escasos. Pueden citarse algunos esbozos geológicos presentes en Bossi & Navarro, (1991), mapas de síntesis regional como Preciozzi *et al.*, (1985) y Bossi *et al.*, (1998) y un mapa a escala 1:100.000 de Sánchez, (1998) que cubre la zona SW del área.

	Unidad ZANJA DEL TIGRE	Unidad CARAPÉ
Tipo de registro	Metasedimentario	Meta vulcano-sedimentario
Litotipos	Dol-mármoles, esquistos calcáreos, filitas, metasedimentos finos, metareniscas y metaconglomerados.	Cc-calizas, metamargas, Grt-Ms esquistos, metavolcánicas piroclásticas, rocas calcosilicatadas, Cuarzitas con Diópsido
Ambiente sedimentario	Plataformal silico-carbonático proximal-somero. Tendencia cíclica de progradaciones	Plataforma silico-carbonática distal con manifestaciones volcánicas piroclásticas. Tendencia general de somerización.
Metamorfismo regional	Facies Esquistos verdes	Facies Anfibolita
Metamorfismo locales	De contacto-Hidrotermal	Hidrotermal
Estilo de deformación	Dúctil-rúptil	Dúctil
Estilo de plegamiento	Isópaco	Anisópaco
Metacalcáreos	% MgO altos a muy altos % SiO ₂ en general muy bajos	ACS: % MgO moderados % SiO ₂ moderados a altos ACN: % MgO muy bajos % SiO ₂ muy bajos a bajos

Tabla I - Esquema comparativo de las principales características geológicas de las Unidades Zanja del Tigre y Carapé.

Table I – Comparative scheme of the main geological features of the Zanja del Tigre and Carapé Units.

Tradicionalmente, las litologías metamórficas de la región son agrupadas estratigráficamente en una misma unidad formal por distintos autores.

El primer agrupamiento estratigráfico de estas litologías, que involucra además a diferentes rocas ortoderivadas, lo realiza Bossi, (1983) en la definición del Grupo Carapé. Este autor toma como criterio unificante para las litologías del Grupo a la intensidad de metamorfismo (facies anfibolita). Esta definición disocia estos registros de los del Grupo Lavalleya, pero genera inconvenientes en relación al análisis de la evolución de este sector del CDF al agrupar registros metasedimentarios y granitoides sin y pre-tectónicos.

Un segundo agrupamiento estratigráfico lo realiza Sánchez, (1998) en la definición de la Fm. Zanja del Tigre, involucrando a todas las rocas supracorticales de la región estudiada. La definición de esta nueva unidad formal, asociada por esta autora al Grupo Lavalleya, es un intento de separar

los registros supracorticales de los conjuntos ortoderivados de la zona SE del CDF, lo cual presenta ventajas conceptuales al analizar la evolución de este sector del mismo. Sin embargo, las evidencias presentadas a favor de la asociación de estos registros metasedimentarios al Grupo Lavalleya son escasas.

Los dos agrupamientos estratigráficos mencionados son contrapuestos ya que, en la definición de la Fm. Zanja del Tigre, se plantea la abolición del Grupo Carapé y la definición conjunta del Complejo Carapé (Sánchez, *op. cit.*) conformado por un conjunto de cuerpos granitoides pre a tardi-tectónicos.

GEOLOGÍA DESCRIPTIVA

A continuación se presentan las características geológicas de los registros metamórficos de la región.

En la Tabla 1 se resume, de forma comparativa, los

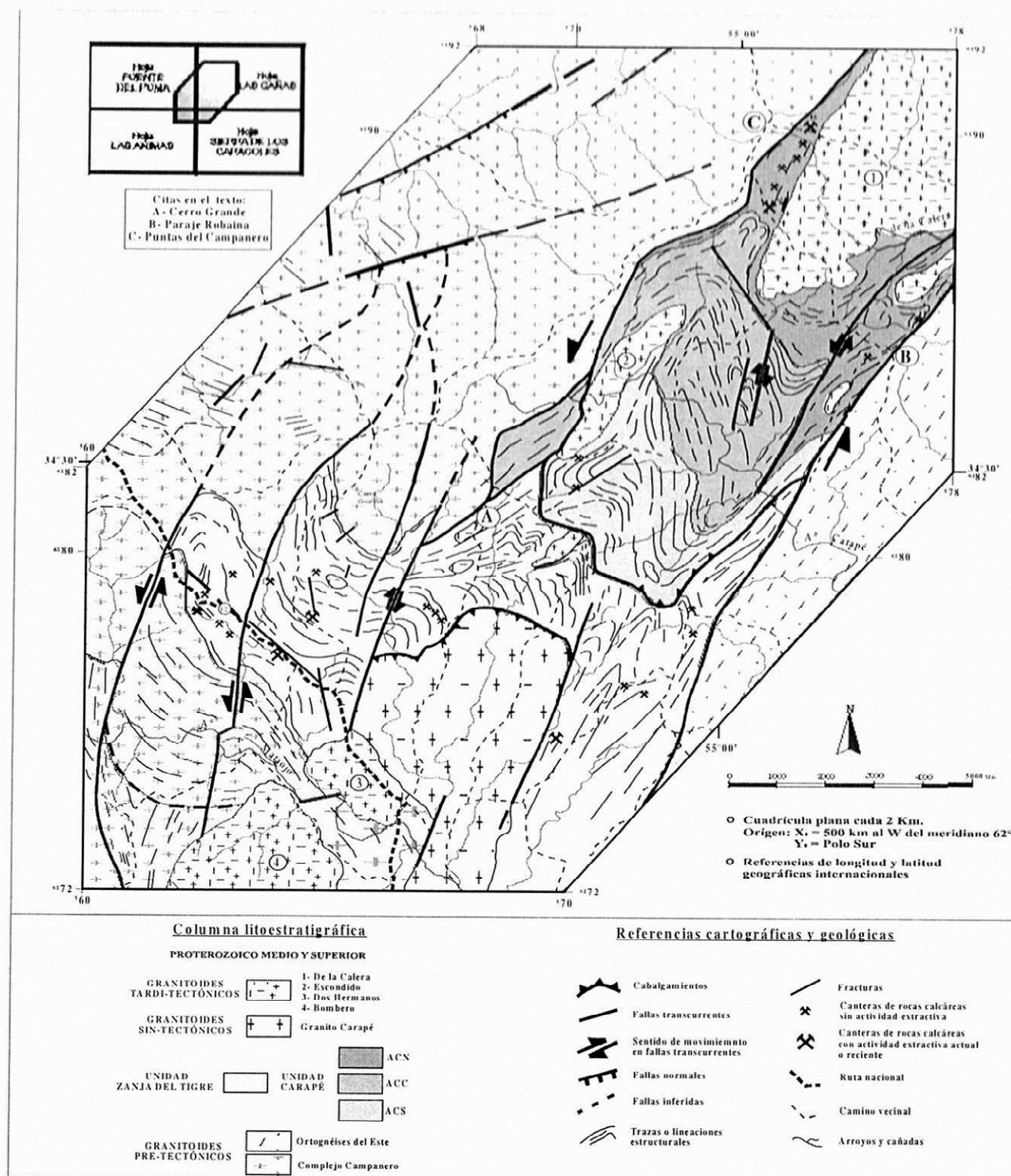


Figura 2 - Mapa geológico de la región Zanja del Tigre-Carapé con la delimitación de las Unidades litotectónicas homónimas.

Figure 2 – Geological map of the Zanja del Tigre – Carapé area with the boundaries of the litotectonic Units.

principales caracteres geológicos de las unidades litotectónicas definidas. Éstas son enunciadas en términos de una síntesis de su geología, basada en su mapeo litoestructural de detalle.

La Unidad Zanja del Tigre

La Unidad Zanja del Tigre (UZT) está constituida por un importante paquete metasedimentario correspondiente a registros de un ambiente plataformar de sedimentación mixta silico-carbonático, somero y proximal, con ciclicidad a nivel de registro estratigráfico. Su desarrollo espacial es amplio, cubriendo gran parte del área a estudio

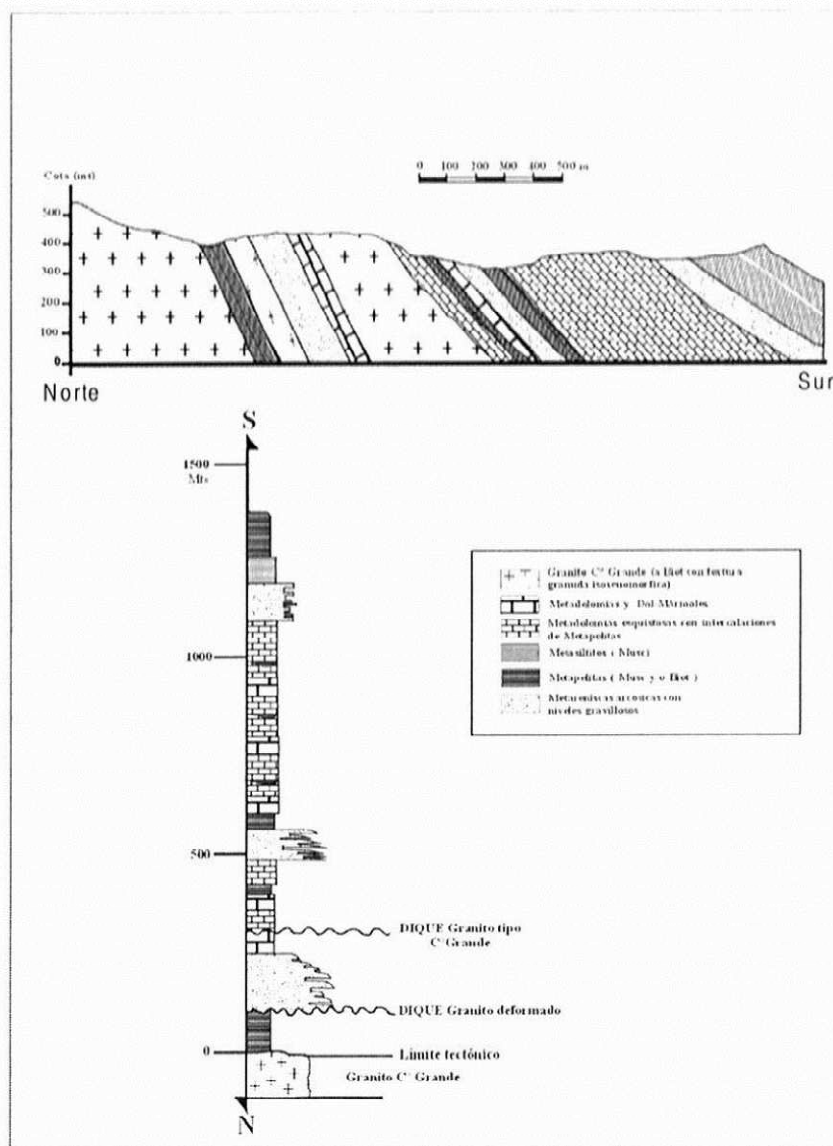


Figura 3 - Perfil estratigráfico tipo de la Unidad Zanja del Tigre.

Figure 3 – Stratigraphic type section of the Zanja del Tigre Unit.

en su porción SW (Figura 2).

Las relaciones de contacto con las unidades geológicas adyacentes son tectónicas. El límite con los granitos-gnéisses del Complejo Campanero (Sánchez, *op. cit.*), ubicado al E y NW, se expresa por un sistema de fallas transcurrentes, de tipo sinistral, mientras que con los ortogneisses y granitoides bandeados del E a través de una zona de cizalla sinistral. Desde el S, este paquete metasedimentario es cabalgado por el granito Carapé (considerado como sin-tectónico), mientras que al N y NE una superficie de falla inversa, de alto ángulo, constituye su límite con las litologías de la aquí denominada Unidad Carapé (UC) (Figura 2).

El registro litológico posee una potencia localmente superior a los 2500 m y se encuentra volcado con suaves a moderados buzamientos, en general, hacia

el S y SW, con rumbos variables en torno a la dirección EW. Son frecuentes los plegamientos y zonas de cizalla que desvían, sin embargo, la disposición estructural de estos registros de las direcciones principales definidas. La polaridad del paquete está definida a partir de estructuras primarias bien preservadas y de los arreglos estratigráficos, definiéndose la base en el N y el tope en el S.

Litológicamente, está conformada por intercalaciones de mármoles y calizas dolomíticas, esquistos calcáreos, Muscovita filitas, metaareniscas arcóicas, metaconglomerados y metacalcoarenitas, en orden de importancia en relación a su superficie aflorante. Un perfil tipo de este registro se representa en la Figura 3, levantado desde el Cerro Grande hacia el S. Este perfil muestra una marcada ciclicidad de las progradaciones representadas por

los términos siliciclásticos y su evolución hacia condiciones de sedimentación carbonática.

El estilo estructural de la deformación preservada en estas litologías es rúptil-dúctil, correspondiendo a un nivel estructural medio, con predominio de plegamientos subisópacos asociados a fallas y fracturas. Este estilo presenta desviaciones hacia condiciones más dúctiles en la cercanía de las fallas transcurrentes que cortan el conjunto en dirección aproximada N20.

Los pliegues, en general, son abiertos, con planos axiales de dirección NNE y ejes b con inmersión al SSW. En el sector W de la unidad, los plegamientos se tornan más apretados, registrándose allí, y a partir de estas estructuras, una componente de aplastamiento más importante. Las foliaciones principales son, en general, paralelas a las S_0 , estando afectadas por los macroplegamientos principales, existiendo de forma muy restricta, foliaciones de plano axial asociadas.

Las fallas transcurrentes disectan a la macroestructura de ZT, conformando varios bloques que presentan desplazamientos hacia el SSW. Las estructuras reseñadas y su disposición estructural y espacial evidencian el funcionamiento de una tectónica transcurrente sinistral transpresiva sobre el conjunto.

Las condiciones metamórficas regionales registradas en las litologías de la UZT están en acuerdo con las paragénesis del facies esquistos verdes: presencia regional de asociaciones Dol + Cc + Tlc $\pm$ Tr en rocas metacalcáreas y de asociaciones Qtz + Ms + Clo $\pm$ Bt en rocas metapelíticas. Sin embargo, existen numerosos desvíos locales de estas condiciones asociados a aureolas de contacto generadas por numerosos cuerpos intrusivos graníticos y a circulación de fluidos a nivel de fallas y fracturas. Estos desvíos locales se asocian a paragénesis con Tr y Phl en metacalcáreos y con Bt-Grt en metapelitas y a la aparición frecuente de porcentajes modales importantes de turmalina de origen secundario en rocas metapelíticas.

La Unidad Carapé

La Unidad Carapé (UCP) está representada por un importante paquete meta-vulcano-sedimentario correspondiente a registros de un ambiente plataformal mixto silico-carbonático con manifestaciones de actividad volcánica, predominantemente piroclástica y de composición ácida a intermedia. Su desarrollo espacial es amplio, cubriendo gran parte del área de estudio en su porción central y NE (Figura 2).

Las relaciones de contacto con las unidades geológicas adyacentes son tectónicas: al S, limita con la UZT a través de una falla inversa de alto ángulo; su límite con el Complejo Campanero lo constituye un sistema de fallas transcurrentes sinistral con padrón escalonado, mientras que el límite con los ortogneísses del Este lo constituye una zona de cizalla profunda con funcionamiento sinistral. Estos dos últimos límites transcurrentes evidencian una importante componente de aplastamiento, lo cual también queda registrado en el alto porcentaje de acortamiento de los cuerpos litológicos de la UC en sentido SE-NW. Hacia el NE este registro sufre disgregación tectónica asociada al emplazamiento de grandes cuerpos intrusivos graníticos (ver figura 2).

El estilo estructural de la deformación registrada en estas litologías es claramente dúctil, correspondiendo a la transición de nivel estructural medio-inferior, con predominio de plegamientos anisópacos.

Los pliegues poseen, en general, una tendencia a ser cerrados con planos axiales en dirección NNE, subverticales y ejes b con inmersión tanto al SSW como al NNE, desarrollando foliaciones de plano axial. La actitud de los cuerpos se aproxima generalmente a la vertical. Los plegamientos y la disposición espacial de las estructuras evidencian el funcionamiento de una tectónica transcurrente sinistral transpresiva para el conjunto.

Las estructuras primarias no se conservan en el interior de los cuerpos de rocas paraderivadas, siendo sólo posible la reconstrucción de arreglos primarios de litologías de carácter local, a partir del análisis del plegamiento sufrido por ellas. La definición de la polaridad de este registro se determinó a partir del estudio de estructuras primarias preservadas en rocas ortoderivadas ácidas piroclásticas existentes en la zona central de la región: la base del registro se encuentra hacia el SW y el tope hacia NE.

Desde el punto de vista genético, los arreglos litológicos pueden ser separados en tres asociaciones. Los límites de estas asociaciones se definen a través de horizontes guías y de la aparición, o desaparición, de algunos términos litológicos en el registro. Se tiene así:

Asociación Carapé Sur (ACS)

La ACS corresponde a la base de los registros de la UC y se ubica en la porción SW de la misma. Litológicamente, está compuesta por metamargas laminadas, metacalcáreos impuros con Tr-Act y/o Plh, rocas calcosilicatadas y Grt-Ms esquistos, en orden de importancia en cuanto a superficie de afloramiento. Estos registros corresponden a una

secuencia plataformal silico-carbonática de sedimentación mixta (pelítico-carbonático), la cual presenta una tendencia temporal de somerización denotada por el incremento de términos siliciclásticos en el tope del registro.

Sus litologías presentan una intensa deformación, asociada a fuerte disminución de tamaño de grano por recrystalización dinámica, en las cercanías de la zona de falla inversa ubicada en su límite con la UZT.

Asociación Carapé Centro (ACC)

Esta Asociación representa el registro de los episodios volcánicos en la cuenca. Su límite con la ACS está definido por un cuerpo muy continuo de Grt-Ms esquistos, a partir del cual y hacia el NE, aparecen los primeros litotipos metavolcánicos.

Litológicamente, la ACC es la más diversificada de todas las de la UC, dominando metavolcánicas ácidas a intermedias piroclásticas (Bt-Ms esquistos con ojos de Qtz y/o Fp y/o fragmentos líticos), Grt-Ms esquistos, Bt-esquistos, rocas calcosilicatadas y mármoles en orden de importancia. Si bien es difícil realizar una reconstrucción de este registro debido a la deformación que presenta, se constata un cambio general importante en la sedimentación de la cuenca, la cual está dominada por términos

siliciclásticos y por aportes volcánicos.

Asociación Carapé Norte (ACN)

Esta tercera Asociación, corresponde al tope del registro de la UC en el área y se ubica en la porción NE de la misma. Su límite con la ACC lo marca la desaparición de la actividad volcánica y de sus registros. La ACN se continúa hacia el NE fuera del área a estudio.

Su registro litológico es el más difícil de reconstruir debido a la deformación y desmembramiento tectónico asociado a la confluencia de las dos zonas de cizalla que limitan la unidad y al emplazamiento de grandes cuerpos graníticos (por ejemplo, el granito de la Calera). Esta compuesto fundamentalmente por metacalcáreos, Ce mármoles, Grt-Ms esquistos y rocas calcosilicatadas.

El principal cambio operado en la sedimentación lo representa la desaparición de los términos volcánicos y la conformación de una sedimentación mixta que genera alternancia de estratos calcáreos y pelíticos.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ROCAS METACALCÁREAS

Metacalcáreas de Zanja del Tigre

Las rocas metacalcáreas de la UZT presentan una

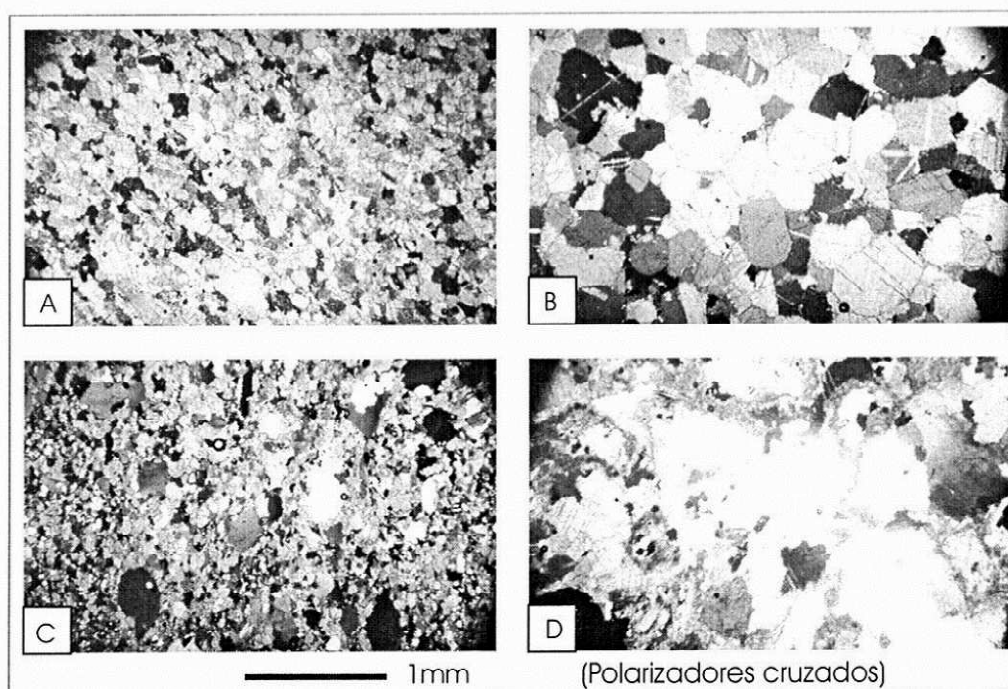


Figura 4 - Fotomicrografías de litotipos metacalcáreos representativos de la Unidad Zanja del Tigre. A) Dol Mármol con Mica blanca y Qtz, deformado. B) Dol Mármol C) Qtz-Dol Mármol (metacalcoarenita). D) Qtz-Dol Mármol con trazas de Tr.

Figure 4 – Photomicrography of the representative metacalcareous lithotypes of the Zanja del Tigre Unit. A) Deformed Dolomite Marble with White Mica and Quartz. B) Dolomite Marble C) Quartz–Dolomite Marble. D) Quartz–Dolomite Marble with traces of Tremolite.

Zanja del Tigre							
Datos de análisis				Datos calculados ¹			Clasificación modal/petrográfica ²
Muestra	% peso equivalente CaCO ₃	% peso MgO	% peso Otros	% modal de Calcita	% modal de Dolomita	% modal de Otros	
AC18	97.4	18.6	2.6	12.26	84.98	2.76	Cc-Dol Mármol con Mica Blanca
AC38	95.2	19.1	4.8	7.60	87.30	5.09	Metadolomía calcítica con Tre
AC39	85.6	16.0	14.4	12.33	72.52	15.15	Metadolomía calcítica con Qz y Flo.
AC52	95.4	18.5	0.0	10.66	84.47	4.88	Cc-Dol Mármol con mica blanca y Qz
AC52E	104.3	21.1	0.0	7.21	92.79	0.0	Cc-Dol Mármol
AC70	100.1	20.5	0.0	6.02	93.98	0.0	Dol Mármol
AC71	100.8	18.1	0.0	18.01	81.99	0.0	Dol Mármol
AC72	100.8	21.0	0.0	4.34	95.66	0.0	Cc-Dol Mármol
AC73	102.3	21.2	0.0	4.86	95.14	0.0	Dol Mármol
AC74	101.7	19.5	0.0	12.24	87.76	0.0	Cc-Dol Mármol
AC75	101.1	19.4	0.0	12.17	87.83	0.0	Cc-Dol Mármol
AC76	104	19.8	0.0	12.88	87.12	0.0	Cc-Dol Mármol
AC05A	57.2	16.4	42.8	0.0	55.20	44.80	Qz-Dol Mármol con Mica Blanca
AC05B	72.3	16.2	27.7	0.0	70.98	29.02	Qz-Dol Mármol con Mica Blanca
AC83	99.8	18.9	0.2	13.33	86.46	0.21	Cc-Dol Mármol con Tre
AC84	100.1	18.5	0.0	15.58	84.42	0.0	Cc-Dol Mármol

Carapé SW							
AC85	93.3	2.5	6.7	82.04	11.07	6.90	Metacalcáreo dolomítico con Flo y Qz
AC86	77.6	13.8	22.4	14.41	62.16	23.42	Flo-Qz-Cc-Dol Mármol
AC87	57.9	9.0	42.1	16.57	39.98	43.46	Metadolomía calcítica con Qz y Flo

Carapé NE							
AC56	93.3	0.6	6.7	90.49	2.65	6.86	Cc Mármol con mica blanca y Qz
AC56A	96.7	0.3	3.3	95.30	1.32	3.38	Cc Mármol con mica blanca y Qz
AC56D	94.7	0.3	5.3	93.25	1.32	5.43	Cc Mármol con mica blanca y Qz
AC58	91.8	0.3	8.2	90.29	1.32	8.39	Metacalcáreo con Mica Blanca
AC59	94.0	0.4	6.0	92.09	1.76	6.14	Cc Mármol con Mica blanca
AC59'	89.5	0.3	10.5	87.94	1.32	10.74	Cc Mármol con Mica blanca
AC60	54.1	3.1	45.9	39.62	13.61	46.77	Dol-Cc Mica Mármol
AC80	94.2	0.67	5.8	91.10	2.96	5.94	Cc Mármol con mica blanca y Qz
AC81	96.1	0.64	3.9	93.18	2.83	4.0	Cc Mármol con mica blanca
AC82	100.3	18.5	0.0	15.52	84.48	0.0	Cc-Dol Mármol

1- Los cálculos de los % modales de Cc y Dol en la roca se realizaron con las siguientes premisas:

- Cc y Dol con composición ideal
- No existencia de otros carbonatos en la roca.
- No existencia de otros minerales de Ca y Mg no carbonáticos.

2 - La clasificación modal petrográfica es una adaptación para rocas metamórficas de las propuestas por Leighton & Pendexter (1962) y por Pettijohn (1975). Los criterios de tamaño de grano son los de Williams et al (1970). Dicha adaptación se resume en el siguiente cuadro.

Relación Cc/Dol	Arreglo Textural	
	Granular criptocristalina (<0,01mm) a microcristalina (0,01-0,2 mm)	Granular macrocristalina / granoblástica (> 0,2mm)
90:10	Metacalcáreo o Cc Caliza	Cc Mármol
55:45	Metacalcáreo dolomítico o Dol-Cc Caliza	Dol-Cc Mármol
45:55	Metadolomía calcítica o Cc-Dol Caliza	Cc-Dol Mármol
10:90	Metadolomía o Dol Caliza	Dol Mármol

Tabla II - Datos químicos, porcentajes modales calculados y clasificación petrográfica de las rocas metacalcáreas de las regiones de Zanja del Tigre y Carapé.

Table II – Chemical results, modal percents and petrographic classification of the metacalcareous rocks of the Zanja del Tigre and Carapé areas.

serie de características que las diferencian de las de la UC, representando los litotipos más frecuentes de la unidad en cuestión. Petrográficamente, los litotipos más comunes son mármoles y calizas dolomíticas y esquistos calcáreos, encontrándose además, de forma subordinada, hornfels y rocas hidrotermalizadas carbonáticas asociados a cuerpos intrusivos graníticos y a zonas de cizalla, respectivamente. Las dos características en común más resaltantes, son su casi invariante coloración blanca y su composición mineralógica fuertemente dolomítica. Los caracteres petrográficos a nivel microscópico de los principales litotipos son mostrados en la Figura 4, mientras que definiciones modales en la Tabla II.

Los mármoles y esquistos calcáreos se disponen de forma concordante y se asocian a bancos de Ms filitas, metareniscas arcóscas y metaconglomerados conformando el potente paquete metasedimentario volcado ya analizado. En el sector central y W de la UZT, los cuerpos calcáreos se disponen en el entorno E-W y NW-SE, con plegamientos abiertos de plano axial subverticales en dirección SSW y estilo dúctil-rúptil, mientras que en el sector E la deformación dúctil es más intensa presentándose como bancos verticalizados con plegamientos apretados con planos axiales en igual dirección. Estas rocas han sido objeto de prospección y explotación, lo que se confirma en la existencia de

numerosas trincheras, canteras abandonadas y en producción. La explotación de estas litologías estuvo y está asociada a su empleo como rocas ornamentales, piedra partida para caminería y fabricación de pisos monolíticos.

Metacalcáreas de Carapé.

Las rocas metacalcáreas de la UC presentan una

serie de características en común que las diferencian de las ya analizadas de la UZT. Estas litologías son muy frecuentes en la ACS y la ACN, verificándose, sin embargo, notorias diferencias en cuanto a su composición en ambas porciones de la UC, asociado esto a diferentes condiciones de génesis que ya fueron reseñadas. Es por esta razón que son

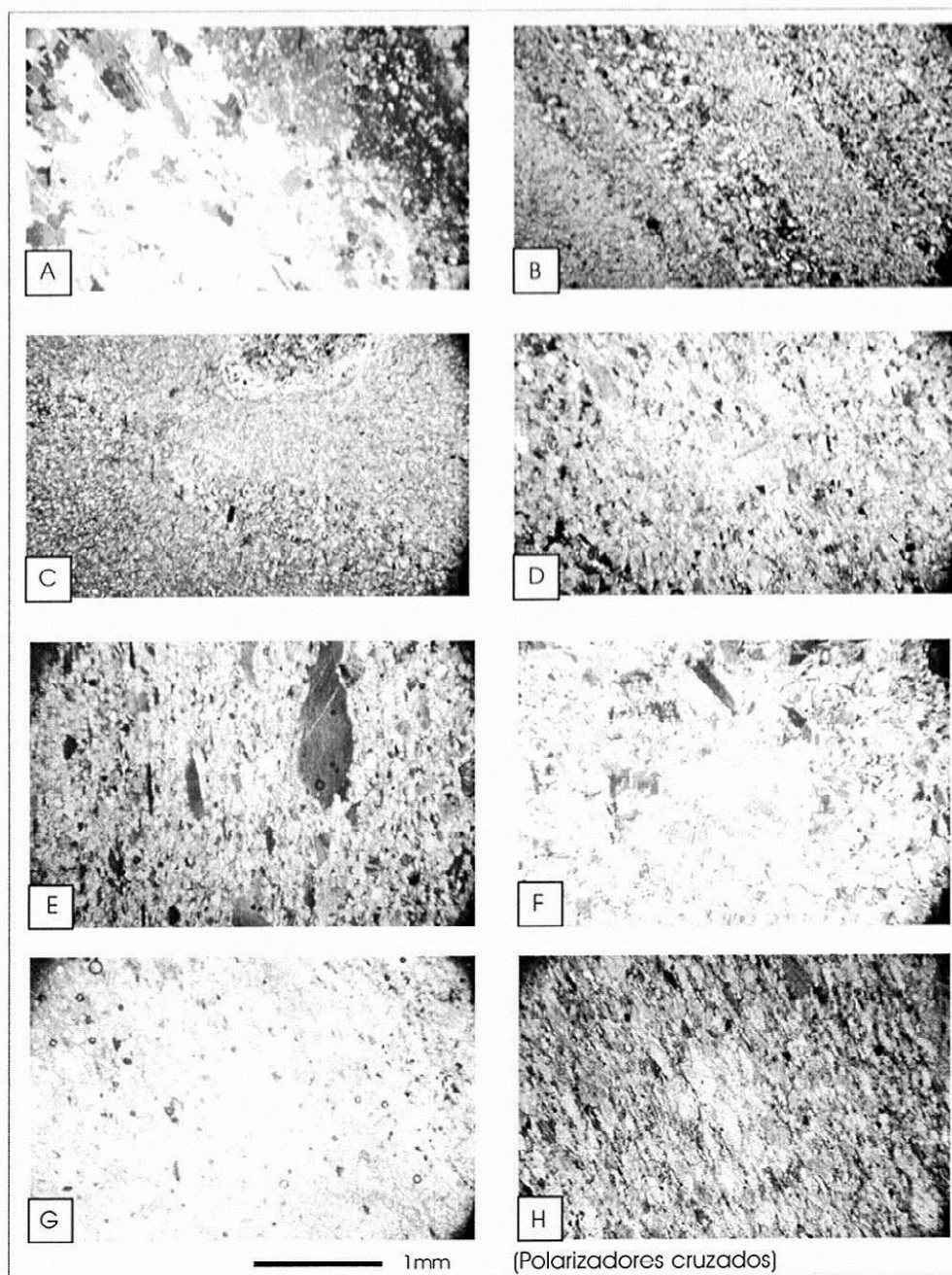


Figura 5 - Fotomicrografías de litotipos metacalcáreos representativos de la Unidad Carapé.

Asociación Carapé Sur (ACS): A) Plh-Qtz-Act-Cc Mármol. B) Metamarga laminada (Carbonatos + Qtz + Bt + Mica blanca). C) Metamarga laminada. D) Cc Caliza con Plh, Qtz y Mica blanca. Asociación Carapé Norte (ACN): E) Cc Caliza con Mica blanca. F) Cc Caliza con Bt, Mica blanca y Qtz. G) Cc Caliza con Tr y Plh. H) Cc Caliza deformada.

Figure 5 – Photomicrographs of the representative metacalcareous lithotypes of the Carapé Unit. Carape South Association (CSA): A) Phlogopite-Quartz-Actinolite-Calcite Marble. B) Laminated Metamarl (Carbonates+Quartz+Biotite+White Mica). C) Laminated Metamarl. D) Metacalcareous with Phlogopite, Quartz and White Mica. Carapé North Association (CNA): E) Metacalcareous with White Mica. F) Metacalcareous with Biotite, White Mica and Quartz. G) Metacalcareous with Tremolite and Phlogopite. H) Deformed Metacalcareous.

tratadas en ítems separados las rocas metacalcáreas de la ACS y de la ACN.

Una característica común a ambos grupos de rocas es la coloración que presentan, generalmente gris a gris-azulada, siendo muy rara la presencia de metacalcáreos de coloración blanca.

Los metacalcáreos de la ACS se desarrollan en la zona central del área estudiada. Petrográficamente, los litotipos más comunes son metamargas laminadas y mármoles impuros de composición esencialmente calcítica. Las características comunes de ambos litotipos son sus coloraciones grises y la presencia de importantes porcentajes modales de minerales metamórficos, que denotan la existencia de Dolomita y terrígenos (Qz y Arcillas) a nivel de protolitos. Los caracteres petrográficos a nivel microscópico de los principales litotipos son mostrados en la Figura 5, mientras que clasificaciones modales en la Tabla II.

Estas litologías se asocian espacialmente cuerpos de Grt-Ms esquistos conformando un potente registro metasedimentario macroplegado. Los tamaños de grano en general son finos a muy finos en concordancia con la fuerte deformación dúctil que presentan. Los pliegues en general son de tipo anisópacos verticales con planos axiales subverticales al NNE, NE y EW, y ejes b hacia el cuadrante NE. Es destacable en esta zona de la UC la presencia de diques y filones de microgranitos y granitos a Bt, concordantes con la estructuración de las metasedimentarias.

Son escasos los registros de labores mineras en este sector, existiendo un número muy limitado de trincheras y pequeñas canteras abandonadas en la porción W.

Los metacalcáreos de la ASN se desarrollan en el sector NE de la región a estudio conformando, junto a Ms esquistos con Grt, las litologías más frecuentes de la asociación. Petrográficamente, los litotipos más comunes son calizas y mármoles calcíticos, y metacalcáreos impuros con Biot y mica blanca. La coloración de estas litologías es casi invariablemente gris-azulada, presentando, en general, bandeamientos a escala milimétrica irregulares de color gris-azulado - blanco. Estos bandeamientos discontinuos son tectónicos y están asociados a fuertes procesos de recrystalización, segregación metamórfica y reducción de tamaño de grano por deformación. Los caracteres a nivel microscópico de los principales litotipos metacalcáreos son mostrados en la Figura 5, mientras que clasificaciones modales en la Tabla II.

Estas rocas se asocian a Ms esquistos con Grt y rocas calcosilicatadas conformando un registro metasedimentario muy fragmentado

tectónicamente. En general, estas litologías se disponen como cuerpos subverticales de potencia decamétrica en torno a la dirección NE (correspondiente a la dirección de las cizallas principales) y bordeando grandes cuerpos graníticos, conformando estructuras de escape lateral generadas por transcurrencia. Los plegamientos observados están, en general, asociados a la presencia de obstáculos a la cinemática del cizallamiento, como lo son los cuerpos plutónicos o las irregularidades de sus bordes.

Los metacalcáreos de este sector han sido objeto de prospección y explotación reciente y actual, como lo atestiguan numerosas trincheras y pequeñas canteras abandonadas y en producción. La extracción de estos materiales se vincula a la producción de cal fundamentalmente, y de cemento.

Análisis químicos comparativos

Los resultados de los análisis efectuados, junto a los cálculos teóricos modales y la clasificación petrográfica para los 3 grupos de rocas metacalcáreas definidas, se muestran en la Tabla II.

En la interpretación de estos datos se consideró que la desviación del 100% del porcentaje de equivalentes de CaCO_3 está generado por la presencia de minerales silicáticos, lo que permitió realizar cálculos teóricos de los porcentajes modales de calcita, dolomita y silicatos (otros) presentes en la roca analizada, teniendo en cuenta una serie de simplificaciones, las cuales fueron controladas a nivel petrográfico. (ver Tabla II).

Analizando gráficamente estos datos se corrobora a nivel químico las divisiones efectuadas en las 3 clases de rocas metacalcáreas para la región, para las que se habían utilizado criterios geológicos, estructurales y petrográficos.

En las gráficas de la Figura 6 se observa sustanciales diferencias entre los metacalcáreos de los 3 conjuntos definidos. Así las muestras correspondientes a la UZT definen un grupo de puntos con altos contenidos de MgO (roca total) en contraposición con los bajos contenidos en este óxido exhibidos por las rocas de la ACN de la UC. Por otra parte la mayoría de los términos analizados en estas dos regiones presentan bajos porcentajes en minerales silicáticos (otros). Las rocas representativas de la ACS de la UC exhiben características típicas de rocas derivadas de calcáreos impuros.

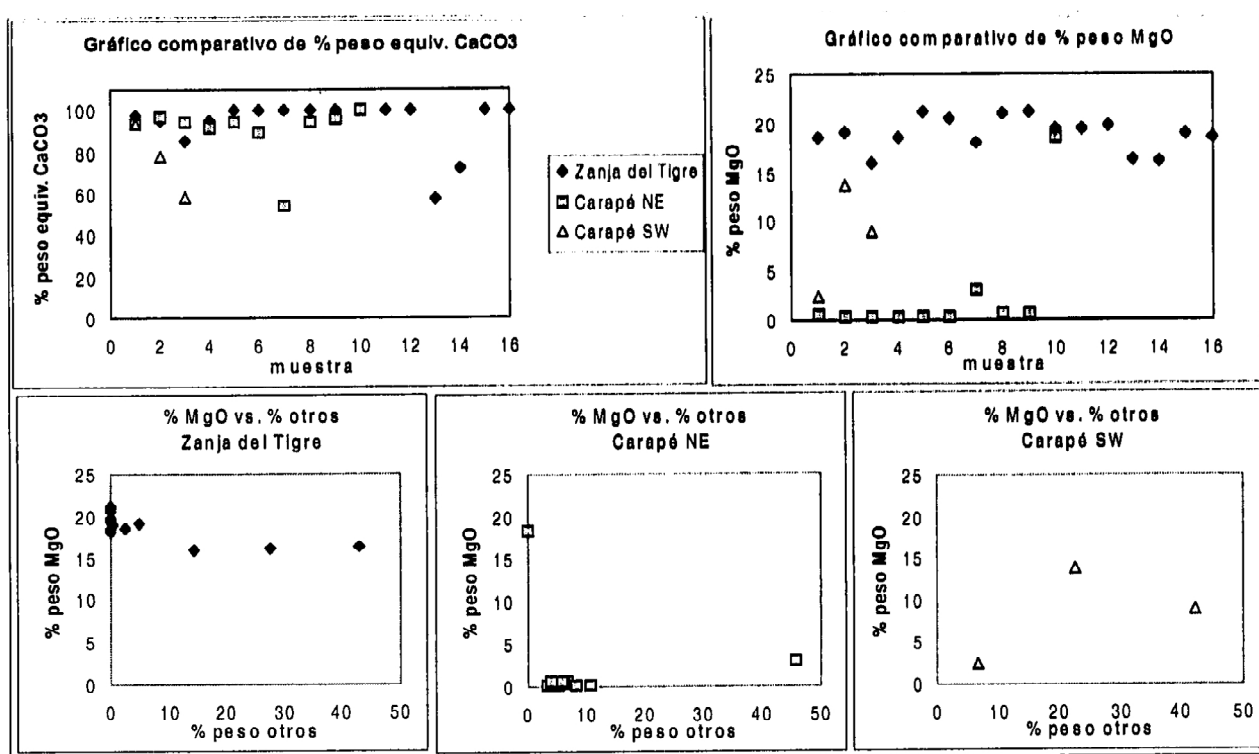


Figura 6 - Gráficos comparativos de % peso de equivalentes de CaCO_3 y de % peso de MgO. Gráficos de % peso MgO vs. % peso otros (silicatos) para los 3 conjuntos de rocas metacálceas. Análisis para roca total.

Figure 6 – Comparative graphics to equivalent weight percent of CaCO_3 and equivalent weight percent of MgO. Graphics of weight percent of MgO vs. other weight percent (silicates) for the three types of metacalcareous.

DISCUSION

Aspectos Estratigráficos

Las sustanciales diferencias encontradas respecto a los arreglos estratigráficos de los dos paquetes metasedimentarios reseñados, a la naturaleza de sus litotipos, a los caracteres petrográficos y químicos de sus metacálceos y la constatación de límites tectónicos entre ellos, apoyan la hipótesis de que se trata de dos registros de cuenca sedimentaria con historias de deposición diferentes. En el caso de la UZT se tiene registros de un sistema plataformal somero y proximal al área de aporte, en el cual se procesó una sedimentación mixta silico-carbonática, con posibles procesos extensivos diagenéticos de dolomitización. A lo largo de este registro se comprueba una marcada ciclicidad respecto a eventos progradantes detríticos. En el caso de la UC se trata de registros de un sistema plataformal más profundo, también de sedimentación mixta (ACS) que evoluciona a condiciones de somerización con eventos volcánicos piroclásticos (ACC), para culminar con una sedimentación cíclica de cuerpos pelíticos y carbonáticos calcíticos (ACN). Si bien no es posible discernir si estas diferencias, a nivel de procesos sedimentarios, se produjeron en diferentes ámbitos

geográficos en una misma época, o al contrario, en un mismo ámbito a lo largo del tiempo, estratigráficamente estos registros representan a dos cuencas sedimentarias diferentes.

Por otra parte, se constataron diferencias sustanciales entre ambas regiones en cuanto a los estilos de deformación en concordancia a la intensidad de metamorfismo regional registrada, UC con deformación francamente dúctil y paragénesis metamórficas correspondientes a facies anfibolita, mientras que UZT deformación rúptil-dúctil y paragénesis correspondientes al facies esquistos verdes. Esta última observación hace insostenible el agrupar a este conjunto considerando la intensidad de metamorfismo como caracter unificante de las litologías de esta región del CDF (Grupo Carapé), ya que la zona estudiada está conformada por porciones corticales que sufrieron diferentes condiciones físicas de evolución tectometamórfica durante el ciclo Brasiliano.

Las consideraciones anteriores justifican por qué ambos paquetes metasedimentarios fueron separados en 2 unidades litotectónicas diferentes. Así las unidades descriptas pueden definirse como conjuntos mapeables de litotipos específicos que poseen relación y compatibilidad petrogenética y que presentan una evolución tectometamórfica en común.

Aspectos Económicos

El estudio efectuado sobre los términos metacalcáreos de la región sugiere una clara favorabilidad para emprendimientos prospectivos relacionados a la materia prima calcáreos pobres en MgO y SiO₂, en la zona definida como ACN de la UC.

CONCLUSIONES

Del análisis expuesto se concluye que :

* Las región Zanja del Tigre-Carapé está conformada por una faja metamórfica compuesta por dos paquetes esencialmente metasedimentarios, separados por discontinuidades tectónicas, que presentan litologías y arreglos estratigráficos diferentes, correspondiendo a los registros de dos cuencas sedimentarias distintas.

* Las condiciones físicas de deformación y metamorfismo regional son diferentes, deformación rúptil-dúctil en condiciones de facies esquistos verdes para la UZT y dúctil en condiciones de facies anfibolita para la UC.

* Las rocas metacalcáreas del área estudiada reflejan, en su composición química y mineralógica, las diferencias propuestas entre los procesos sedimentarios de génesis de ambos registros.

* Estas diferencias poseen una directa implicancia económica en relación a la utilización industrial de las mismas. La región más favorable para la prospección de metacalcáreos pobres MgO y SiO₂, con propósitos industriales, es la ubicada entre el paraje Robaina y la localidad Puntas del Campanero, la cual corresponde a la ACN de la UC. La menos favorable sería la ocupada por las litologías de la UZT.

Agradecimientos.

Al personal de la División Investigación y Desarrollo de ANCAP por su apoyo técnico durante la realización de este trabajo y al Dr. Gerardo Veroslavsky por las sugerencias y correcciones efectuadas en el manuscrito original.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS DE OLIVEIRA, M.E. - Petrografía e geoquímica de rochas carbonáticas Pré-cambrianas do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Brasil. 168 pag., 1992.
- BOSSI, J. - Breve reseña sobre el conocimiento geológico del Escudo Predevoniano del Uruguay (Sud-américa). Zbt.fnt.Geol.mnd.Palaeontol., Stuttgart, Teil. 3/4 : 417 - 419, 1983.
- BOSSI, J. & NAVARRO, R. Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo, 966p, 1991.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L.; MONTAÑA, J., CAMPAL, N.; MORALES, H.; GANCIO, F.; SCHIPILOV, A.; PIÑEYRO, D. & SPRECHMANN, P. Carta Geológica del Uruguay, a escala 1: 500.000, Geoeditores SRL - Facultad de Agronomía. Cdrom, 1998.
- LEIGHTON, H.W.; PENDEXTER, C. (1962) - Carbonates rocks types. In : W.W.Hamm (Ed). Classification of Carbonate Rocks: a symposium. American Association of Petroleum Geologists. P62-84. (Memoir 1), 1962.
- PETTIJOHN, F.J. (1975) - Sedimentary Rocks. New York: Harper & Row. 628 pag., 1975
- PRECIOZZI, F.; SPOTURNO, J.; HEINZEN, W. & ROSSI, P. - Carta geológica del Uruguay (1:500.000). *DI.NA.MI.GE.*, Montevideo, 90 p, 1985.
- ROSSINI, C. & AUBET, N. - Mapa geológico orientado a la prospección de rocas calcáreas. CARAPÉ SUR. Departamento de Maldonado. Escala 1: 50.000. Acuerdo de Cooperación Técnica ANCAP-FC. Montevideo. Inédito, 42 pag, 1 mapa geológico escala 1:50.000, 1999.
- ROSSINI, C. Caracterização petrográfica e evolução tectônica da faixa metamórfica Serra de Carapé (Cinturão Dom Feliciano). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - Sp, Brasil. (Exame de qualificação), 115 pag, 1999.
- SANCHEZ, L. - Evolución tectónica del Cinturón Cuchilla de Dionisio en la región Minas-Piríapolis, República Oriental del Uruguay. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 344pag., 1998.
- SENGÖR, A.M.C. - Plate tectonics and orogenic research after 25 years: synopsis of a Tethyan perspective. *Earth Science Reviews*, 27:1-201, 1990.