

CARACTERISTICAS COMPOSICIONALES DE LA FORMACION VILLAVICENCIO, DEVONICO, PRECORDILLERA DE MENDOZA

Walter Kury

Centro de Investigaciones Geológicas Calle 1 N° 644 La Plata Argentina (Dirección Actual: Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie, LuisenstraBe 37, 80333 München Alemania).

ABSTRACT. Heavy mineral analysis, zircon typologic studies and provenance studies have been carried out on the psammitic sedimentites of the Villavicencio Formation.

The provenance studies reveal the derivation of the investigated sedimentary rocks from a heterogeneous area composed of an igneous-metamorphic basement and a metasedimentary cover. Zircon typology data give evidence for the presence I- and S-type granitoids in this area. Better models for the geotectonic position of the Villavicencio sedimentary environment are the back arc position or a passive margin position.

INTRODUCCION

La porción austral de la precordillera del Oeste Argentino presenta caracteres particulares que permiten diferenciarla como precordillera de Mendoza (Baldi 1981) (Fig. 1). Entre otros se puede citar el pobre desarrollo de las unidades calcáreas cambro-ordovícicas, la mayor importancia del Triásico y la presencia de importantes afloramientos de sedimentitas silicoclásticas del Paleozoico inferior. Gran parte de estas últimas corresponden a la Formación Villavicencio (Harrington 1953, Padula *et al.* 1969).

Es de destacar la contribución de Cucchi (1972) quien tras un minucioso análisis de las "Facies" Cortaderas y Alojamiento de Harrington (1953), separó los afloramientos de estas metamorfitas y calcáreas del resto de la Formación Villavicencio reduciendo ésta a las sedimentitas que afloran en el margen oriental de la Precordillera de Mendoza. La Formación Villavicencio, definida de este modo, se compone de grauvacas gris verdosas y pizarras gris oscuras a negras.

Las areniscas se presentan en potentes sucesiones, amalgamadas (hasta 30 m de espesor) y en la alternancia con pizarras en distintas proporciones de acuerdo a las litofacies a las que pertenecen. El tamaño de grano corresponde al intervalo arena media y de modo subordinado a arena gruesa. Solo en la base de estratos muy potentes llega a veces a sábulo. En los sectores de los perfiles ricos en pizarras se observan intercalaciones de areniscas finas a muy finas. En general se observa en el sector oriental un predominio de facies finas con intercalaciones ocasionales de potentes cuerpos arenosos. Solo en el Cordón de los Cerritos se observaron conglomerados finos y un pequeño afloramiento donde los clastos llegaron hasta los 10 cm de diámetro. Estos se componen fundamentalmente de grauvacas, ortocuarcitas y de modo ocasional calizas.

EDAD

La Formación Villavicencio fue asignada a lo largo del tiempo a distintos períodos aunque la mayor parte de los autores se inclinó por una edad devónica inferior.

Cuerda (1988) presentó un ordenamiento estratigráfico en el que las sedimentitas de la Formación Villavicencio fueron divididas en dos unidades: Formación Villavicencio, al oeste, de edad Ordovícica y Formación Canota, al este, de edad devónica. Esta división se fundamenta en la edad devónica asignada al sector oriental de los afloramientos (F. Canota en ese esquema), basada en la correlación con afloramientos situados en la Quebrada de San Isidro al sur de la Ciudad de Mendoza (Cuerda *et al.* 1987) y la reinterpretación de una estrecha faja de pelitas fértiles mineralizadas que fueron descritas por Lavandaio (1986) y que portan faunas de graptolites caradocianos. Etcheverry *et al.* (1983) caracterizaron a esta como una parte de la Formación Empozada que se encuentra intercalada tectónicamente en la Formación Villavicencio. De acuerdo a su composición y edad sería una sección mineralizada de la Formación Empozada (Brodtkorb *et al.* 1988).

El flanco oeste de la faja de afloramientos de la F. Empozada se caracteriza por una falla que la pone en contacto con la Formación Villavicencio, mientras que el este sería una sucesión de pequeñas fallas (Etcheverry *et al.* 1983).

Observaciones propias permitieron reconocer el contacto tectónico de dicha faja sobre su flanco oeste y parte del este, así como la presencia de briznas vegetales en áreas situadas al este y al oeste de los afloramientos de la F. Empozada. (Río Casa de Piedra, Quebrada de Canota y Caracoles de Villavicencio) De este modo se descarta una edad ordovícica para cualquier sector de la F. Villavicencio. Esta unidad presenta una edad que llega en su límite inferior como máximo al Silúrico superior y se extiende hasta el Devónico, pero que en ninguna sección es Ordovícica.

OBJETIVO

El objetivo de esta contribución es la caracterización composicional de las areniscas de la Formación Villavicencio. Las investigaciones se concentraron en los afloramientos centrales de la Formación Villavicencio (Fig. 2). Para esto se muestrearon los principales perfiles entre la Quebrada del

Toro por el norte, esto es el trazo norte de la antigua ruta 7, (Fig. 2) y el Río Casa de Piedra por el sur, inmediatamente al oeste de la Ciudad de Mendoza.

METODO

El análisis composicional se concentró en las grauvacas. Sobre estas se realizó un estudio de la suite de minerales pesados así como la caracterización tipológica de los circones presentes. Estos datos se complementaron con un análisis de proveniencia de acuerdo a las premisas dadas por Dickinson y Suczek (1979) y Dickinson (1985).

ESTUDIO DE MINERALES PESADOS

El análisis de minerales pesados es uno de los métodos clásicos para la caracterización petrográfica y correlación estratigráfica.

En los últimos años dada su sensibilidad frente a cambios en el aporte se ha revalorado su aplicación como herramienta para estudios de proveniencia (entre otros Morton 1985, Mezzadri y Saccani 1989). En el caso de sedimentos turbidíticos las contribuciones de Loske (1983, 1992), Loske y Miller (1986), Huber Grünberg (1990), Morton *et al.* (1992) y Clemens (1992) entre otros comprueban su idoneidad para este tipo de estudios.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS - TRATAMIENTO

Las rocas muestreadas fueron grauvacas con una granulometría de arena media. En casos excepcionales se incorporaron muestras correspondientes a las fracciones arena gruesa y fina. Lowrigt *et al.* (1972) y Slingerland (1977) demostraron que el concepto de equivalente hidráulico (Rittenhouse 1943) no se ajusta a las observaciones en medio natural ni a los experimentos de laboratorio, sin embargo las desviaciones en la distribución de los minerales pesados que

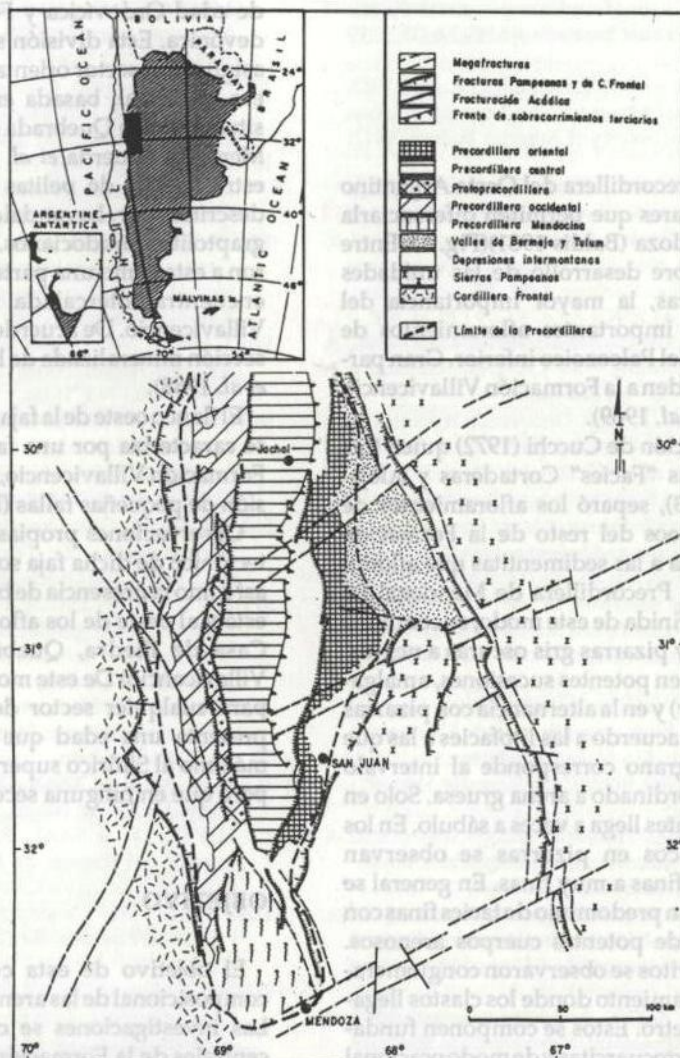


Figura 1: Ubicación de la Precordillera de Mendoza. Modificado de Baldis (1982).

se producen no afectan fundamentalmente los resultados. En el caso de turbiditas existen diferencias solamente cuantitativas entre muestras correspondientes a diferentes facies, pero que son claramente menores a las diferencias que se presentan al comparar unidades diferentes (Kury 1992).

La toma de muestras atendió especialmente al estado de las rocas, éstas no deben presentar rastros de alteración hidrotermal o meteorización. A tal fin se trataron 120 muestras que cumplieron estas condiciones.

Después de su tratamiento mecánico de acuerdo a las sugerencias de Poldevaart (1955), se separó la fracción 60 μ - 125 μ y se trató en laboratorio según Mehra y Jackson (1969) a

fin de eliminar los óxidos que cubren los granos. De esta fracción seca se tomó un gramo para la separación de los minerales pesados mediante bromoformo y ayuda de centrifugadora.

Para el montaje de los minerales en los portaobjetos se utilizó la resina Mountex (n=1.67). Los resultados se expresaron en g/Tn de roca atendiendo a la densidad de los minerales analizados.

En el caso de opacos y micas se aplicaron las densidades 4 y 1.5 g/cm³ respectivamente de acuerdo a Loske (1983). Esto es valores que representan la mezcla de verdaderos opacos y óxidos y en el caso de las micas la densidad multiplicada por

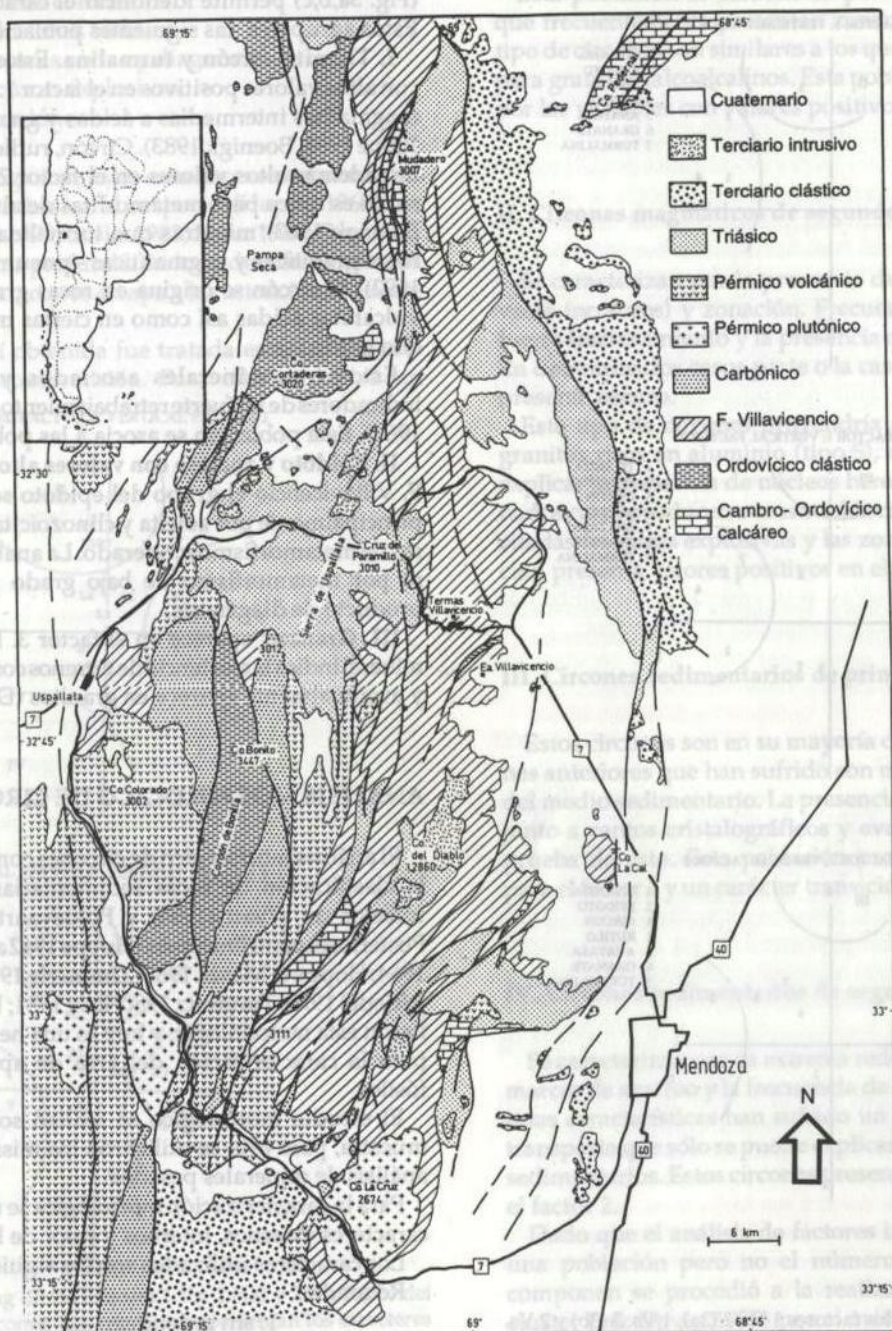


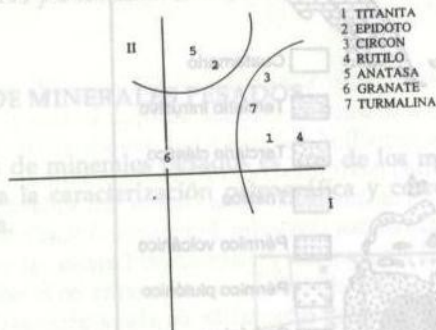
Figura 2: Ubicación del área de estudio, unidades geológicas principales.

un factor de corrección dada la extrema desviación morfológica de estas.

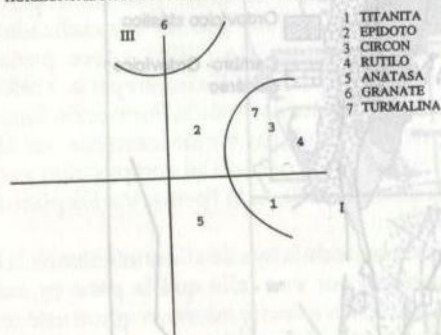
Los minerales identificados son: anatasa, brookita, circón, epidoto, espinela, granate, hornblenda, rutilo, titanita y turmalina. De estos circón es el mas abundante acompañado en menor grado por turmalina y rutilo.

Con los resultados así obtenidos se procedió a su tratamiento estadístico mediante análisis de factores que permite la agrupación de las variables de modo sencillo y comprensible. Este procedimiento matemático se ha aplicado reiteradamente a diversos problemas en geología. Una amplia literatura básica expone ventajas y problemas de su aplicación (Überla

HORIZONTAL FACTOR 1; VERTICAL FACTOR 2



HORIZONTAL FACTOR 1; VERTICAL FACTOR 3



HORIZONTAL FACTOR 2; VERTICAL FACTOR 3

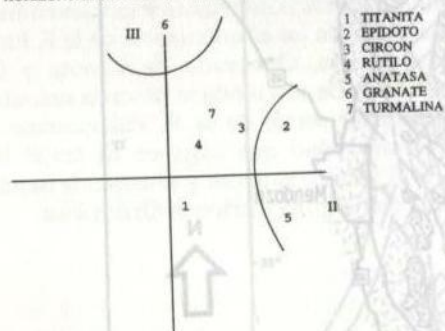


Figura 3: Factor loading de los factores 1 Vs. 2 (3a), 1 Vs. 3 (3b) y 2 Vs. 3 (2c) del análisis de minerales pesados. Las distintas poblaciones están representadas por números romanos.

1968, Davis 1970, Jöreskog *et al.* 1976, Howard *et al.* 1983, Backhaus *et al.* 1986, Langer 1989). Para su realización se utilizó el menú Factor/análisis del programa SPSS/PC+ (SPSS Inc.). Una optimización de los resultados se obtuvo con la aplicación de una rotación de los factores Varimax que mantiene la independencia de los factores.

Dado que algunos minerales se presentan de modo muy raro no fueron utilizados en el procesamiento estadístico. De este modo el tratamiento estadístico se redujo a los siguientes: anatasa, circón, epidoto, granate, rutilo, titanita y turmalina. Como resultado se obtuvieron 3 factores que representan 80% de la varianza total. La representación gráfica de los mismos (Fig. 3a,b,c) permite identificar el carácter de tales factores. Estos agrupan a las siguientes poblaciones de minerales:

I. Titanita, circón y turmalina. Estos minerales aparecen con altos valores positivos en el factor 1. Titanita se genera en magmatitas intermedias a ácidas y gneises (Deer *et al.* 1992, Ribbe 1984, Boenigk 1983). Circón, rutilo y turmalina presentan además altos valores en el factor 2. De estos minerales rutilo es típico para metamorfitas de alto grado (Force 1980, Boenigk 1983) mientras que turmalina indica el aporte de rocas graníticas y pegmatíticas - pneumatolíticas (Deer *et al.* 1992). El circón se origina en rocas graníticas en general y vulcanitas ácidas así como en ciertas metamorfitas de muy alto grado.

Estos tres minerales asociados y concentrados son indicadores de un fuerte retrabajamiento sedimentario (Huber 1962). Esta población se asocia a las poblaciones I y III.

II. Epidoto y anatasa con valores altos en el factor 2. En la F. Villavicencio el grupo del epidoto se halla representado principalmente por zoicita y clinozoicita. Estos son iniciadores de metamorfismo moderado. La anatasa también se genera por metamorfismo de bajo grado y eventualmente es producto de diagénesis.

III. Granate. aparece en el factor 3. La presencia de este mineral indica la existencia de terrenos con alto metamorfismo, y eventualmente aparece en granitos (Deer *et al.* 1992)

ANÁLISIS MORFOLOGICO DE CIRCONES

El análisis morfológico de circones como metodología para la clasificación de rocas sedimentarias comienza con los trabajos de Wyatt (1954) y Poldevaart (1955) entre otros. Posteriores contribuciones (Hoppe 1962a,b; Hoppe & Schwab 1964; Hoppe & Masek 1967; Zimmerle 1972, 1979; Füchtbauer y Riedel 1979; Trautnitz 1980, Brix 1981; Loske 1983) desarrollaron esta metodología, y hoy es una herramienta adecuada para la caracterización del área de aporte en sedimentos fósiles.

El estudio morfológico se realizó sobre 100 granos por muestra, para esto se utilizaron los mismos preparados del análisis de minerales pesados.

Para la caracterización morfológica se utilizaron redondez, caracteres externos, internos y color de los granos.

Los caracteres utilizados son los siguientes:

Redondez

1: sin redondear

2: mal redondeado

3: medianamente redondeado

4: bien redondeado
 Caracteres externos
 5: cantos cristalográficos
 7: marcas de acarreo
 11: "Tracht" (combinaciones de elementos cristalográficos)

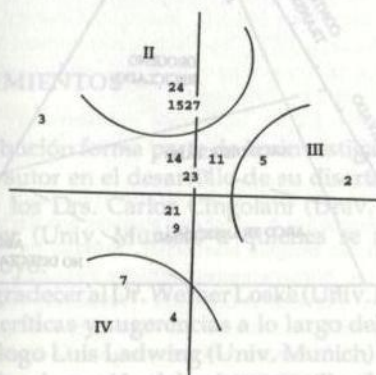
Color
 9: rosa

Caracteres internos
 14: núcleos incoloros
 15: núcleos coloreados
 21: inclusiones sólidas
 23: fracturas rectas y diagonales
 24: fracturas explosivas
 27: zonación

El significado geológico de estos caracteres se encuentra en una amplia literatura básica al respecto (Hoppe 1962 a,b, 1963; Zimmerle 1972, 1979; Loske 1983; Speer 1984; Deer et al. 1992), de modo que una profundización en detalles referentes a cada uno de estos caracteres escapa a las intenciones de este trabajo.

La información así obtenida fue tratada estadísticamente para posibilitar su comprensión. Para ello se realizó un

HORIZONTAL FACTOR 1; VERTICAL FACTOR 2



HORIZONTAL FACTOR 2; VERTICAL FACTOR 3

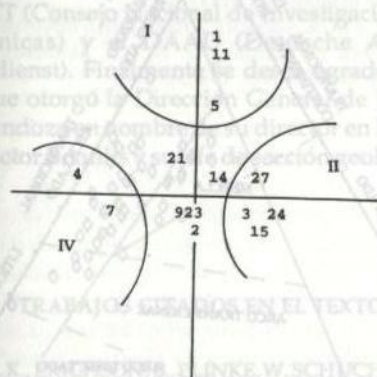


Figura 4: Factor loading de los factores 1 Vs. 2 (4a) y 2 Vs. 3 (4b) del estudio varietal de circones. Los números representan los caracteres descritos en el texto. Las distintas poblaciones están representadas por números romanos.

análisis de factores sobre estos datos.

Dado que en el caso del estudio de caracteres morfológicos éstos (o sea las variables) no son independientes entre sí, se optó por la rotación *oblimix* la cual no atiende a la absoluta independencia de los factores.

De acuerdo a este procedimiento se obtuvieron 3 factores que definen 4 poblaciones de circones (fig.4a,b).

I. Circones magmáticos idiomorfos

Esta población se caracteriza por individuos idiomorfos que frecuentemente presentan zonación e inclusiones. Este tipo de circones son similares a los que Pupin (1980) describe para granitos calcoalcalinos. Esta población se halla indicada por las variables con valores positivos en el factor 3.

II. Circones magmáticos de segundo ciclo

Se caracterizan por la presencia de núcleos coloreados (a veces incoloros) y zonación. Frecuentemente presentan un fuerte fracturamiento y la presencia de fracturas explosivas. En determinados casos parte o la casi totalidad del grano se presenta oscuro.

Este tipo de circones provendría según Pupin (1980) de granitos ricos en aluminio (tipo S), de este modo se puede explicar la presencia de núcleos heredados, que en determinados casos producen a causa del decaimiento radioactivo las citadas fracturas explosivas y las zonas oscuras. Esta población presenta valores positivos en el factor 2.

III. Circones sedimentarios de primer ciclo

Estos circones son en su mayoría circones de las poblaciones anteriores que han sufrido con mas intensidad la acción del medio sedimentario. La presencia de una mala redondez junto a cantos cristalográficos y eventualmente Tracht son prueba de esto. Esta población presenta valores positivos para el factor 1 y un carácter transicional hacia la población I.

IV. Circones sedimentarios de segundo ciclo

Se caracterizan por su extrema redondez, la abundancia en marcas de acarreo y la frecuencia de color rosa. Circones con estas características han sufrido un prolongado período de transporte que sólo se puede explicar aceptando varios ciclos sedimentarios. Estos circones presentan valores negativos en el factor 2.

Dado que el análisis de factores indica la consistencia de una población pero no el número de individuos que la componen se procedió a la realización de un análisis de cluster (ver Davis, 1970) por el método Quick Cluster. Este ofrece la posibilidad de ordenar a los individuos de una población de acuerdo a un patrón de comparación predeter-

minado.

Como resultado de este procedimiento se pudo determinar que los circones correspondientes a las poblaciones III y IV son los mas numerosos con casi 80% del total, mientras que el resto se reparte entre las poblaciones I y II. Estas dos últimas poblaciones son sin embargo las mas importantes pues están definidas con absoluta claridad en el análisis de factores y ofrecen resultados claros.

ANÁLISIS DE PROVENIENCIA

Para este análisis se trataron 49 de las muestras tomadas para los análisis de minerales pesados y varietal de circones. Sobre estas muestras se efectuó un conteo al microscopio según el método Gazzi-Dickinson (1966 - 1970). Los resultados se plotearon en los diagramas de discriminación publicados por Dickinson y Suczek (1979) y modificados por Dickinson *et al.* (1983), Dickinson (1985).

Las areniscas presentan un predominio de cuarzo que representa entre el 70 y 80 % de las especies contadas para el análisis con una relación $Q_{\text{mono}}/Q_{\text{poli}} = 0,6$ a 2. Los líticos son escasos, en general por debajo del 10 % y sólo en excepciones llegan al 15 %. Los líticos volcánicos se presentan en muy pocas muestras y en estas no superan el 1 %. De los feldespatos el más abundante es el potásico con un contenido que se halla por lo general por debajo del 10% y sólo en excepciones supera el 15 %.

En la figura 5 se observa que de acuerdo los diagramas de discriminación las sedimentarias de la F. Villavicencio habrían tenido su origen en un ambiente geotectónico de orógeno reciclado y cratón.

Sobre los diagramas se aprecia además el alto grado de madurez composicional de las citadas sedimentitas.

RESULTADOS

El análisis de minerales pesados denuncia el aporte durante el Silúrico superior - Devónico inferior de rocas magmáticas, metamórficas de alto grado y sedimentarias/metamórficas de bajo grado.

La clara dominancia de la suite circón, rutilo y turmalina en el espectro de minerales pesados solo se puede explicar aceptando una concentración de éstos a través del rebajamiento de rocas sedimentarias/metasedimentarias más antiguas. La abundancia de circones correspondientes a la población III rubrica esta hipótesis.

DISCUSION

Los resultados obtenidos por los distintos métodos indican que las sedimentitas de la Formación Villavicencio han tenido rocas madres correspondientes a un ambiente tectónico estable, compuesta principalmente por rocas ígneas ácidas, sedimentarias y metasedimentarias. El absoluto predominio

de los términos arena y arcilla en las rocas analizadas son además un indicio de un antepaís con relieve maduro que habría posibilitado caracteres composicionales y texturales de este tipo (Reading & Orton 1991).

De acuerdo al análisis morfológico de circones, granito de tipo S e I habrían generado parte de los detritos. Un aporte de rocas de basamento (precámbrico) fue comprobado por dataciones U-Pb realizadas por Loske (1992) sobre circones equivalentes a los de las poblaciones I y IV aquí descriptas. Este autor señala potenciales áreas de aporte en Arequipa (Perú) y Rondonia (Brasil-Bolivia).

La presencia de rocas metamórficas de alto grado se comprueba por la presencia de granate y rutilo, mientras que zoicita y clinozoicita indican el aporte de metamorfitas de bajo grado.

Estos argumentos indican que en el Silúrico superior-Devónico inferior el área austral de la Precordillera formaba parte de un margen carente de actividad volcánica y por el contrario vinculado a un antepaís estable.

Si bien la presente contribución no tiene como objeto la resolución de la situación geotectónica en la Precordillera, es



ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE CIRCONES

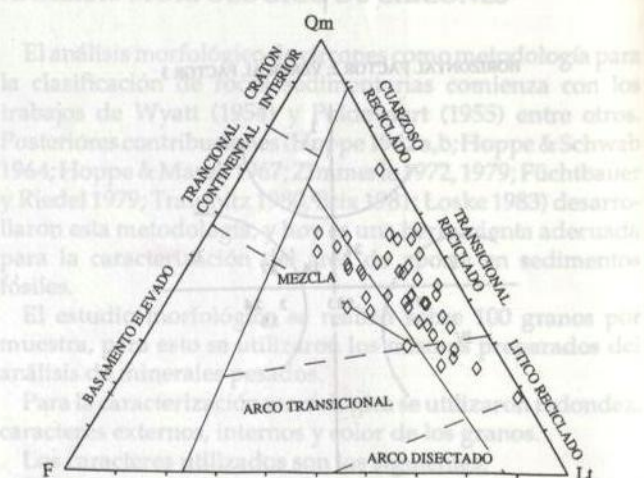


Figura 5: Diagramas QFL y QmFL correspondientes a las psamitas de la Formación Villavicencio (según Dickinson & Suczek 1979, Dickinson *et al.* 1985).

de notar que de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de la Formación Villavicencio y la ausencia absoluta de caracteres que indiquen alguna influencia volcánica, no se puede aceptar a ésta como parte de una cuenca de antearco.

Baldís *et al.* (1982) sostienen que la Precordillera habría sido un margen pasivo del Gondwana, mientras que para Gonzales Bonorino y Gonzales Bonorino (1991) es un terrane en "sospecha de ser autóctono" y parte de un margen pasivo.

Dalla Salda *et al.* (1992) proponen que la Precordillera formó parte de un terrane (Occidentalía) que habría colisionado con el Gondwana en el Ordovícico superior.

Por otro lado Loske (1992) propuso el desarrollo de la cuenca precordillerana como de retroarco - marginal (back arc basin - marginal - basin) lo cual representa un caso particular de margen activo.

La cuenca de la Formación Villavicencio debió estar vinculada a un antepaís estable con granitoides de ambos tipos (S e I). Un aporte de los sedimentos desde el este (coord. actuales) se verifica a través del patrón de paleocorrientes presente en la unidad de estudio (Kury 1989). De este modo es evidente que el área de aporte se debe buscar al este de la Precordillera. De acuerdo a estos resultados las propuestas que se ajustan a la situación tectónica de la Formación Villavicencio son las de una margen continental pasivo, o en caso de uno activo únicamente la situación especial de una cuenca marginal (back arc), y dentro de ésta, sobre el lado continental de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución forma parte de las investigaciones realizadas por el autor en el desarrollo de su disertación bajo la dirección de los Drs. Carlos Cingolani (Univ. La Plata) y Hubert Miller (Univ. Munich) a quienes se agradece su constante apoyo.

Se desea agradecer al Dr. Werner Loske (Univ. Munich) por sus valiosas críticas y sugerencias a lo largo del trabajo, así como al Geólogo Luis Ladwing (Univ. Munich) por su colaboración en la adecuación del software utilizado y sugerencias en su aplicación.

Los trabajos de campo fueron parcialmente financiados por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y el DAAD (Deutsche Akademische Austauschdienst). Finalmente se desea agradecer el apoyo logístico que otorgó la Dirección General de Minería de la Pcia. de Mendoza en nombre de su director en los años 1988-1989 Lic. Victor Bonfills y su jefe de sección geología Lic. Juan Fallet.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., SCHUCHARD-FICHER, CHR. & WEIBER, R. 1987. Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlín.
- BALDIS, B. 1981 El frente estructural de la Precordillera de Mendoza. Museo de Ciencias Naturales y Antropológicas Juan Cornelio Moyano. Bol. N 1. Mendoza.
- BALDIS, B., BERESI, M., BORDONARO, O., VACA, A., 1982 Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología. Argentina Actas IV: 399-445.
- BOENIGK, W. 1983. Schwermineralanalyse. Ferdinand Enke. Stuttgart.
- BRIX, M. R. 1981. Schwermineralanalyse und andere sedimentologische Untersuchungen als Beitrag zur Rekonstruktion der strukturellen Entwicklung des westlichen Hohen Atlas, Marokko. Inaugural-Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn (inédito).
- BRODTKORB, M. K., SCHALAMUK, I. B. A., BARBIERI, M., PUCHELT, H., AMETRANO, S., FERNANDEZ, R. y ETCHEVERRY, R. 1988. Nodular barite deposits of Canota, Argentina. Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller).
- CLEMENS, K. A. Sedimentologie, 1992. Herkunft und Geotektonische Entwicklung präkambrischer und altpaläozoischer Gesteinsserien des Sistema de Famatina in Nordwest-Argentinien. Inaugural-Dissertation Ludwig Maximilian Universität München (inédito).
- CUCCHI, J. R. 1972.b. Geología y estructuras de la Sierra de Cortaderas, San Juan-Mendoza, Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXVII N 2. Bs. As.
- CUERDA, A., CINGOLANI, C., ARRONDO, O., MOREL, E., GANUZA, D. a. 1987 Primer registro de plantas vasculares en la Formación Villavicencio, Precordillera de Mendoza, Argentina. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología, Bolivia. I: 179-183.
- CUERDA, A. 1988. Investigaciones bioestratigráficas en el Grupo Villavicencio, Precordillera de Mendoza y San Juan, Argentina V Congreso Geológico Chileno 2: 177-187 Santiago.
- DALLA SALDA, L., CINGOLANI, C., & VARELA, R. 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America: Result of Laurentia-Gondwana collision?. Geology 20: 617-620.
- DAVIS, J. C. 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. Second Edition. Edit. John Wiley & Sons. New York.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J. 1992. An Introduction to the Rock Forming Minerals, 2nd Edition. Longman Group Edit. Essex England.
- DICKINSON, W. R. 1970. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. Journal Sedimentary Petrology, 40: 695-707.
- DICKINSON, W. R., 1985. Interpreting Provenance relations from detrital modes of sandstones. Ed. G.G. Zuffa, Provenance of Arenites. Reidel Publishing Company.
- DICKINSON, W. R., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. American Association of Petroleum Geologist Bulletin 63: 2164-2182.
- DICKINSON, W. R., BEARD, L.S., BRAKENRIDGE, G. R., ERJAVEC, J. L., FERGUSON, R. C., INMAN, D. F., KNEPP, R. A. LINDBERG, F. A. y RYBERG, P. T. 1983. Provenance of north american phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. Geological Society of America Bulletin 94: 222-235.
- ETCHEVERRY, R., FERNANDEZ, R., SCHALAMUK, I. y BRODTKORB, M. 1983. El distrito barítico de Canota. Provincia de Mendoza. II Congreso Nacional de Geología Económica. Actas II 2. San Juan.
- FORCE, E. R. 1980. The provenance of rutile. Journal of Sedimentary Petrology, 50: 485-488.
- FÜCHTBAUER, H., RIEDEL, D. 1979. Zirkon- und Quarzvarietäten in Kaolin - Kohlentonesteinen der Bochumer Schichten (Westfal A) des Ruhrkarbons. Glückauf - Forschungshefte. 40 (1979) H.3.
- GAZZI, P. 1966. Le arenarie del flysch supracretaceo dell'Appennino modenese: correlazioni con il flysch della Monghidoro. Mineral. Petrogr. Acta, 16: 69-97.
- GONZALEZ BONORINO, G. y GONZALEZ BONORINO, F. 1991. Precordillera de Cuyo y Cordillera Frontal en el Paleozoico Temprano: terrenos "bajo sospecha" de ser autóctonos. Revista geológica de Chile. 18: 97-107.
- HARRINGTON, H. J. 1953. Descripción geológica de la hoja 22c, Ramblón. Direc. Nac. de Geol. y Minería. Bol. N 114. Bs. As. -Editado en 1971-

- HOPPE, G. a 1962. Petrogenetisch auswertbare morphologische Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen. Neues Jahrbuch Miner. Abh. 98 (35-50).
- HOPPE G. b 1962. Die akzessorischen Zirkone aus Gesteinen des Bergeller und des Adamello Massivs. Chemie der Erde.
- HOPPE, G. c 1963. Morphologische Untersuchungen als Beiträge zu einigen Zirkon - Alterbestimmungen. Neues Jahrbuch Mineralogie Agh. 102. (91-105).
- HOPPE, G., SCHWAB, M. 1964. Zirkone aus Gesteinen des mitteldeutschen Permokarbons. I. Zirkone aus Sedimenten und Tuffen der Umgebung von Wettin (Hallescher Permokarbonkomplex). Geologie 13: 1069-1078.
- HOPPE, G., MASEK, J. 1967. Zirkone aus pyroklastischen und klastischen Gesteinen des Kohlenbeckens von Kladno - Slany - Radoynik (mittelböhmisches Oberkarbon). Bericht deutsche ges. geol. Wiss. Miner. Langerstättenforschung, 12 (154-164).
- HOWARD, R. J. & SINDING - LARSEN, R. 1983. Multivariate analysis. - In GOVETT, G. J. S. (ed.) Handbook for Exploration Geochemistry. Elsevier, Amsterdam.
- HUBER - GRÜNBERG, A. 1990. Sedimentologie, Fazies und Herkunft der Kambrisch / Ordovizischen und silurisch / unterdevonischen Einheiten von Sierra Grande, Patagonien, Inaugural - Dissertation. Ludwig - Maximilians - Universität. München (nédito).
- HUBERT, J. F. 1962. A Zircon - Tourmaline - Rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. Journal of Sedimentary Petrology. 32: 440-450.
- JÖRESKOG, K. G., KLOVAN, J. E. & REYMET, R. A. 1976. Geological Factor Analysis. - Elsevier Amsterdam. ssssssS. 178.
- KURY, W. 1989. Geología del Grupo Villaviciencia. Informe final de Beca de Iniciación. C.O.N.I.C.E.T. (inédito).
- KURY, W. 1992. Schwermineralanalyse einer turbiditischen Sedimentfolge - Unterdevon, Präkordillere, Argentinien. 13. Geowissenschaftliches Lateinamerika - Kolloquium, Abstracts, Münster.
- LANGER, T. 1989. Ermittlung zweckmässiger statistischer Verfahren zur genetischen Deutung von Antimon - Anomalien in der südlichen Toskana. Inaugural Dissertation. Ludwig - Maximilian - Universität. München (inédito).
- LAVANDAIO, E. 1986. Hallazgo de fósiles del Ordovícicos en el Grupo Villaviciencia, en la Precordillera de Mendoza. Asociación Geológica Argentina Revista 16: 402-404.
- LOSKE, W. P. 1983. Schwermineral - und Zirkonvarietätenanalyse als Beitrag zur Rekonstruktion der Paläogeographie im Unterdevon des Ebbe - Sattels (Rheinisches Schiefergebirge) Inaugural - Dissertation Mathematisch - Naturwissenschaftliche Fakultät der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster (inédito).
- LOSKE, P. W., 1992. Sedimentologie Herkunft und geotektonische Entwicklung paläozoischer Gesteine der Präkordillere West Argentinien. Münchner geol. Hefte 7. München.
- LOSKE, P. W., MILLER, H. 1986. Beziehungen zwischen Schwermineralhäufigkeit und Sedimentationsraten im Unterdevon des sands. - Journal Sedimentary Petrology, 42: 635-645.
- MEHRA, H. B. & JACKSON, M. L. 1969. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite - citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays and clay mineral, Proc. 7th Nat. Conf. on clays and minerals : 317-327. London.
- MEZZADRI, G. & SACCANI, E. 1989. Heavy mineral distribution in late quaternary sediments of the southern Aegean Sea: implication for provenance and sediment dispersal in sedimentary basins at active margins. Journal of Sedimentary Petrology, 59: 12-423.
- MORTON, A. C. 1985. Heavy Minerals in Provenance studies. In Provenance of Arenites. (249-277) G. G. Zuffa (Ed.). NATO Asi Series Serie C, Mathematical and Physical Sciences Vol 148. Reidel Publishing Company.
- MORTON, A. C., DAVIES, J. R. & WATERS, R. A. 1992. Heavy minerals as a guide to turbidite provenance in the Lower Paleozoic Southern Welsch Basin: a pilot study. - Geological Magazine, 129: 573-580.
- PADULA, E., ROLLERI, O., MINGRAMM, A., CRIADO ROQUE, P., FLORES, M., BALDIS, B. 1867 Devonian of Argentina. International Symposium on the Devonian System. Actas Vol II Calgary.
- POLDEVAART, A. 1955. Zircons in Rocks. I Sedimentary Rocks. American Journal of Science. 253: 433-461.
- PUPIN, J. P. 1980. Zircon and Granite Petrology. Cont. Mineralogy and Petrology. 73: 207-220.
- READING, H. G. & ORTON, G. J. 1991. Sediment calibre: a control on facies model with special reference to deep - sea depositional systems. - In MÜLLER, D. W., MCKENZIE, J. A. & WEISSERT, H. (ed.): Controversies in modern geology, Evolution of Geological Theories in Sedimentology. - Academic Press.
- RIBBE, P. H. 1984. Titanite (Sphene) In: Review in Mineralogy. Paul H. Ribbe (Ed.). Vol 5 Orthosilicates. Second Edition. Mineralogical Society of America.
- RITTENHOUSE, G. 1943. Sources of modern sands in the Middle Río Grande Valley, New Mexico. - Journal of Geology, 52: 145-183.
- SLINGERLAND, R. L. 1977. The effects of entrainment on the hydraulic equivalence relationships of light and heavy minerals in sands. - Journ. Sedimentary Petrology, 47: 753-770.
- SPEER, J. A. 1984. Zircon. In: Review in Mineralogy. Paul H. Ribbe (Ed.). Vol 5 Orthosilicates. Second Edition. Mineralogical Society of America.
- TRAUTNITZ, H. M. 1980. Zirkonstratigraphie nach vergleichender morphologischer Analyse und statistischen Rechenverfahren - dargestellt am Beispiel klastischer Gesteine im Harz. Inaugural Dissertation. Naturwissenschaftliche Fakultät der Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg (inédito).
- ÜBERL, K. 1968. Faktorenanalyse. - Springer Verlag, Berlin.
- WYATT, M. 1954. Zircons as provenance indicators. American Mineralogist 39: 983-990.
- ZIMMERLE, W. a 1972. Sind detritische Zirkone rötlicher Farbe auch in Mitteleuropa Indikatoren für präkambrische Liefergebiete? - Geologische Rundschau, 61 (117-139).
- ZIMMERLE, W. c 1979. Accessory Zircon from a Rhyolite, Yellowstone National Park (Wyoming, U. S. A.). Zeitschrift deutscher geologischer Gesellschaft. 139: 361-369.