

CORRELACION ENTRE LA EXPANSION EN BARRAS DE MORTERO, SÍLICE DISUELTA Y EL CONTENIDO MONTMORILLONITA EN BASALTOS

SILVINA ANDREA MARFIL¹

PEDRO JOSE MAIZA²

RODOLFO CLAUDIO SALOMÓN³

¹ Profesor. Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. Investigador Independiente - CIC de la Prov. de Bs. As. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE. 54-291-4595184. FAX: 54-291-4595148. email: smarfil@uns.edu.ar

² Profesor. Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. Investigador Principal - CONICET. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE. 54-291-4595184. FAX: 54-291-4595148. email: pmaiza@uns.edu.ar

³ Técnico - CIC de la Prov. de Bs. As. Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE. 54-291-4595184. FAX: 54-291-4595148. email: rsalomon@criba.edu.ar

RESUMEN

Se realizó un estudio estadístico utilizando el método de componentes principales, a fin de determinar si existe correlación entre el contenido de montmorillonita en rocas basálticas con la expansión medida en las barras de mortero (ensayo acelerado ASTM C-1260) y la sílice disuelta en el método de ensayo químico (ASTM C-289).

Se trabajó sobre rocas de conocido comportamiento frente a la reacción álcali-sílice, evaluadas por los métodos de ensayo convencionales. Se utilizaron rocas inocuas y potencialmente reactivas, con y sin montmorillonita.

Se utilizó un método de tinción con azul de metileno y un soft para cuantificar su contenido.

Se concluyó que existe una buena correlación entre el contenido de sílice, expansión y porcentaje de montmorillonita para las rocas analizadas aunque este análisis debe hacerse sobre la base de un minucioso estudio petrográfico previo.

PALABRAS CLAVE: Montmorillonita – Basalto - RAS

ABSTRACT

A statistical study applying the principal components methods was made to establish the relationship between the content of montmorillonite in basaltic rocks, the expansion measured on mortar bars (accelerated method ASTM C-1260) and the dissolved silica on the chemical method (ASTM C-289).

Rocks from different locations, innocuous and potentially reactive, analyzed in earlier studies by standard methods were used. There were used a tinted method by means of methylene blue. It was concluded that the expansion is closely related to dissolved silica and montmorillonite contents.

KEYWORDS: Montmorillonite – Basalt – ASR

INTRODUCCIÓN

Las rocas basálticas constituyen un material aceptable para hormigón por sus propiedades físico-mecánicas, pero debe tenerse en cuenta que la presencia de especies deletéreas como vidrio volcánico y/o variedades de sílice microcristalina, las transforma en potencialmente reactivas frente a la reacción álcali – sílice. Además pueden desarrollarse reacciones expansivas debido a la presencia de montmorillonita.

En Argentina existen afloramientos muy extensos de este tipo de rocas, corresponden a bancos de gran extensión areal generalmente superficiales y potencias que pueden alcanzar cientos de metros. En su mayoría, estas vulcanitas se originan a partir del Cretácico (Misiones y algunos afloramientos de la Patagonia), pero en el sur del país, son en su mayoría Terciarios, llegando al Pleistoceno. Además los procesos erosivos han degradado los afloramientos e incorporado el material clástico a agregados gruesos y finos, participando con porcentajes considerables en arenas y gravas de uso frecuente en obras ingenieriles.

En estudios previos (Maiza et al., 1995, 1998; Marfil et al., 1998; Maiza & Marfil, 1998) se evaluó el comportamiento de rocas basálticas frente a la RAS utilizando los métodos de ensayo convencionales (método químico ASTM C-289 / IRAM 1650 , barras de mortero ASTM C-227 / IRAM 1637, método acelerado de la barra de mortero ASTM 1260 y examen petrográfico ASTM C-295 / IRAM 1649. Se estudiaron rocas provenientes de 17 localidades (13 de la Prov. de Río Negro, 1 de San Luis, 1 de Córdoba, 1 de Misiones y 1 de Mendoza). Se concluyó que tienen un comportamiento muy diferente aún dentro de un mismo yacimiento, desde inocuas a altamente deletéreas con expansiones que superaron el 1 % en el método acelerado de la barra de mortero.

Marfil y Maiza (1996) estudiaron las características petrográfico mineralógica de la alteración de basaltos en la meseta de Somuncurá, poniendo especial énfasis en la presencia de minerales arcillosos tipo montmorillonita. Este mineral se identificó al microscopio de polarización con secciones delgadas basándose en sus propiedades ópticas y observando su aumento de volumen al ser tratada con compuestos orgánicos (etilen glicol – glicerol). La muestra molida hasta pasar tamiz N° 200 (74 μ) se dispersó con ultrasonido y luego de la decantación se extrajo la fracción menor de 2 μ para ser analizada por difracción de rayos X. Tanto el examen microscópico como DRX permiten la identificación cualitativa del mineral. El límite de detección con rayos X depende de la cristalinidad de la muestra, de la uniformidad de las estructuras y del porcentaje con respecto a la muestra total.

Shayan et al. (1988), mencionan que un basalto de Queensland (Australia) dio reacción tipo RAS. En su composición, además de los minerales típicos de estas rocas, hay una importante cantidad de vidrio volcánico y sílice libre producto de la alteración de los componentes principales de la roca. También hallaron calcita aunque no mencionan la presencia de arcillas expansivas.

Batic et al. (1992, 1994), realizaron aportes importantes en el conocimiento del comportamiento de agregados con montmorillonita, incluyendo basaltos tholeíticos y olivínicos alterados con la participación de este mineral.

En el año 1998, a pedido de una empresa privada, se realizó un estudio de una presa de hormigón que presentaba un avanzado estado de deterioro, con desarrollo de procesos expansivos. Se realizaron estudios petrográfico-mineralógicos a fin de definir las causas de su deterioro. Se trabajó sobre testigos provistos por el comitente. Se concluyó que el hormigón presentaba claras evidencias del desarrollo de la reacción álcali-sílice. El agregado grueso utilizado en su elaboración era basalto. Esta roca presentaba un marcado proceso de alteración, principalmente argilización con abundante montmorillonita y clorita subordinada. Pudo observarse que los procesos de reacción se concentran alrededor de los clastos de basalto muy argilizados y/o silicificados.

Maiza et al. (2005) proponen un método para determinar el contenido de montmorillonita en base a la tinción de la muestra y un soft para cuantificarla. Se trabajó con microscopio de polarización sobre secciones delgadas con 100 aumentos (x10 ocular y x10 objetivo). Se tomaron al azar 5 sectores siempre dentro de la superficie de la sección delgada. Si la muestra considerara un sector externo (vacío) se descarta la medición. Con el soft desarrollado se calcularon los porcentajes de montmorillonita para cada una de las muestras estudiadas, en base al color medio.

Se realizaron diversos ensayos sobre otras muestras de basalto de las que se sabía, por estudios previos, que no tenían montmorillonita y los porcentajes de tinción siempre estuvieron en el orden el 5 %. Esta tinción se adjudicó a la penetración del líquido en zonas de fractura y clivaje de los fenocristales de plagioclasa y mafitos fenómeno claramente observado en los cortes delgados. Se estableció un valor base de 5 %, determinado como la tinción producida por imperfecciones en los cristales de los minerales.

En el presente trabajo se realiza un estudio estadístico aplicado a los resultados obtenidos en estudios previos por los métodos de ensayo convencionales para evaluar la RAS, que correlacionan la sílice disuelta en el método de ensayo químico y la expansión en barras de mortero con el contenido de montmorillonita determinado en base a la tinción de la muestra con azul de metileno y cuantificado a través de un soft desarrollado para tal fin.

MATERIALES

Se trabajó sobre 8 rocas basálticas de comportamiento conocido frente a la reacción álcali – sílice provenientes de las provincias de Neuquén, Río Negro y Misiones de Argentina. Las muestras fueron denominadas: Bajada del Sauce, La Rinconada, Comallo, Los Cóndores, Pajalta, Pila de Moneda, Praguaniyeu y Yacyretá.

MÉTODOS

El método de ensayo químico (ASTM C-289) determina la sílice disuelta (en miligramos) al colocar 25 gramos de muestra en una solución de NaOH 1N a 80 °C durante 24 hs.

El método acelerado de las barras de mortero (ASTM C-1260), determina el porcentaje de expansión que sufren las barras a los 28 días de estar sumergidas en una solución de NaOH 1N a 80 °C.

Para determinar el porcentaje de montmorillonita se trabajó sobre secciones delgadas. Se trató la muestra con una solución de SO_4H_2 al 5 % durante 1 minuto, se lavó y se la sumergió en una solución de azul de metileno 0.01 N, durante 2 minutos. Se cubrió con bálsamo de Canadá cocido y diluido en xileno. El azul de metileno es fijado sólo en los sectores donde la muestra contiene montmorillonita, debido a su capacidad de intercambio catiónico.

Se utilizó un soft para calcular el porcentaje del material coloreado en base a la adjudicación del color medio de la tinción. Se aplicó en 5 sectores diferentes de cada muestra y se calculó el valor promedio.

Se trabajó con un microscopio de polarización Olympus trinocular BH2-UMA, con cámara de video Sony 151 AP incorporada, monitor de alta resolución y procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1 para la captura y digitalización de imágenes.

Los datos así obtenidos se trataron estadísticamente utilizando el método de componentes principales que consiste en simplificar la estructura de las variables a partir de una matriz de varianzas o correlación. En este caso se utilizó una matriz de correlación para darle el mismo peso a todas las variables ya que se trabajó con diferentes unidades (mg en el caso de sílice disuelta y porcentaje para expansión y contenido de montmorillonita).

Las componentes principales permiten definir nuevas variables a partir de la matriz, las que resultan una combinación lineal de las originales, de forma tal que cada una concentra la mayor variabilidad y son linealmente independientes.

RESULTADOS

En la tabla 1 se resumen los resultados de expansión y sílice disuelta determinado en trabajos previos (Marfil et al.; Maiza et al. op. cit.) al que se suma el porcentaje de montmorillonita calculado con el método descripto.

En todas las muestras la montmorillonita fue identificada al microscopio petrográfico, sobre secciones delgadas, ocupando los espacios intergranulares, como consecuencia del proceso de desvitrificación del vidrio volcánico de la pasta.

Tabla 1: Expansión, sílice disuelta y porcentaje de motmorillonita en los basaltos estudiados. (RN: Río Negro; N: Neuquen; M: Misiones).

Muestra	% de expansión a los 28 días (ASTM C-1260)	Sílice disuelta (mg) ASTM C-289	% de Montmorillonita
Bajada del Sauce (RN)	0.054	15.70	6.6
Comallo (RN)	0.070	7.27	4.8
Pajalta (RN)	0.603	67.40	15.6
Pila de Moneda (N)	0.010	35.73	7.3
Praguaniyeu (RN)	0.673	86.44	15.8
La Rinconada (N)	0.041	24.17	7.7
Yacyretá (M)	0.407	38.10	16.6

Estudio Estadístico:

Con los datos de la tabla 1 se realizó un estudio estadístico aplicando el método de componentes principales. Los resultados se detallan a continuación.

Matriz de Correlación

1.000	0.303	0.692
0.303	1.000	0.744
0.692	0.744	1.000

Porcentaje de Varianza Asociado a Cada Componente Principal

Componente N°	I	II
% de varianza	82,02	16.42

El porcentaje de reconstrucción de las variables en el plano de las dos componentes es muy alto: % de expansión: 98.31 %; sílice disuelta: 99.72 %; % de montmorillonita: 97.28 %. Esto representa el 98.44 % de la varianza total, aunque la máxima variabilidad está dada en la primera. Por lo expresado se resolvió trabajar en el plano de las dos primeras componentes.

En la tabla 2 se muestra la correlación entre las variables y las dos primeras componentes principales.

Tabla 2: Correlación entre las variables y las dos componentes principales.

Variables	Componente I	Componente II
% Montmorillonita	0.91389	- 0.38465
Sílice (mg)	0.81674	0.57462
Expansión (%)	0.97895	- 0.12033

Del análisis de los resultados de la tabla 2 puede verse que existe una correlación directa entre la expansión en las barras de mortero y el contenido de montmorillonita en las rocas basálticas analizadas. La sílice disuelta también aumenta proporcionalmente aunque debe considerarse que esta variable está representada en un 66.7 %. La información del 33 % restante está expresada en la segunda componente. Si bien ésta no es significativa ya que representa sólo el 16 % de la varianza total, al ser no correlacionada con la primera, la relación no es tan notoria como con las dos variables restantes.

En la figura 1 se representan los datos centrados en el plano de las dos primeras componentes. Pueden diferenciarse claramente 2 grupos. Los que tienen valores positivos de la primer componente (C1), corresponden a las muestras que fueron calificadas como potencialmente reactivas frente a la RAS (Praguaniyeu, Pajalta y Yacyretá). Las tres tienen elevado contenido de montmorillonita y fuerte expansión en las barras de mortero. La muestra de Yacyretá tiene un menor valor de C1 debido al menor contenido de sílice disuelta. Las muestras que están en el segundo cuadrante corresponden a las rocas que se comportaron como inocuas (Bajada del Sauce, La Rinconada, Comallo y Pila de Moneda).

Como se dijo, la segunda componente (C2) no es significativa ya que representa un porcentaje muy bajo de la varianza total. Esto puede comprobarse en el gráfico ya que tanto las muestras deletéreas como inocuas tienen valores positivos de C2, con excepción de Yacyretá debido a que tiene mucha montmorillonita, alta expansión y no tan elevada la sílice disuelta.

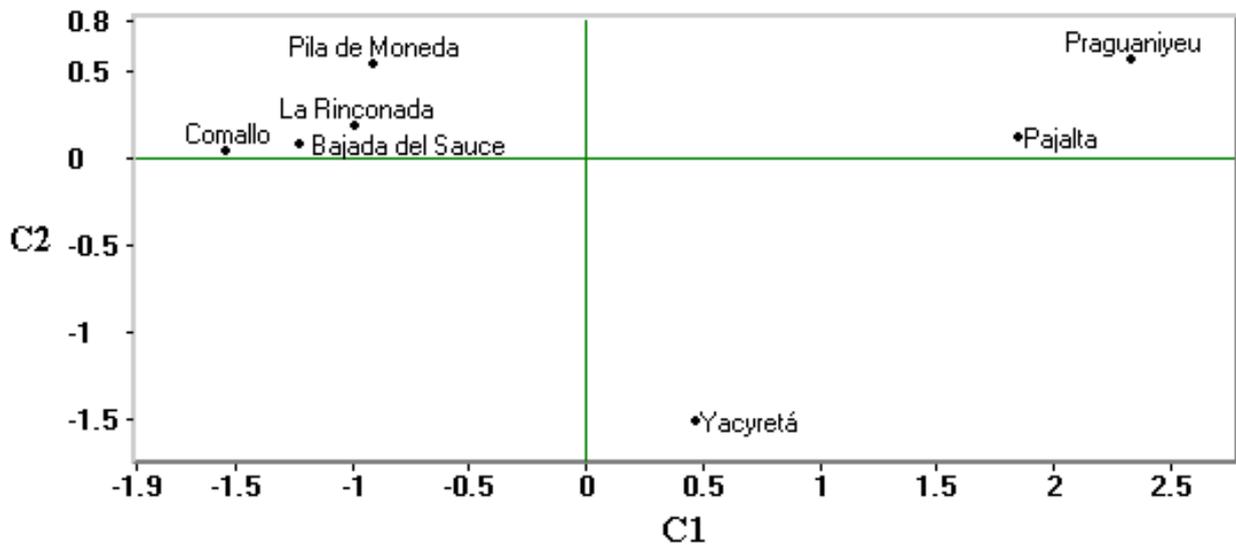


Figura 1. Gráfico de las muestras centradas en el plano de las dos primeras Componentes Principales.

CONSIDERACIONES

- En un trabajo previo se determinó una muy buena correlación entre la expansión de las barras de mortero y la sílice disuelta.

- En el estudio estadístico realizado con la inclusión del porcentaje de montmorillonita, se determinó una muy buena correlación con la expansión en las barras de mortero y con la sílice disuelta.
- La expansión en las barras de mortero se pudo incrementar por la presencia de montmorillonita principalmente por sus propiedades expansivas las que provocan un aumento de la permeabilidad facilitando los procesos químicos que conducen a la RAS.
- La determinación de la montmorillonita se realiza ya sea por microscopía o por difracción de rayos X, estableciéndose su relación témporo espacial aunque su cuantificación petrográfica es relativa. Para aplicar el método de tinción, es imprescindible un examen petrográfico exhaustivo previo al tratamiento.
- Cuando la roca es porosa, característica muy frecuente de las rocas basálticas, los procesos meteóricos generan la cristalización de diferentes minerales de alteración que se alojan colmatando parcial o totalmente los poros, obliterando, o por lo menos enmascarando las observaciones.
- Cuando la montmorillonita se forma a partir de la desvitrificación de la pasta, acompañan a este mineral, otras especies cristalinas ricas en sílice, óxidos e hidróxidos de hierro. Estos enmascaran a la arcilla, modificando así la identificación del sector teñido y por lo tanto el conteo que realiza el soft.
- Deben analizarse cuidadosamente las microfisuras, especialmente en las plagioclasas (y en menor proporción en piroxenos y olivinos), ya que la solución de tinción, puede penetrar fácilmente y, llegar a retener el azul de metileno. Es muy difícil eliminarlo por lavado por lo que serían considerados como mineral arcilloso áreas que no están alteradas.
- La elección del color azul más intenso como resultado de la tinción resulta más o menos sencillo, pero el rango de variación en la intensidad es dificultoso puesto que si se incrementa el rango, el programa calculará un porcentaje de montmorillonita mayor.
- La consideración de solo 8 muestras de basaltos en un tratamiento estadístico como el utilizado es exigua por lo que los resultados obtenidos no son concluyentes.
- Teniendo en cuenta la dificultad que presenta la cuantificación de montmorillonita en diferentes tipos de rocas y específicamente como en este caso, en basaltos, es necesario ampliar el número de muestras evaluadas y relacionar los resultados con otros ensayos que enmarquen las conclusiones.

CONCLUSIONES

- Existe una buena correlación entre el contenido de montmorillonita, la sílice disuelta en el método de ensayo químico y la expansión medida en las barras de mortero, para las muestras estudiadas.
- Este análisis debe hacerse sobre la base de un estudio petrográfico – mineralógico previo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNS, CONICET y CIC de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado.

REFERENCIAS

- ASTM C-227. (1995) Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates Mortar bar method. Book of standards, 04.02, 45.
- ASTM C-289. (1995) Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates. (Chemical method). Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, USA, v. 04.02, p. 159.

- ASTM C-295. (1979) Standard practice for petrographic examination of aggregates for concrete. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, USA.
- ASTM C-1260-94. (1994) Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (accelerated method), Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, USA.
- BATIC, O. R.; SOTA, J. D.; MAIZA, P. J. (1992) Alkali aggregate reaction in Concrete: "Montmorillonite included in some aggregates: A principal factor of ARS". Ninth International Conference ASR, London, v. 1. 53-60.
- BATIC O. R.; MAIZA, P. J.; SOTA, J. D. (1994) Alkali silica reaction in basaltic rocks. Cement and Concrete Research, USA, v. 24. p. 1317-1326.
- IRAM 1637. Reacción álcali-árido. (1968) Método de la barra de mortero para la determinación de la reactividad alcalina potencial, Normas IRAM, Argentina.
- IRAM 1649 (1968) Reactividad alcalina potencial en áridos. Examen petrográfico, Normas IRAM, Argentina.
- IRAM 1650 (1968) Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de ensayo químico, Normas IRAM, Argentina.
- MAIZA, P. J.; MARFIL, S. A.; BATIC, O. R.; SOTA, J. D. (1995) Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS. XII Reunión de la AATH. Memorias. La Plata. p. 127 – 140.
- MAIZA, P. J.; MARFIL, S. A. (1998) Comportamiento de rocas basálticas en hormigón, frente a la reacción álcali – sílice. II Congreso Uruguayo de Geología. Actas, Punta del Este, Uruguay, p. 134-137.
- MAIZA, P. J.; MARFIL, S.A.; BENGOCHEA, A. L.; BATIC, O. R.; SOTA, J. D. (1998) Aplicación de un modelo estadístico para evaluar la reactividad alcalina potencial en rocas basálticas. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Mar del Plata, Argentina, v. 1. p. 135-143.
- MAIZA, P. J.; SALOMÓN, R. C.; MARFIL, S. A.. Determinación de montmorillonita en rocas basálticas. Enviado al Congreso FIB 2005. "El hormigón estructural y el transcurso del tiempo", La Plata (Argentina), septiembre 2005, (en prensa).
- MARFIL, S. A.; MAIZA, P. J. (1996) Características petrográfico-mineralógicas de la alteración de basaltos de la Meseta de Somón Curá, Prov. de Río Negro. III Reunión de Mineralogía y Metalogenia. Public. Nº 5. INREMI. Actas, La Plata, p. 287-293.
- MARFIL, S. A.; MAIZA, P. J.; BENGOCHEA, A. L.; SOTA, J. D. BATIC, O. R. (1998) Relationship between SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, K₂O and expansion in the determination of the alkali reactivity of basaltic rocks. Cement and Concrete Research, USA, v. 28, n. 2, p. 189-196.
- SHAYAN, A.; QUICK, G. W. (1988) An alkali – reactive basalt from Queensland, Australia. International Journal of Cement Composites and lightweight Concrete, v. 10, n 4, p. 209-214.