

# REACTIVIDAD ALCALINA POTENCIAL DE ROCAS RIOLITICAS COMO AGREGADOS PARA HORMIGON

Maiza, P. J<sup>1</sup>.; O. R. Batic<sup>2</sup>; S. A. Marfil<sup>3</sup> y J. D. Sota<sup>4</sup>  
LEMIT-CIC - 52 y 121 La Plata (1900) – TE: 0221-4831142/4 FAX: 4250471  
e-mail: [jdsota@netverk.com.ar](mailto:jdsota@netverk.com.ar)

Palabras claves: Riolitas, agregados, RAS, durabilidad

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es la evaluación del comportamiento de rocas riolíticas usadas como agregados en el hormigón de cemento pórtland frente a la reacción álcali-sílice. Se trabajó sobre once (11) muestras de afloramientos provenientes de las Prov. de Río Negro y Chubut.

Teniendo en cuenta los criterios de diseño por durabilidad que se expresan en la nueva normativa del CIRSOC 201(2002), se estudió la reactividad alcalina potencial de las rocas riolíticas con diferentes métodos que permiten disponer de los resultados en poco tiempo.

Se estudiaron las características petrográfico-mineralógicas con microscopio de polarización sobre secciones delgadas y se utilizó difracción de rayos X para la identificación de minerales de alteración, principalmente los productos de la desvitrificación del vidrio volcánico. Se ensayaron con el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) y con el método químico (IRAM 1650).

Se correlacionan los resultados obtenidos en los diferentes métodos en función del contenido de sílice soluble, los valores de expansión hasta la edad de 28 días y la pasta vítrea /cristalina o con procesos de alteración, determinados por los estudios petrográficos.

1. Investigador Principal CONICET. Profesor Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. [smarfil@criba.edu.ar](mailto:smarfil@criba.edu.ar).
2. Investigador Principal CIC-LEMIT. Profesor Dpto. de Construcciones. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. [orbatic@netverk.com.ar](mailto:orbatic@netverk.com.ar).
3. Investigador adjunto s/d CIC. Profesor Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. [smarfil@criba.edu.ar](mailto:smarfil@criba.edu.ar).
4. Profesional Principal CIC-LEMIT. Docente Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. [jdsota@netverk.com.ar](mailto:jdsota@netverk.com.ar).

## INTRODUCCION

En la Patagonia, se observan deterioros en algunas obras provocados por diversos motivos como son los de carácter climático, temperaturas extremas, acción del viento, curado inadecuado, acción del agua, acción de iones de sulfatos, reacción deletérea de agregados (RAS), etc.. En particular con relación a la reactividad de las rocas frente a los álcalis se han realizado varios estudios que fueron motivos de trabajos ya publicados (1,2,3,4), en los que se muestra que la mayoría de los agregados patagónicos son potencialmente reactivos frente a los álcalis, por provenir los mismos de rocas volcánicas.

En este ámbito, existen grandes afloramientos de rocas riolíticas y sus tobas consanguíneas asociadas. Abarcan extensos sectores de las Prov. de Río Negro, Chubut, Santa Cruz, Neuquén y La Pampa, en su mayoría relacionadas con eventos volcano-clásticos del Triásico-Jurásico (Mesozoico) e intrusiones que llegan al Terciario.

Desde el punto de vista químico son semejantes a las rocas graníticas (contienen alrededor del 70 % de  $\text{SiO}_2$  y 7 % de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ , pero texturalmente son distintas (rocas porfíricas), contienen a los fenocristales dispersos en pastas desde holocristalinas a holohialinas (vitreas).

Las más comunes son vitrofidicas e hialopilíticas. Las pastas vítreas, a veces desarrollan texturas perlíticas: consisten en fracturas concéntricas las que otorgan a la roca importante permeabilidad y por lo tanto mayor susceptibilidad a ser lixiviada. El proceso de desvitrificación transforma a las pastas vítreas en agregados felsíticos criptocristalinos compuestos principalmente de cuarzo o tridimita y calcedonia, sanidina, oligoclasa, algunos óxidos principalmente de hierro y abundantes minerales arcillosos.

Desde el punto de vista mineralógico, una riolita está constituida por fenocristales de cuarzo, feldespatos principalmente alcalinos (sanidina), albita-oligoclasa, mafitos principalmente biotita y hornblenda. Entre los minerales accesorios más comunes pueden mencionarse titanita, apatito, zircón y mena de hierro, dispersos en una pasta que varía desde totalmente vítrea a microcristalina.

Las riolitas se presentan con distintos tipos de alteración, sericitización, carbonatación, silicificación, argilización, ceolitización, etc., procesos que influyen notablemente en la liberación de sílice y elementos alcalinos al medio, involucrados en las pastas vitrocristalinas, ya que pueden fijarse en estructuras cristalinas o quedar liberados en el medio.

Fragmentos de estas rocas participan con porcentajes variables en los sedimentos tanto gruesos (canto rodado), como finos (arenas). También han sido trituradas y usadas con éxito en obras de ingeniería importantes, diques, puentes y caminos, como por ej. el Dique Florentino Ameghino.

Las experiencias se realizaron con el propósito de estudiar el comportamiento de las rocas riolíticas frente a la reactividad alcalina potencial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se informan los resultados obtenidos de los estudios realizados en riolitas de 9 localidades de las Prov. de Río Negro y Chubut. Ellas son: Don Ricardo, Sierra Colorada (Mirador y La Cruz), Pajalta y Sierra Grande de la Prov. de Río Negro y Sierra Chata (roja y negra), Dique Florentino Ameghino, Villegas, Cantera 60 y Cerro Alto, de la Prov. de Chubut. (Fig. 1).

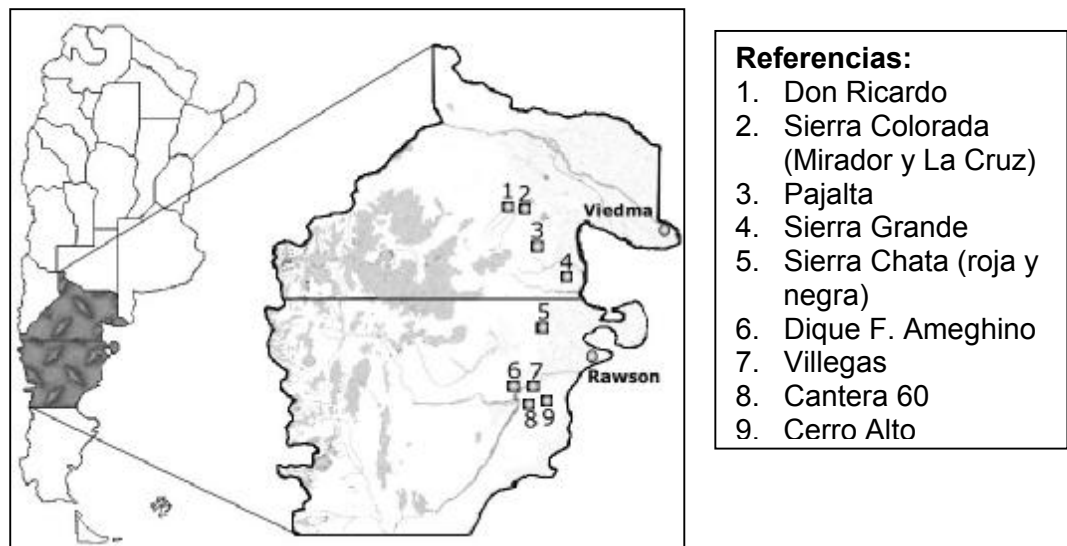


Fig. 1 Mapa de ubicación.

Todos los afloramientos mencionados son parte de la Formación Marfil, cuya edad se ubica en el Triásico medio a Jurásico medio (5). Se realizaron ensayos físicos, químicos y estudios petrográficos para evaluar su potencial predisposición para desarrollar la RAS (IRAM 1648)(6). Para ello se utilizaron métodos de ensayos acelerados (IRAM 1674)(7), método químico (IRAM 1650)(8), y secciones delgadas para microscopía de polarización.

Para determinar la composición petrológica, textura y alteraciones, se trabajó con un microscopio de polarización Olympus, trinocular, con cámara de video de alta resolución y programas computarizados para tratamiento de imágenes y cuantificaciones. Para el estudio de los minerales de alteración, se trabajó con un difractor Rigaku D-max IIIC con radiación de  $\text{Cu K}\alpha$  y monocromador de grafito, con 35 KV y 15 mA, para muestras naturales, expandidas con etilen glicol y calcinadas.

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

### **Análisis petrográfico**

Se realizaron secciones delgadas de muestras representativas de cada yacimiento, para ser estudiadas con el microscopio de polarización. Se analizó la composición mineralógica, textura, relación fenocristales/pasta, tipos de alteración y presencia de vidrio volcánico. En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos, destacándose las principales características vinculadas con el tema en estudio.

Una vez efectuada la identificación se procedió a la trituration de las muestras a tamaño de arena para la realización de los ensayos químicos y de barras de mortero.

### **Ensayos químicos**

Para el ensayo químico se obtuvo una fracción representativa de roca comprendida entre los tamices IRAM 300 y 150  $\mu\text{m}$ , sobre esta se determinó la sílice disuelta siguiendo la metodología especificada en la Norma IRAM 1650. En la Tabla N° 2 se muestran los resultados obtenidos.

### **Ensayos Físicos**

Se estudió el comportamiento de cada roca riolítica frente a la RAS utilizando el ensayo acelerado de la barra de mortero IRAM 1674.

Se realizó una trituration para llevar las partículas a tamaño de arena y obtener la granulometría establecida en la Tabla I de la norma mencionada. Se hizo el mortero utilizando un cemento portland normal de alto álcali ( $\text{Na}_2\text{O}$ )<sub>eq</sub> = 1%) y se moldearon las barras para el estudio, curándolas 24 hs. cámara húmeda y otras 24 hs. en agua a 80°C. A esa edad se hizo la medición inicial o de referencia para luego sumergirlas en solución de hidróxido de sodio 1N a 80°C haciendo lecturas periódicas hasta los 28 días, registrando la medida de las expansiones, con el fin de estudiar el comportamiento de las rocas frente a este tratamiento. Los resultados se vuelcan en la Tabla 2.

Tabla 1: Petrografía de rocas riolíticas.

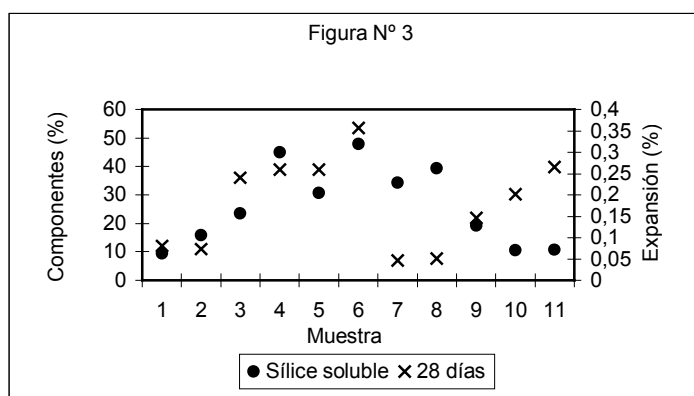
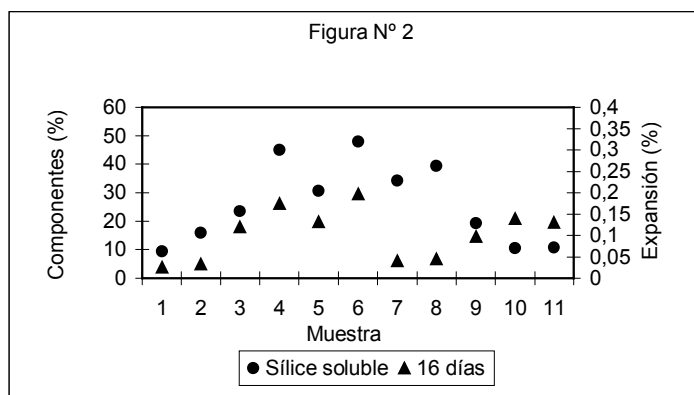
Identificación		Relación pasta/fenocristales	Alteración/es		Presencia de vidrio
Número	Nombre		Pasta	Fenocristales	
1	Don Ricardo	75/25	Argilización	Illita Clorita Calcita	Abundante vidrio fresco. Los microcristales de la pasta son de grano grueso.
2	Sierra Colorada Mirador	60/40	Argilización Ceolitización Silicificación	Carbonatación illita	Pasta microcristalina totalmente recristalizada. No hay vidrio.
3	Sierra Colorada La Cruz	55/45	Argilización Silicificación	Illita-caolín	Pasta microcristalina totalmente recristalizada. No hay vidrio.
4	Pajalta	45/55	Argilización	Carbonatación silicificación	Se conserva algo de vidrio relíctico. Pasta parcialmente recristalizada.
5	Sierra Grande	65/35	Argilización Silicificación	Argilización Silicificación	Abundante vidrio fresco. Los microcristales de la pasta son de grano grueso.
6	Sierra Chata roja	35/65	Argilización ceolitización	Illita	Pasta parcialmente recristalizada. Escaso vidrio relíctico. Se conserva la fluidalidad de la pasta. Son abundantes las arcillas expansivas.
7	Sierra Chata negra	40/60	Argilización Ceolitización Silicificación	Illita Calcita	Pasta parcialmente recristalizada. Escaso vidrio relíctico. Se conserva la fluidalidad de la pasta. Son abundantes las arcillas expansivas.
8	Dique Ameghino	60/40	Illita	Illita-calcita	No hay vidrio. Los microcristales de la pasta recristalizada son de grano grueso.
9	Villegas	75/25	Argilización Silicificación	Illita	Escaso vidrio relíctico. La pasta, parcialmente recristalizada es de grano grueso.
10	Cantera 60	45/55	Argilización ceolitización Silicificación	Illita	Pasta parcialmente recristalizada. Escaso vidrio relíctico. Se conserva la textura fluidal.
11	Cerro Alto	40/60	Argilización Ceolitización Silicificación	Illita Calcita Caolín	Pasta parcialmente recristalizada. Se conserva la fluidalidad de la pasta y hay desarrollo de abundantes arcillas expansivas.

Tabla 2: Resultados de sílice soluble (IRAM 1650) y del método acelerado (IRAM1674)

Número	Identificación	Sílice soluble (mg)	Expansión (%)	
	Nombre		16 días	28 días
1	Don Ricardo	10.5	0.139	0.202
2	Sa. Colorada Mirador	34.3	0.040	0.047
2	Sa. Colorada La Cruz	39.5	0.045	0.051
3	Pajalta	19.3	0.097	0.147
4	Sierra Grande	10.8	0.130	0.266
5	Sierra Chata roja	44.9	0.132	0.259
5	Sierra Chata negra	30.6	0.175	0.259
6	Dique Ameghino	9.3	0.026	0.081
7	Villegas	15.9	0.033	0.073
8	Cantera 60	23.5	0.119	0.241
9	Cerro Alto	48.0	0.197	0.356

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En las Fig. 2 y Fig. 3 se comparan los porcentajes de sílice soluble y las expansiones a 16 y 28 días respectivamente



En general se observa una buena correlación entre la sílice disuelta y la expansión medida en las barras de mortero aplicando el método acelerado en la mayoría de las muestras analizadas.

La identificación petrográfica complementada con el método acelerado de la barra de mortero, permiten calificar el grado de reactividad de las riolitas, siendo la determinación de la sílice disuelta un dato complementario.

De estudios presentados en otras oportunidades como en el caso de este trabajo se plantea la necesidad de realizar simultáneamente los métodos petrográficos mineralógicos IRAM 1649 y el método acelerado de la barra del mortero IRAM 1674 para asegurar la evaluación del comportamiento frente a la RAS.

Las muestras que resultaron inocuas corresponden a las rocas cristalinas y con pastas de grano grueso. (Dique Ameghino y Villegas) y con valores bajos de sílice disuelta.

Las muestras más reactivas por ambos métodos corresponden a las rocas que han sufrido un proceso de silicificación y contienen sílice microcristalina y/o calcedonia en la pasta junto con vidrio relíctico. El resto de la pasta se presenta recristalizada a minerales arcillosos. (Cantera 60; Sierra Chata negra; Sierra Chata roja y Cerro Alto).

Pajalta está próxima a los límites establecidos por las normas. Esto se debe a que si bien tiene vidrio volcánico, gran parte de la pasta se encuentra recristalizada.

Las muestras de Sierra Colorada (La Cruz y Mirador), liberaron gran cantidad de sílice en el método químico, pero no mostraron expansión en las barras de mortero. Este comportamiento se explicaría por el contenido muy abundante de sílice microcristalina como consecuencia de un fuerte proceso de silicificación, que es metaestable y fácilmente lixiviable en NaOH sin consecuencias expansivas.

En las rocas de Don Ricardo y Sierra Grande ocurre lo contrario, es decir las expansiones en las barras es elevado como para tener que considerar a estas rocas como deletéreas aunque liberan escasa cantidad de sílice. Este comportamiento puede ser debido a que estas rocas contienen abundante vidrio volcánico fresco con grano más grueso y por lo tanto menor propensión a liberar sílice en un medio alcalino.

En trabajos anteriores sobre otros tipos de roca (Maiza et. al) se ha estudiado el comportamiento del vidrio volcánico fresco con los métodos de ensayo convencionales concluyendo que el vidrio riolítico manifiesta expansiones deletéreas aunque en el método químico la sílice disuelta es muy escasa.

## CONCLUSIONES

- Las rocas riolíticas estudiadas tienen comportamiento variable frente a la RAS dependiendo del contenido de vidrio volcánico, textura, tamaño de grano y grado de alteración.
- Las rocas con pastas totalmente recristalizadas y grano grueso son aptas para ser utilizadas como agregado en hormigón.
- La presencia de vidrio relíctico en sus pastas o los procesos posteriores de silicificación con minerales tales como calcedonia o cuarzo fino las califican como potencialmente reactivas.
- Si la roca ha sufrido procesos de alteración a minerales arcillosos es importante identificar los minerales secundarios ya que la presencia de montmorillonita puede ser muy perjudicial.
- En síntesis, las rocas riolíticas son litológicamente muy heterogéneas, presentan características mineralógicas, texturales y alteraciones las que exigen análisis y ensayos tecnológicos muy detallados, para predecir su comportamiento cuando constituyen los agregados para hormigón. Es recomendable la realización de ensayos cuyas conclusiones semejantes otorguen confiabilidad a los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Maiza P. J.; Marfil, S.A; Batic, O.R. y Sota J.D.. "ESTUDIO COMPARATIVO DE ROCAS BASÁLTICAS FRENTE A LA RAS". XII Reunión de la AATH. Memorias. La Plata. 127 - 140. (1995).
2. Maiza, P. J. y Marfil, S.A "COMPORTAMIENTO DE ROCAS BASÁLTICAS EN HORMIGÓN, FRENTE A LA REACCIÓN ÁLCALI – SÍLICE". II Congreso Uruguayo de Geología. Actas. pp. 134-137. Punta del Este. Uruguay. (1998).
3. Marfil, S. A. y Maiza, P. J. "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. N° 5. INREMI. Actas: 287-293. La Plata. (1996).
4. Marfil, S. A., Maiza, P.J., Bengochea, A.L., Sota, J.D., and Batic O.R., "RELATIONSHIP BETWEEN SIO<sub>2</sub>, AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CAO, K<sub>2</sub>O AND EXPANSION IN THE DETERMINATION OF THE ALKALI REACTIVITY OF BASALTIC ROCKS." Cement and Concrete Research. USA. Vol. 28. N° 2, pp. 189-196. (1998)
5. Rapela, C.W.; Pankhurst, R.J.; Llambías, E.J.; Labudía, C.H. and Artabe, A.. "GONDWANA MAGMATISM OF PATAGONIA: INNER CORDILLERAN CALC-ALKALINE BATHOLITS AND BIMODAL VOLCANIC PROVINCE". Andean Dynamics Symposium. Saint Malo. France. 791-794. (1996)
6. IRAM 1648. Reacción álcali agregado. Método de ensayo de inhibidores minerales. (1968)
7. IRAM 1674. Agregados. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra de mortero.
8. IRAM 1650. Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de ensayo químico. (1968).
9. Proyecto de Reglamento CIRSOC 201. Noviembre 2002.