

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ROCAS CUARCÍTICAS DEL ÁREA DE BALCARCE (PROVINCIA DE BUENOS AIRES). FACTIBILIDAD DE USO COMO AGREGADO PARA HORMIGÓN

**Coelho dos Santos, Gabriela S.¹; Marfil, Silvina A.^{2, 3};
Falcone, Darío D.¹; y Maiza, Pedro³**

¹ Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires (CICPBA). Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, LEMIT. Av. 52 e/121 y 122 s/n, B1900FWA, La Plata, Argentina. Cátedra de Geología Aplicada, FCNYM, UNLP. gabys_geo17@yahoo.com.ar.

² Dpto. de Geol. UNS, San Juan 670, Bahía Blanca.

³ CGAMA (CIC-UNS), Bahía Blanca. Prov. de Bs. As.

Palabras claves: Balcarce, cuarcitas, reactividad alcalina potencial, hormigón.

Resumen

Las cuarcitas de la Formación Balcarce se explotan desde la década del 30 en el partido de Gral. Pueyrredón (provincia de Buenos Aires). En Balcarce existen afloramientos naturales con un espesor máximo de 90m sobre los cuales se han desarrollado canteras que se hallan inactivas desde hace más de 30 años.

Para evaluar la potencial reactividad frente a la RAS de las cuarcitas al ser utilizadas como agregado en hormigón, se realizaron estudios petrográficos (IRAM 1649) según la norma IRAM 1531 y ensayos físicos: método acelerado de la barra de mortero y prisma de hormigón (IRAM 1674 y 1700).

Son cuarcitas de grano medio a fino, de color blanco grisáceo que intercalan con bancos de arcilla de 10 a 50 cm de espesor determinadas por DRX como illita y caolinita.

El resultado del análisis petrográfico indica que la roca posee en general, granos de cuarzo con ángulo de extinción ondulante (AEO) menor a 15° y que el contenido de cuarzo microcristalino es inferior al 1%, no superando el límite de 5% que establece la norma IRAM 1531. Además, la expansión medida en los ensayos físicos no supera los límites establecidos en las normas vigentes, por lo que se califica a la cuarcita como apta para su uso como agregado en hormigón.

1. Introducción

Las rocas cuarcíticas de la Formación Balcarce [1], se encuentran aflorando en el sector sur de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, desde el área de Chillar (partido de Azul) hasta la costa atlántica en Mar del Plata. La Formación Balcarce (Ordovícico-Silúrico) junto a unidades sedimentarias más antiguas del Grupo Sierras Bayas y Formación Cerro Negro (Neoproterozoico-Cámbrico) y al basamento cristalino ígneo-metamórfico (Paleoproterozoico), constituyen el total del sistema de sierras (Figura 1). En la zona de Chillar la unidad de estudio está en contacto con el basamento cristalino expuesto, no así en la zona desde Balcarce hasta Mar del Plata donde sólo aflora la Formación Balcarce [2, 3]

VER FIGURA 1 AL PIE DE PAGINA.

La explotación como piedra partida, bloques de escollera y recuperación secundaria de arcillas se desarrolla en el área de Batán, en las cercanías de la ciudad de Mar del Plata (partido de Gral. Pueyrredón), desde los años 30 y son numerosos los trabajos realizados en relación a su uso como agregado para hormigón [4, 5, 6, 7, 8]. Por otra parte en la localidad de Balcarce se desarrollan afloramientos naturales de gran extensión y con alturas que rondan los 100m. Los mismos conforman serranías aisladas de morfología mesetiforme y laderas abruptas, sobre los

cuales se han desarrollado amplios frentes de explotación de la cuarcita. Estas canteras, como las que se hallan en el cerro San Agustín, cantera Los Pinos, Sierras de Balcarce y Tea, se encuentran actualmente inactivas.

El objetivo de este trabajo es evaluar las cuarcitas de la localidad de Balcarce mediante métodos petrográficos y ensayos físicos en mortero y hormigón. Luego se comparan estos resultados con los obtenidos en trabajos previos para las canteras en producción del área de Batán-Chapadmalal. Cabe destacar que no hay antecedentes históricos en la zona de Balcarce del estudio de reactividad de estas rocas, pero sí existen antecedentes de estudios tecnológicos para su uso como material de construcción en obras civiles [9].

2. Materiales y métodos

Los materiales fueron obtenidos en una cantera inactiva ubicada en el faldeo oriental del cerro San Agustín. Los mismos pertenecen a arenitas cuarzosas (cuarcitas) de la Formación Balcarce. El frente de cantera está conformado por un corte de unos 120 m de largo y 15 m de altura (en su parte más elevada), donde se observan arenitas cuarzosas de grano medio a fino, que se desarrollan en estratos de hasta 3 m de espesor de color blanco grisáceo que intercalan con bancos de arcilla de 10 a 50 cm de espesor (Figura 2).

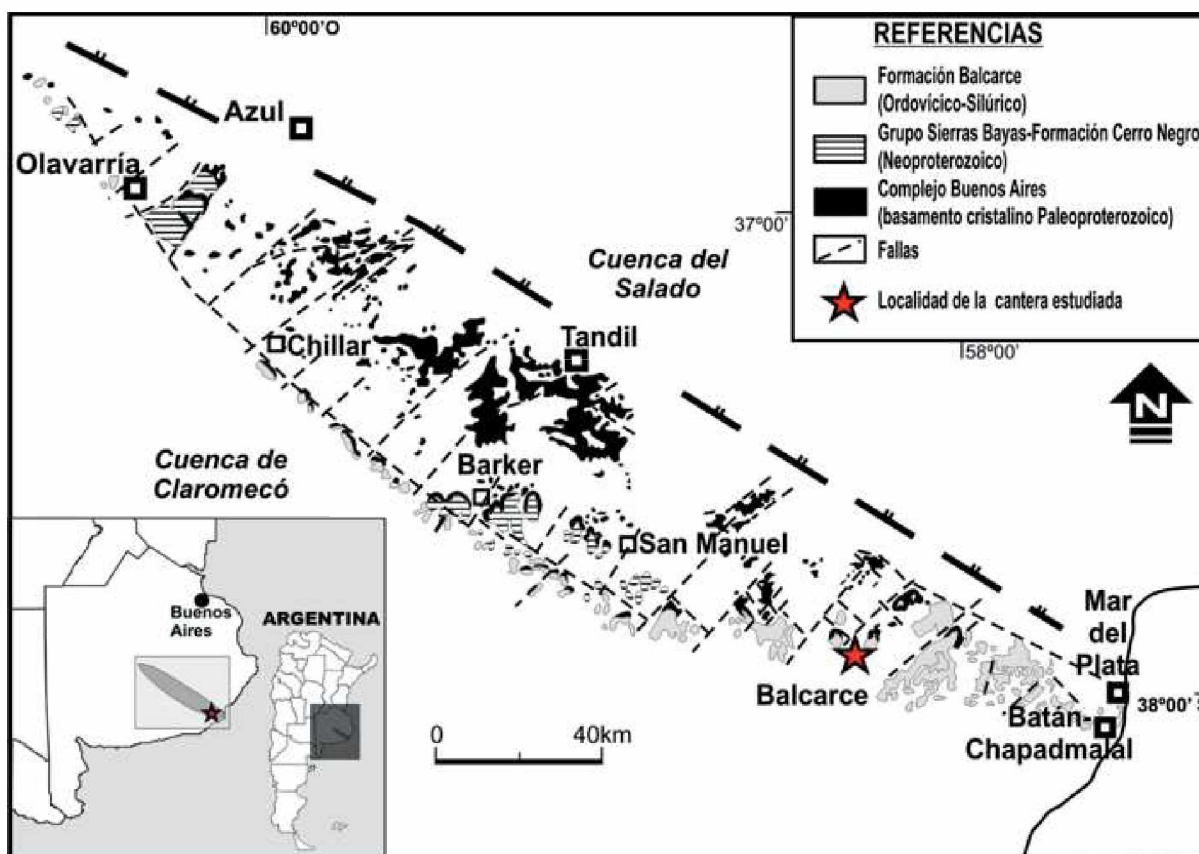


Figura 1: Mapa geológico-estructural del Sistema de Tandilia. Cubierta sedimentaria y complejo ígneo-metamórfico. Ubicación de la cantera en estudio en la proximidad de Balcarce, Los Pinos. Modificado de Cingolani, 2011 [3].

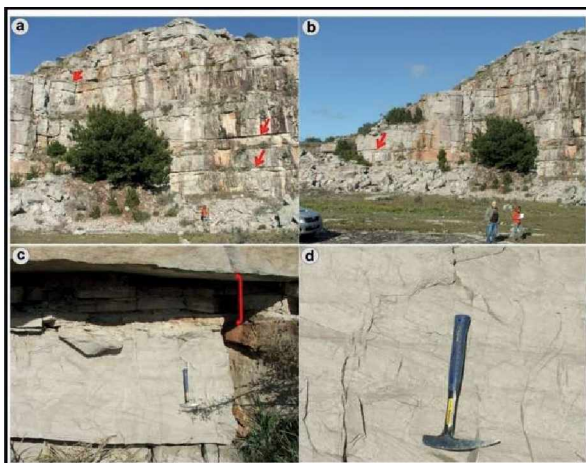


Figura 2: Cantera en el faldeo oriental del cerro San Agustín. (a) y (b) Vista general del frente de cantera (único corte). Las flechas rojas indican los niveles de arcillitas que intercalan con espesos bancos de cuarcita. (c) Nivel de 30 cm de arcillita y arenas finas entre dos bancos de cuarcita; (d) detalles del banco de cuarcita con estratificación entrecruzada.

Se tomaron muestras de mano para la realización de cortes delgados para ser analizados por petrografía, y muestras de bloques cuarcíticos al pie del frente de cantera (Figura 2 a y b) que fueron procesadas en el laboratorio (triturado, tamizado y lavado) para la realización de los ensayos físicos.

La petrografía fue realizada bajo el criterio de la norma IRAM 1649 [10] en relación a los requerimientos de la norma IRAM 1531 [11] de agregado grueso para hormigón. Los ensayos físicos aplicados son el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) [12] y el método del prisma de hormigón (IRAM 1700) [13].

La norma 1649 [10] contempla que para las muestras tomadas de afloramientos rocosos y frentes de explotación el examen petrográfico se realiza del mismo modo que para testigos de roca, aplicando el estudio de secciones delgadas y análisis complementarios como DRX para determinar además la presencia de minerales arcillosos, algunos de los cuales, tales como las esmectitas, son perjudiciales para el hormigón debido a expansiones por absorción de agua. A su vez, el estudio de los agregados triturados, también es similar al utilizado en testigos de roca, excepto que sean necesarios datos cuantitativos, los cuales deben ser obtenidos por conteo de partículas. Por otra parte, la norma IRAM 1531 [11] considera que para el agregado se califique como potencialmente reactivo debe tener un contenido mayor de un 5% de cuarzo fuertemente tensionado y/o microcristalino con un tamaño de grano (promedio) inferior a $62\mu\text{m}$, 3% de ftanita o chert-calcedonia o vidrio volcánico, 1% de cristobalita-tridimita o 0,5% de ópalo. Estos límites son aplicados a cada uno de los componentes individuales, pero en el caso que el agregado contenga dos o más de los minerales indicados, debe ser considerado potencialmente reactivo independientemente del contenido en el que se halle presente cada componente. Para fines prácticos se procedió a realizar la petrografía de las muestras tomadas

en el frente de explotación, ya que se considera que la cantera presenta una litología homogénea.

Para el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) [12] se procedió al moldeado de probetas de mortero de $25\text{mm} \times 25\text{mm} \times 280\text{mm}$. Luego, fueron sumergidas en agua a 80°C tomándose luego de 24hs una lectura inicial. Posteriormente a esta lectura se sumergieron en una solución 1N de NaOH a 80°C , realizándose lecturas periódicas durante intervalos de tiempo, y se estableció un límite de expansión de 0,100% a los 16 días (IRAM 1531) [11]. Para expansiones inferiores a este valor los agregados son considerados no reactivos.

Los prismas de hormigón (IRAM 1700 a 38°C y 60°C) [13] se confeccionaron con el agregado grueso cuarcítico en distintas fracciones, una arena patrón no reactiva, 420 Kg/m^3 de cemento portland normal (con un contenido de álcalis de $0,9 \pm 0,1\%$ expresado en Na_2Oeq) y una razón a/c de 0,42 a 0,45. El curado de las probetas se realizó a las distintas temperaturas según lo establecido por la norma. En el ensayo que toma la temperatura de 38°C la reactividad se evalúa a las 52 semanas, siendo el límite de expansión 0,040%, mientras que para el curado a 60°C el ensayo se evalúa a las 13 semanas, para lo cual, la norma IRAM 1531 establece el límite según la petrografía del agregado en estudio. Si se trata de agregados que contienen cuarzo fuertemente tensionado y/o microcristalino, el límite es de 0,080%, mientras que para los agregados que contienen ópalo, vidrio volcánico, etc., considerados como de reacción rápida, el límite es de 0,040%.

La petrografía convencional se realizó mediante un microscopio petrográfico Olympus BH2-UMA. Además, se realizaron estudios de detalle a través de un microscopio electrónico de barrido ambiental FEI Quanta 200, acoplado a un espectrómetro de energía dispersiva de rayos X SDD Apollo 40, instalado en el laboratorio LIMF-UNLP. Para el último estudio, las muestras fueron metalizadas con Au. Por otro lado, sobre las arcillas que intercalan con las cuarcitas, se realizó un estudio por difracción de rayos X (DRX) utilizando un difractómetro Rigaku D-Max IIC, con radiación de $\text{Cu K}\alpha$ y monocromador de grafito. Se trabajó a 35 kV y 15 mA entre 3 y 60° (2θ) con un paso de 0,02 y un tiempo de conteo por paso de 1 segundo.

3. Resultados y discusión

3.1. Petrografía mediante microscopía óptica

Como se observa en la Figura 3, se analizaron bajo microscopio petrográfico muestras tomadas en el frente de cantera. Se trata de arenitas cuarzosas de grano medio a fino de la Formación Balcarce. Las mismas están compuestas en más de un 90% por cuarzo anguloso a subanguloso, muy raramente redondeado; los granos pueden presentar crecimiento secundario en sus bordes (Figura 3 b y d). Algunos presentan extinción normal mientras que otros tienen extinción ondulante, aunque en su mayoría poseen un ángulo inferior a los 15° [14]. Los clastos de cuarzo microcristalino (Figura 3c) son escasos (inferiores al 1%), al igual que los granos de

cuarzo policristalino, compuestos por subgranos menores a $62\mu\text{m}$ (Figura 3 b y d). Otros minerales presentes son muscovita y turmalina, así como también circón y titanita (esporádicos). La muscovita se presenta como un componente detrítico (Figura 3 a y d) entre los granos de cuarzo o como pequeñas concentraciones que forman bandas de 200 a $400\mu\text{m}$ de espesor y varios milímetros de largo a la que se asocia turmalina y minerales opacos. Estos dos últimos también se hallan como componentes detríticos comunes (Figura 3 a y c). En general los granos están en contacto neto (rectos, interdigitados, difusos, etc.) o cementados por cuarzo microcristalino, illita o hidróxidos de hierro. También en algunos sectores se observa la presencia de una matriz caolínítica o caolínítica-illítica, en algunos casos como producto de alteración de los feldespatos (Figura 3 b y d). De las observaciones que se desprenden del análisis petrográfico (IRAM 1649) [10] la roca se califica como no reactiva según lo especificado en la norma IRAM 1531 [11].

3.2. Microscopía electrónica de barrido y espectrometría de rayos X (MEB-EDS)

Mediante estas técnicas se pudo identificar las morfologías y composiciones típicas en orden de abundancia, de caolinita (Figura 4), illita y óxidos de hierro que se presentan en las cuarcitas rellenando los poros o como cemento. También se observan áreas en donde los contactos entre los granos de cuarzo son netos, detectándose bordes con crecimiento secundario. La angulosidad de los granos de cuarzo predomina sobre la redondez, en parte debido al crecimiento secundario y en parte a la falta de redondeamiento de los clastos de cuarzo detrítico.

3.3. Difracción de rayos X (DRX) de las arcillas

El análisis mediante DRX de una muestra de arcilla tomada del nivel mostrado en la Figura 2 c, muestra que la composición es esencialmente caolinita-illita. Los picos correspondientes a cada fase mineral se representan por separado en la Figura 5.

En este análisis no aparece el cuarzo, como es común en los niveles finos pelíticos de la zona de Batán.

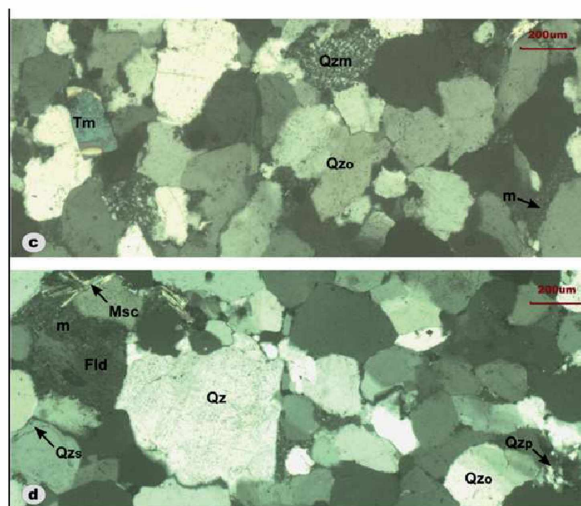
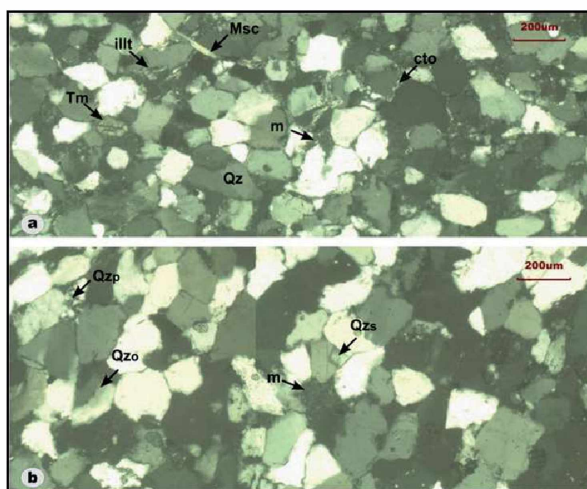


Figura 3: Fotomicrografías de secciones delgadas de arenitas cuarzosas (a) de grano fino; (b) de fino a medio y (c) y (d) de tamaño de grano medio. Qz: cuarzo, Qzo: cuarzo con extinción ondulante, Qzp: cuarzo policristalino, Qzm: cuarzo microcristalino, Qzs: cuarzo secundario, Msc: muscovita, Fld: feldespato alterado, Tm: turmalina, illt: illita, m: matriz caolínítica y caolínítica-illítica, cto: cemento (cuarzoso, arcilloso, etc.).

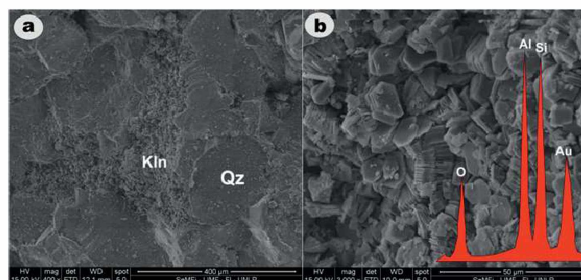


Figura 4: Imágenes de electrones secundarios de una muestra de cuarcita tomada con MEB. (a) Los granos de cuarzo (Qz) se observan con superficie lisa y fractura concoidea. Los minerales arcillosos como la caolinita (Kln) se ubican en espacios porales entre los granos. Donde no hay poros, los contactos son netos. (b) Detalle del poro relleno con caolinita, observándose la morfología típica de "libro". Superpuesta a la imagen (b) se muestra el espectro composicional (EDS) marcando los picos de Si, Al y O.

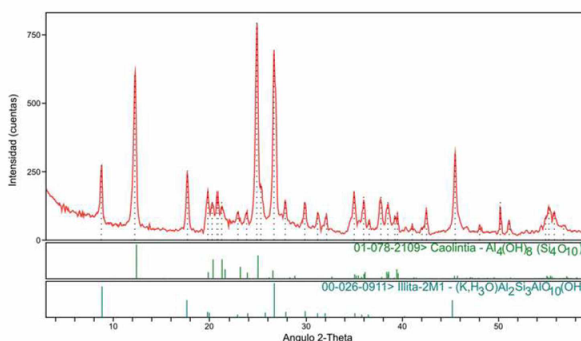


Figura 5: Espectro de DRX de los minerales arcillosos (illita y caolinita).

3.4. Ensayos físicos

Los resultados del método acelerado de la barra de mortero se muestran en la Figura 6. Este ensayo califica a la roca estudiada como no reactiva ya que la expansión es menor a 0,100% a 16 días. En el método del prisma de hormigón se observa que para el curado a 38°C la curva de expansión-edad no alcanza el límite máximo establecido por la norma IRAM 1531 de 0,040% a las 52 semanas. Con el curado a 60°C no alcanza el límite establecido de 0,080% a 13 semanas (Figura 7).

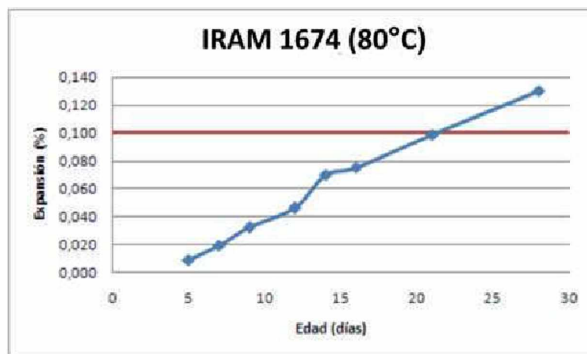


Figura 6: Expansión medida en el método acelerado de la barra de mortero.

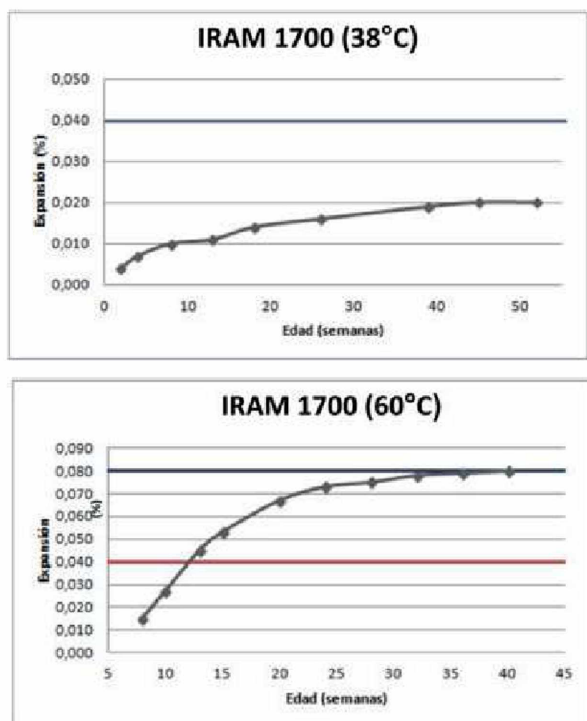


Figura 7: Expansión medida en los ensayos del prisma de hormigón a 38°C y 60°C. En el gráfico 60°C, la línea de 0,040% es el límite a 13 semanas para agregados de reacción lenta, mientras que la línea de 0,080% es para aquellos agregados que contienen cuarzo fuertemente deformado y/o microcristalino, rango al que pertenece la cuarcita de la localidad estudiada.

3.5. Discusión

Los resultados obtenidos tanto de los análisis petrográficos convencionales y de detalle como de los ensayos físicos

demuestran que la roca cuarcítica estudiada se comporta como no reactiva frente a los álcalis del cemento portland. Comparando estos resultados con los estudios realizados por los autores sobre la cuarcita Mar del Plata, explotada en la localidad de Batán, partido de General Pueyrredón [4, 5, 6, 7, 8], se puede decir que los agregados de ambas zonas presentan un comportamiento similar frente a la reacción álcali-sílice (RAS).

Petrográficamente, las rocas de las dos regiones son similares y pertenecen a la misma unidad, denominada Formación Balcarce. Las cuarcitas de la cantera estudiada en el área de Balcarce, difieren en que poseen una granulometría (de fina a media) y una textura más homogénea que las del área de Batán (granulometría gruesa a media). Además la participación de materiales finos es menor que en esta última región. A su vez, comparativamente los finos analizados en el área de Balcarce poseen menor cantidad de cuarzo que los presentes en el área de Batán-Chapadmalal [15, 16] siendo fundamentalmente caolíníficos-illíticos, aunque en ambos sectores los bancos arcillosos son las litologías menos representativas, siendo las cuarcitas el litotipo más representativo.

4. Conclusiones

- Los resultados del análisis petrográfico indican que la roca posee un alto porcentaje de cuarzo con extinción ondulante, aunque el AEO es menor de 15°, lo cual indicaría que la deformación es baja y por lo tanto no califica como potencialmente reactiva. Por otro lado, la proporción de cuarzo microcristalino es menor al 1%, siendo inferior al límite de 5% que establece la norma IRAM 1531. En base a estos criterios las cuarcitas de la zona de Balcarce se consideran no reactivas con los álcalis del cemento portland.
- Los porcentajes de expansión medidos en los ensayos físicos (método acelerado de la barra de mortero y prismas de hormigón a 38°C y 60°C) son concordantes con los estudios petrográficos calificando a estos agregados como no reactivos.
- Los análisis con microscopía electrónica de barrido (MEB-EDS) y difracción de rayos X sobre las arcillas, confirman que estos materiales que acompañan a las cuarcitas no son expansivos (esmectitas), siendo la caolinita e illita las principales fases minerales halladas.
- Por último se puede decir que las cuarcitas presentes en el área de Balcarce son aptas para su uso en hormigones de cemento portland, similarmente a las del área de Batán-Chapadmalal.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al LEMIT, en especial al Director Ing. Luis Traversa (Inv. Emérito CIC) por hacer posible este trabajo, al Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA) por el apoyo brindado.

6. Referencias

- [1] L. Dalla Salda, A.M., Iñíguez Rodríguez. La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. VII Congreso Geológico Argentino, Acta I, 539-550, Neuquén, 1979.
- [2] D.G. Poiré, L.A. Spalletti. La cubierta sedimentaria precámbrica-paleozoica inferior del Sistema de Tandilia. En: R.E. de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (Editores), Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino, Relatorio, IV: 51-68, La Plata 2005.
- [3] C.A. Cingolani. The Tandilia system of Argentina as a southern extension of the Río de la Plata craton: An overview International Journal of Earth Sciences. Vol. 100, 2-3: 221-242, 2011.
- [4] G.S. Coelho dos Santos, y D.D. Falcone. Reacción álcali-agregado en areniscas cuarzosas de la Formación Las Piedritas (Chaco) y cuarcitas de la Formación Balcarce (Buenos Aires), utilizadas como agregados para hormigón. XII Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes, 53-54, Salta, 2012.
- [5] G.S. Coelho dos Santos, D.D. Falcone, S.A. Marfil, P. Maiza. Estudio de la reactividad alcalina potencial de rocas cuarcíticas de la Formación Balcarce. Relación entre los resultados de los ensayos físicos y los estudios petrográficos. XIX Congreso Geológico Argentino, S11-05 2 p, Córdoba, 2014.
- [6] G.S. Coelho dos Santos, S.A. Marfil, P.J. Maiza "Influencia de las características texturales y mineralógicas de la cuarcita Mar del Plata en su comportamiento como agregado en hormigón". 2º Congreso Argentino de Áridos, 367-378, San Isidro, Buenos Aires, 2014.
- [7] G.S. Coelho dos Santos, F. Locati, S.A. Marfil, P.J. Maiza. Influencia de los procesos genéticos en la reactividad potencial de rocas cuarcíticas. Evaluación mediante ensayos acelerados. VIII Congreso Internacional - 21ª Reunión Técnica de la AATH, Ing. Nélide del Valle Castría, T3-08, 8p., Salta, 2016.
- [8] G.S. Coelho dos Santos, D.D. Falcone, S.A. Marfil. Importancia del análisis textural de las rocas en la evaluación de su comportamiento frente a la RAS y su relación con el método acelerado de la barra de mortero y el prisma de hormigón. VI Congreso Internacional, 20ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Ing. Alberto S.C. Fava, 223-229, Concordia, Entre Ríos, 2014.
- [9] V. Angelelli, J.R. Villa, J.M. Suriano. Recursos minerales y rocas de aplicación de la provincia de Buenos Aires. LEMIT, Anales 2-1973, serie II, 204 p., 1973.
- [10] IRAM 1649. Examen petrográfico de agregados para hormigón. Instituto Argentino de Normalización, segunda edición, 2008.
- [11] IRAM 1531. Agregado grueso para hormigón de cemento. Instituto Argentino de Normalización, 27 p., 2016.
- [12] IRAM 1674. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra de mortero, Instituto Argentino de Normalización, 14 p., 1997.
- [13] IRAM 1700. Agregados. Determinación del cambio de longitud en prismas de hormigón, debido a la reacción álcali-agregado, Instituto Argentino de Normalización, 16 p., 2016.
- [14] G. West. Undulatory extinction of quartz in some British granites in relation to age and potential reactivity. Quarterly Journal of Engineering Geology, 27, 69-74, 1994.
- [15] P. Zalba, M. Morosi, M.S. Conconi, L. Segovia. Arcillas de Tandilia. Geología, mineralogía y propiedades tecnológicas. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. De Bs. As., 1ed, Universitaria de La Plata, 168 p., 2010.
- [16] G.S. Coelho dos Santos, D.E. Benito, S.A. Marfil, P. Maiza, J.L. del Río. Caracterización mineralógica de los materiales arcillosos procedentes de las canteras de piedra Mar del Plata. Potencial utilización como adición mineral. XX Congreso Geológico Argentino, Sesión Técnica 9: Geología de los recursos minerales, rocas de aplicación y agrominerales, 20-25, Tucumán, 2017.