

Relación entre el grado de desgaste y las características de origen de agregados gruesos cuarcíticos, recuperados de pasivos ambientales en canteras del Sistema de Tandilia, Buenos Aires

Lajoinie, María F.; Correa, María J.; Insaurralde, Rocío V.; Rivera, Julián J.; Rebollo, Oscar; Fernández, Raúl R.

María F. Lajoinie

floencialajo@fcnym.unlp.edu.ar

Instituto de Recursos Minerales (INREMI), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA). / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

María J. Correa

Instituto de Recursos Minerales (INREMI), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA). / Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN), Argentina

Rocío V. Insaurralde

Centro de Investigaciones Viales (LEMaC), Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA), Argentina

Julián J. Rivera

Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN). / Centro de Investigaciones Viales (LEMaC), Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA), Argentina

Oscar Rebollo

Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN). / Centro de Investigaciones Viales (LEMaC), Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional (FRLP-UTN) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA), Argentina

Raúl R. Fernández

Resumen: En canteras de la provincia de Buenos Aires, desarrolladas en el Sistema de Tandilia, grandes cantidades de rocas denominadas genéricamente como cuarcitas son removidas y acumuladas como pasivos ambientales, con el fin de explotar los estratos de arcillas infrayacentes. Considerando que la actividad minera de arcillas continúa en crecimiento, es necesario abordar debidamente esta problemática. La presente contribución expone los primeros estudios enfocados a caracterizar estas rocas cuarcíticas con el fin de incentivar su utilización como agregado grueso en obras viales. Los estudios petrográficos junto con los resultados obtenidos a partir del ensayo de desgaste Micro Deval (MD) permitieron definir cuatro variedades de cuarcitas. Las cuarcitas con mayor proporción de matriz (C1) tienen valores de desgaste mayores (coeficientes MD 24,6) que aquellas con mayor proporción de clastos de cuarzo (C2 y C3, coeficientes MD de 15,5 y 18,2, respectivamente). Por otro lado, el accionar de procesos de recristalización también podría haber influido en la mejor respuesta de estas rocas (C4). Si bien los coeficientes MD son aceptables a levemente por encima de los sugeridos para agregados gruesos de uso vial, se recomienda realizar mezclas que incluyan las diferentes variedades de cuarcitas con el fin de alcanzar valores admisibles en estos materiales.

Palabras clave: Agregado grueso, rocas cuarcíticas, remediación ambiental, Micro Deval, petrografía.

Abstract: In the Buenos Aires province quarries, developed in the Tandilia System, large amounts of rocks generically denominated as quartzite are removed and accumulated as environmental liabilities, in order to exploit the underlying clay strata. Considering that the clay mining activity continues to grow, it is necessary to properly address this problem. This contribution presents the first studies focused on characterizing these quartzite rocks in order to encourage their use as coarse aggregate in road works. The petrographic studies together with the results of the Micro Deval (MD) wear test allowed four varieties of quartzite to be defined. Quartzite with a higher proportion of matrix (C1) have higher wear values (MD coefficient 24.6) than those with a higher proportion of quartz clasts (C2 and C3, MD coefficients of 15.5 and 18.2, respectively). On the other hand, the action of recrystallization processes could also have influenced the best response of these

Instituto de Recursos Minerales (INREMI), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP) / Centro de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICpBA), Argentina

rocks (C4). Although the MD coefficients are acceptable to slightly above those suggested for coarse aggregates for road use, it is recommended to make mixtures that include the different varieties of quartzite to reach admissible values in these materials.

Keywords: Coarse aggregate, quartz rocks, environmental remediation, Micro Deval, petrography.

Ingenio Tecnológico

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

ISSN-e: 2618-4931

Periodicidad: Frecuencia continua

vol. 4, 035, 2022

ingenio@frlp.utn.edu.ar

Recepción: 25 Octubre 2022

Aprobación: 01 Diciembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014010/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los principales consumidores de recursos pétreos. Para satisfacer esta demanda y al mismo tiempo reducir el estrés sobre el medio ambiente, la utilización de litologías alternativas a los denominados agregados “graníticos” (Caballé y Coriale, 2003), así como el material de desecho de canteras, se imponen como posibles alternativas. Los pasivos ambientales mineros pueden comprender aquellas instalaciones, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, abandonadas o inactivas que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Fernández *et al.*, 2013). En canteras de la provincia de Buenos Aires, específicamente desarrolladas en el Sistema de Tandilia, grandes cantidades de rocas denominadas genéricamente como cuarcitas son removidas y acumuladas en pilas con el fin de explotar los estratos de arcillas infrayacentes. Esto se debe a que las arcillas representan, desde el punto de vista comercial, uno de los principales minerales industriales por sus diversas propiedades y aplicaciones. Sin embargo, las rocas cuarcíticas no cuentan con la misma promoción comercial, posiblemente debido al desconocimiento sobre sus propiedades como roca de aplicación, por lo que son acumuladas como material “estéril” generando pasivos ambientales mineros de difícil manejo. Asumiendo que la explotación de arcillas continuará activa y teniendo en cuenta su creciente demanda industrial y comercial, este problema debe ser debidamente abordado. En la presente contribución se realiza la caracterización petrográfica y la evaluación del grado de desgaste, mediante el ensayo de Micro Deval (MD), de diferentes muestras de rocas cuarcíticas provenientes de canteras ubicadas en el partido de Benito Juárez, ámbito geológico del Sistema de Tandilia, provincia de Buenos Aires. La determinación de la relación entre los coeficientes MD obtenidos y las características de origen de estas rocas cuarcíticas (principalmente mineralogía, textura y estructura) servirán para definir posibles aplicaciones en obras viales que posibiliten la puesta en valor de estos pasivos ambientales mineros.

ROCAS CUARCÍTICAS DEL SISTEMA DE TANDILIA

Las rocas denominadas en términos generales como cuarcitas incluyen tanto rocas sedimentarias, como areniscas cuarzosas con diferente grado de compactación, así como rocas metamórficas constituidas casi en su totalidad por cuarzo recrystalizado. En este sentido, es de esperar que estas rocas en su conjunto no presenten un comportamiento químico y/o mecánico homogéneo. En el ámbito geológico del Sistema de Tandilia, estas rocas se desarrollan en dos unidades con edades diferenciadas: una neoproterozoica y otra perteneciente al Paleozoico Inferior. Esta última, conocida como Formación Balcarce, presenta una importante distribución areal (Fig. 1) y corresponde esencialmente a una variedad de ortocuarcita con más del 90% de granos de cuarzo, normalmente muy redondeados (Cingolani, 2008). Principalmente en el sector de Balcarce (Fig. 1), este tipo de rocas se explota con fines comerciales (destinadas fundamentalmente a construcción) con el nombre de “cuarcita o piedra Mar del Plata”.

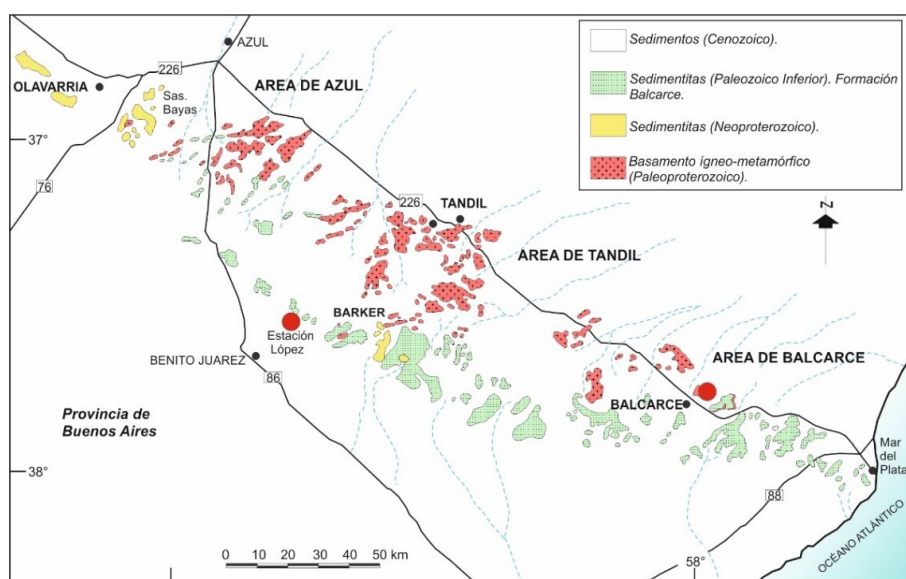


FIGURA 1

Mapa geológico del Sistema de Tandilia, provincia de Buenos Aires (Cingolani, 2011).

Los círculos rojos resaltan la ubicación de las canteras de la localidad de Estación López (Benito Juárez), donde se obtuvieron las muestras estudiadas, y las correspondientes al partido de Balcarce, donde se explota la “cuarcita Mar del Plata”.

Sin embargo, en otros sectores de las sierras, este tipo de rocas no posee un estatus comercial tan valorado y son descartadas para poder extraer las arcillas que se desarrollan estratigráficamente por debajo. En el caso de algunas canteras ubicadas en la localidad de Estación López, partido de Benito Juárez (Fig. 1), para acceder a los bancos arcillosos es necesario volar y retirar con pala mecánica una importante capa de cuarcitas. Incluso en algunos sectores, dicha explotación implicó el desarrollo de labores subterráneas como galerías poco profundas para extraer la arcilla y evitar retirar las rocas cuarcíticas. Sin embargo, esta última metodología fue abandonada debido al elevado costo. Por este motivo, la extracción a cielo abierto con el retiro y acopio de cuarcitas en pilas o pasivos ambientales sigue siendo la metodología con mejor factibilidad económica. La posibilidad de activar un mercado para estas rocas de “desecho”, podría contribuir y mejorar la sustentabilidad de la actividad minera en este sector.

METODOLOGÍA

Las muestras de cuarcitas fueron caracterizadas bajo lupa binocular, Olympus modelo SZH10, y microscopio petrocalcográfico, marca Olympus modelo BX53F, de acuerdo con la norma IRAM 1703. Dicha

caracterización incluyó una descripción de la textura (tamaño de grano, morfología de los cristales, presencia de cementos, proporción clastos-matriz), la composición mineralógica y de la presencia de estructuras. Cabe destacar que todas estas características tienen implicancias en la interpretación de los procesos geológico-genéticos ocurridos. Las láminas delgadas se realizaron mediante el desbastado y pulido de los fragmentos seleccionados que luego fueron montados en portaobjetos de vidrio (de 7,5 x 2,5 cm) mediante el uso de resina epoxy. Con posterioridad, las muestras fueron cortadas para obtener secciones de aproximadamente 80 μm de espesor. Estas últimas, fueron pulidas en condiciones húmedas utilizando carburo de silicio y óxido de aluminio, hasta alcanzar un espesor de aproximadamente 30 μm . Luego, fueron protegidas utilizando cubreobjetos de vidrio que fueron fijados mediante resina epoxy.

Teniendo en cuenta las indicaciones que figuran en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente de la Dirección Nacional de Vialidad, previo a los ensayos de Micro Deval, los agregados fueron evaluados según los índices de Lajas y Agujas (normas IRAM 1687-1 y 2), mediante el equipamiento específico para tal caso. En este sentido, se destaca que todas las muestras que fueron seleccionadas para su estudio cumplieron con la mencionada exigencia. Una vez que los agregados fueron evaluados y caracterizados, se realizó el ensayo de Micro Deval según lo indicado en la norma IRAM 1762. Para este último, se prepararon muestras de 1 kg, de agregados con granulometría comprendida entre los tamices IRAM 10 mm (3/8") y 14 mm (5/8") y cuyas curvas granulométricas responden a la siguiente condición: el 70% de los agregados deben pasar a través del tamiz IRAM 12.5 mm (1/2") y quedar retenidos por el tamiz IRAM 10 mm (3/8"), y el 30% restante pasar por el tamiz IRAM 14mm (5/8") y quedar retenido por el tamiz IRAM 12.5 mm (1/2"). Una vez obtenida la muestra modificada con las granulometrías indicadas (Fig. 2a), las mismas se lavaron mediante rebalse y se secaron en estufa a 100°C durante 24 horas.

Dos de las muestras de 1 kg, fueron separadas mediante un partidador mecánico (cuarteador) en 2 muestras, para poder ensayar por duplicado (Fig. 2b). La masa de 500 \pm 5 gr, indicada como m1, es la masa inicial. El equipo de ensayo cuenta con 4 cilindros huecos de acero inoxidable (Fig. 2c), cerrados en un extremo, en los cuales se colocó una fracción de muestra de 500gr \pm 5 gr. Además de la fracción de muestra, en cada cilindro se colocaron 5 kg de bolillas esféricas de acero inoxidable, que materializan la carga abrasiva, junto con 2,5 \pm 0,05 l de agua. Una vez completados, cada cilindro fue tapado y verificado para comprobar un correcto sellado que impida pérdida de material. Finalmente, los cilindros fueron colocados en los soportes que se encuentran ubicados en el equipo (Fig. 3c). De acuerdo con la norma, los cilindros deben girar a una velocidad de rotación de 100 \pm 5 v/min, durante 2 horas. Luego de los ensayos, el material (agregado + bolillas + agua) de cada cilindro, fue volcado en bandejas, evitando cualquier pérdida. Dicho material fue lavado por rebalse y las bolas de acero retiradas mediante un imán. El agregado ensayado fue llevado a estufa a 110 \pm 5 °C durante 24 horas. Posteriormente, se tamizó la muestra mediante tamiz IRAM 1,6 mm (12") y se pesó el material retenido, denominado como m2 (masa final del agregado). Para cada fracción de muestra, se calculó el coeficiente Micro Deval, a partir de la siguiente ecuación:

$$MD = (m1 - m2) / (m1 / 100)$$

Siendo:

MD, coeficiente Micro Deval

m1, peso de la muestra en gramos, antes del ensayo.

m2, peso del material retenido en el tamiz 12", luego del ensayo.



FIGURA 2
a) Material cuarteado. b) Pesaje del material. c) Equipo para el ensayo Micro Deval, LEMaC

RESULTADOS

Micro Deval

Los resultados obtenidos luego del ensayo Micro Deval, se detallan en la Tabla 1. El valor de desgaste más bajo se condice con las muestras C2 y C4 y el valor intermedio con la C3. Por su parte, la muestra C1 presenta un valor de desgaste de 24,6, que además de ser el mayor entre las muestras estudiadas, es también mayor que 20 que es el valor límite establecido por Vialidad Nacional en los Pliegos de Especificaciones Técnicas Generales (tanto para concretos asfálticos en caliente y semicaliente como para pavimentos de hormigón).

TABLA 1
Valores obtenidos de los ensayos Micro Deval

Cuarcitas							
Muestra	Antes MD		Después MD		Coeficientes MD		Promedio
	m1 (gr)	m2 (gr)	m1 (gr)	m2 (gr)	m1	m2	
C1	499,2	501,7	373,6	380,9	25,2	24,1	24,6
C2	500	501,1	425,4	420,7	14,9	16,0	15,5
C3	500	-	408,9	-	18,2	-	-
C4	500	-	425,4	.	14,9	-	-

Caracterización petrográfica de las rocas cuarcíticas

Las muestras estudiadas corresponden a cuatro variedades de cuarcitas denominadas como C1, C2, C3 y C4, cuyos coeficientes MD se encuentran incluidos en la imagen de la Fig. 3.

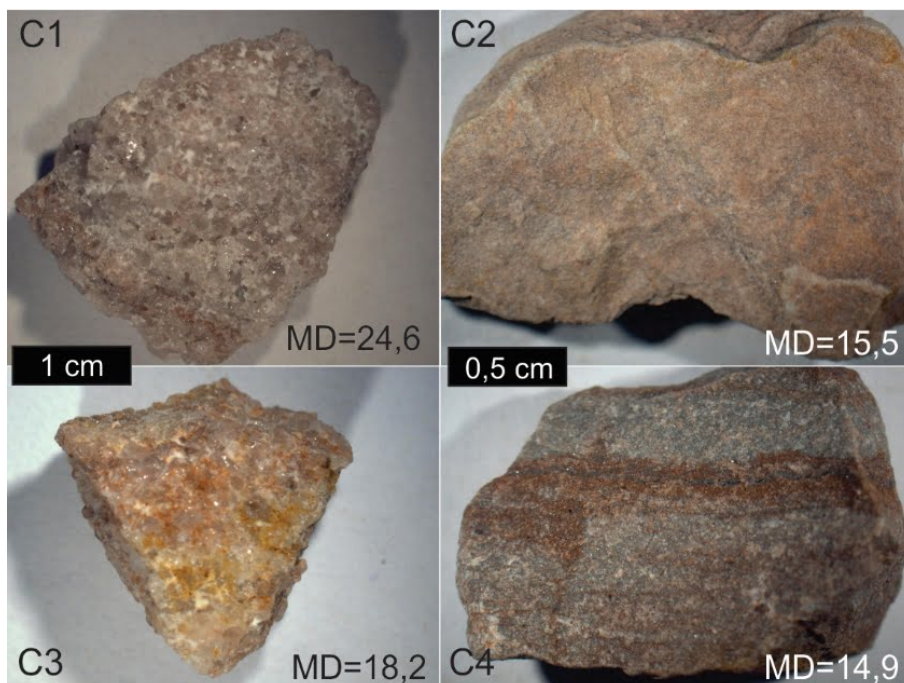


FIGURA 3

Aspecto mesoscópico de los agregados cuarcíticos C1, C2, C3 y C4 con sus respectivos valores de MD.

La muestra C1, presenta un tamaño de grano medio-fino y una textura levemente matriz sostén destacándose una moda granulométrica de clastos menores a 0,5 mm y otra, menos representativa, de clastos mayores a 1 mm (Fig. 4a). Los clastos más pequeños corresponden a cuarzo y presentan una morfología irregular con bordes angulosos. Además, estos cristales se encuentran acompañados por filosilicatos (Fls) del grupo de las arcillas y, en menor proporción, del grupo de las micas (Fig. 2a) que en determinados sectores presentan crecimiento en dos direcciones perpendiculares entre sí (Fig. 4b).

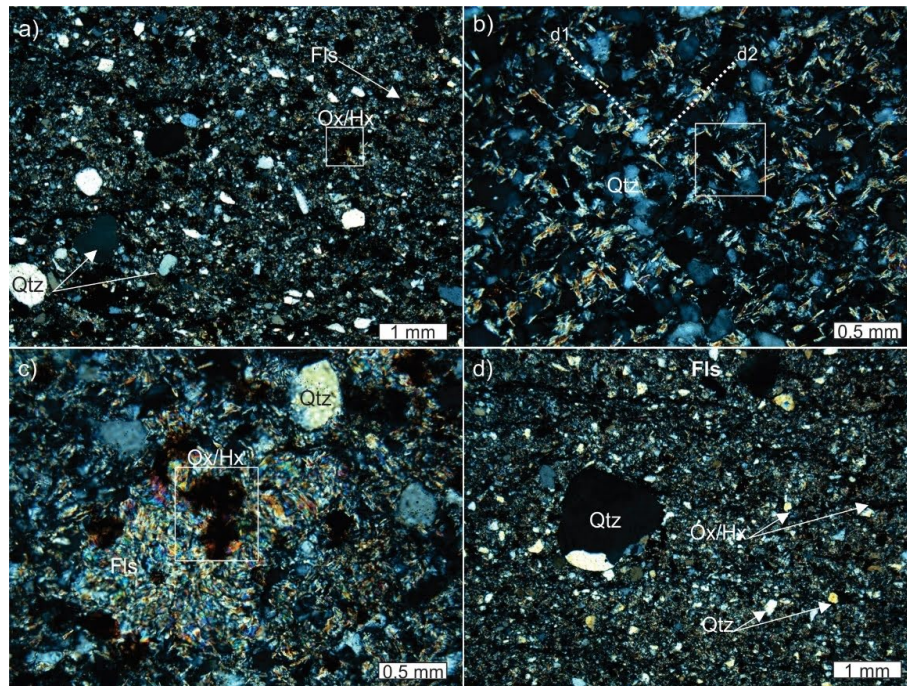


FIGURA 4

Fotomicrografías con analizador de la cuarcita C1.

- a) Apariencia microscópica general. b) Matriz de grano más fino con crecimiento de filosilicatos (Fls) en dos direcciones (d1-d2). c) Concentración de óxidos e hidróxidos de hierro (Ox/Hx). d) Clasto de cuarzo (Qtz) policristalino. Abreviaturas minerales según Kretz (1983).

En diversos sectores del corte se pueden distinguir acumulaciones irregulares de material de coloración rojiza correspondiente a óxidos e hidróxidos de hierro (Ox/Hx) (Fig. 4c). Los clastos de mayor tamaño son de cuarzo y presentan morfologías esféricas a sub-esféricas con bordes redondeados. Además, se aprecia la presencia de clastos de cuarzo policristalino (Fig. 4d).

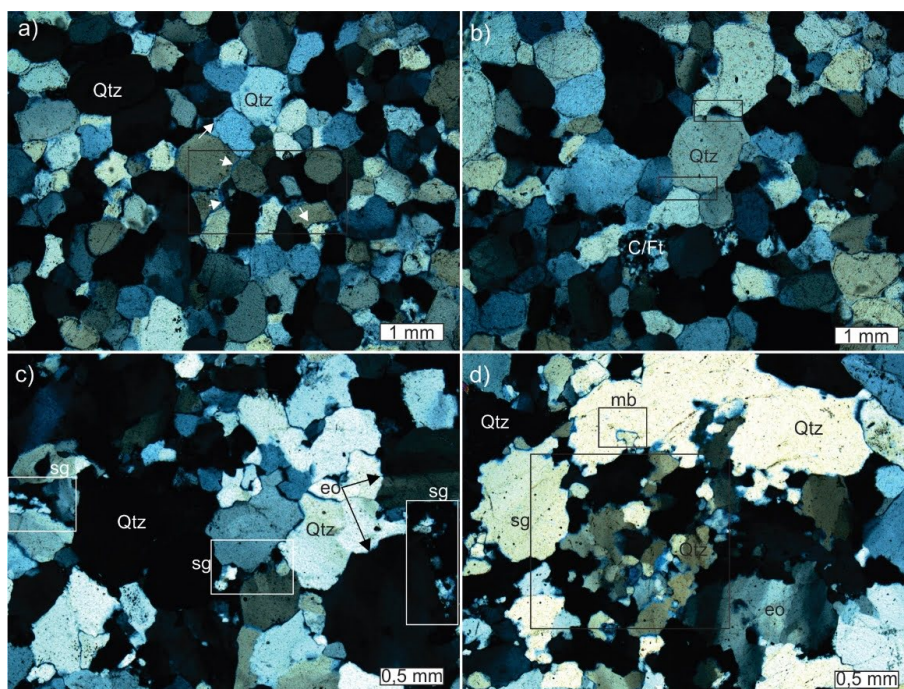


FIGURA 5

Fotomicrografías con analizador de la cuarcita C2.

- a) Aspecto general de la textura y mineralogía y sectores con presencia de cemento silíceo (indicado con flechas blancas).
 b) En los recuadros se destacan bordes de disolución por presión. C/Ft posibles fragmentos de chert o fanita. c) Clastos con extinción ondulosa (eo) y subgranos (sg). d) Numerosos subgranos (sg) y migración de borde de grano (mb).

La muestra C2 es la más homogénea y posee una textura clasto sostén conformada en más del 90% por clastos de cuarzo de 1 mm de tamaño aproximado y escasos fragmentos de chert o fanita (Fig. 5a y b). Los clastos de cuarzo presentan numerosas inclusiones tanto sólidas como fluidas. Es importante remarcar que en algunos sectores pueden observarse bordes con disolución por presión (Fig. 5b), mientras que en otros se pueden identificar numerosas microtexturas de deformación y recrystalización como extinción ondulosa (eo) y subgranos (sg) (Fig. 5c y d). Algunos clastos evidencian sobrecargas de sílice posiblemente asociado a la cementación de los mismos (Fig. 5a). No se ha identificado matriz de ningún tipo.

La cuarcita C3 presenta una textura homologable a la de una arenisca cuarzosa constituida por clastos redondeados de cuarzo de 1mm de tamaño medio, rodeados por una matriz de clastos de cuarzo de menor tamaño (< 0,1 mm) y cemento silíceo (Fig. 6a y b). Los clastos de menor tamaño también presentan bordes redondeados a subredondeados con morfologías casi equidimensionales. La proporción de estos elementos es variable, en los lugares donde la matriz es escasa la textura es clasto-sostén (Fig. 6c) y matriz-sostén en caso contrario (Fig. 6d). Además, se han detectado microfisuras que atraviesan tanto matriz como clastos que constituyen sectores de debilidad predeterminados. Por otro lado, algunos límites de clastos presentan deformación por presión con límites de borde casi a 120°.

La muestra correspondiente a la cuarcita C4 presenta una textura clasto sostén recrystalizado y un tamaño de grano de 1 a 0,5 mm (Fig. 7a). La cuarcita se encuentra conformada en su totalidad por clastos monominerálicos de cuarzo que presentan morfologías irregulares, algunas equidimensionales y otras elongadas (Fig. 7b).

Los bordes de los clastos son también variables, aunque predominan aquellos angulosos y, en menor medida, los subredondeados (Fig. 7a y b). En ciertos sectores se observan clastos con bordes recrystalizados o con presencia de subgranos (Fig. 7c). Por otro lado, se han observado relictos de clastos más grandes, rodeados por clastos de menor tamaño similares a los descritos para la muestra C3.

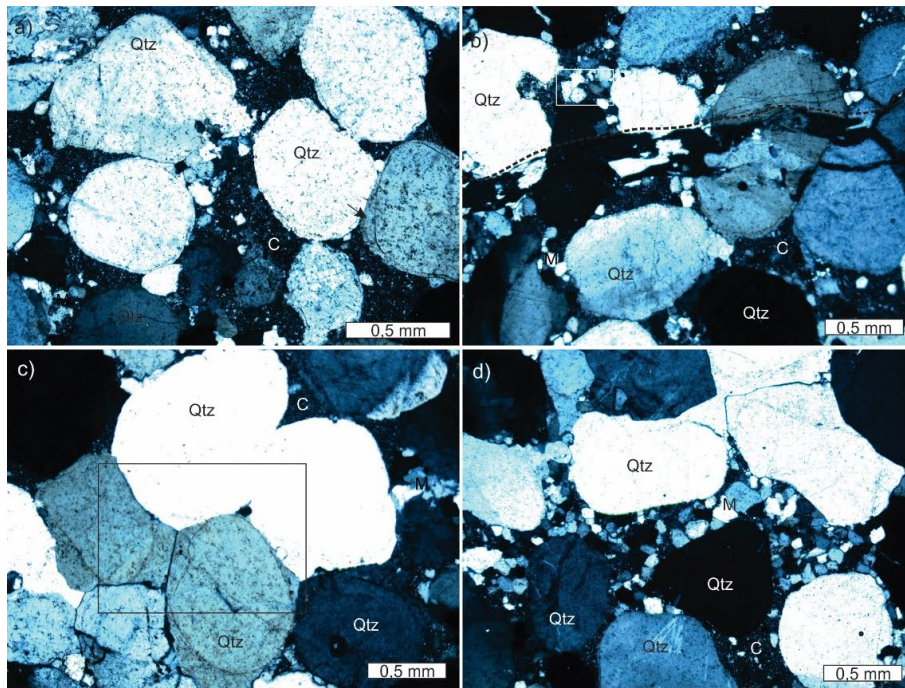


FIGURA 6

Fotomicrografías de la muestra C3 con analizador.

a) y b) Aspecto general de la textura. c) y d) Detalle de los clastos y de la matriz.

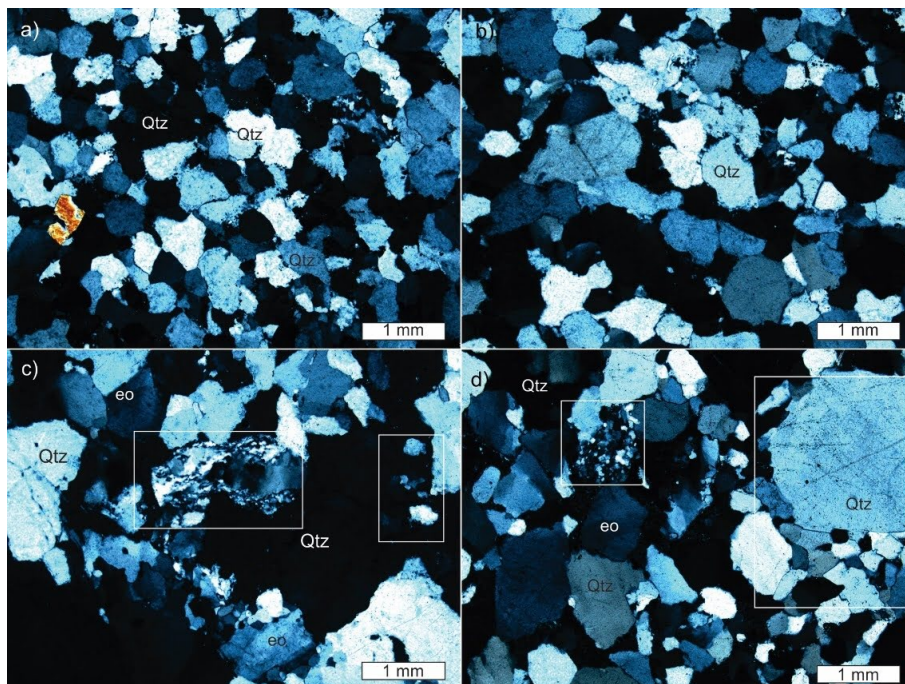


FIGURA 7

Fotomicrografías de la muestra C4 con analizador.

a) y b) Aspecto general de la textura de la roca. c) Sectores con presencia de cuarzo recrystalizado y subgranulos. d) Clasto redondeado rodeado de otros de menor tamaño al igual que en la muestra C3.

DISCUSIÓN

En el ámbito del Sistema de Tandilia, provincia de Buenos Aires, las rocas comercialmente denominadas como cuarcitas corresponden a rocas sedimentarias tales como cuarzoareniscas y areniscas sabulíticas cuarzosas con diferente grado de compactación y diagénesis e incluso con metamorfismo sobre impuesto. Esto se debe a que el término “cuarcítico” hace referencia a rocas constituidas principalmente por cuarzo sin hacer distinciones en otros rasgos petrográficos tales como la textura y/o estructura.

Escasos son los estudios destinados a conocer el comportamiento de los agregados cuarcíticos utilizados en pavimentos rígidos y flexibles. En términos generales los principales estudios se enfocan en el uso de estos agregados en hormigones y su actividad ante la reacción álcali-sílice. En el caso particular de los agregados cuarcíticos estudiados se requiere de una caracterización de detalle con el fin de comenzar a utilizarlos y evitar de esta forma su acumulación como pasivos ambientales (Fernández *et al.*, 2013). Los primeros resultados obtenidos de los ensayos de desgaste Micro Deval, permitieron reconocer importantes diferencias en el comportamiento de estas rocas y postular que los valores más altos de coeficientes MD se registraron en muestras de cuarcitas con mayor proporción de matriz y cemento de composición arcillosa, mientras que los valores más bajos fueron registrados en rocas con alta proporción de clastos de cuarzo y de sílice amorfa, sin participación de matriz. Asimismo, los estudios petrográficos de estas mismas cuarcitas indican que la muestra con mayor desgaste (C1) se encuentra conformada por un alto porcentaje de matriz micácea-arcillosa. En este sentido, si bien esta muestra presenta clastos de cuarzo redondeados, la alta participación de material fino de menor dureza tiene una fuerte influencia en la aceleración del desgaste que sufre este tipo de agregado. El resto de las muestras C2, C3 y C4 no presentan gran variación composicional, siendo el cuarzo el mineral más abundante en todas (>90%). Sin embargo, se observaron diferencias importantes en cuanto a la textura y grado de deformación de estas cuarcitas. La muestra C3 presenta características típicas de una cuarcita sedimentaria con presencia de clastos, matriz y cemento todos de composición silícea. Esta variación de elementos puede contribuir a generar un desgaste heterogéneo considerando sobre todo la diferencia de resistencia entre los sectores clasto-sostén y matriz-sostén. Además, la presencia de microfisuras contribuye a la formación de zonas de mayor debilidad. En cuanto a las muestras C2 y C4, presentan similares características generales con tamaño de grano poco variable, pero con fuertes evidencias de deformación como extinción ondulosa (eo) y migración de borde de grano (mb). En este sentido, estas rocas demuestran haber sufrido el accionar de un proceso de deformación a alta temperatura. Estas características, así como la irregularidad en los bordes de los cristales de cuarzo podrían ser responsables de una mejor respuesta de estas muestras ante el desgaste Micro Deval.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible enunciar las siguientes conclusiones:

- Los estudios petrográficos junto con los resultados obtenidos a partir del ensayo de desgaste Micro Deval (MD) permitieron definir cuatro variedades de cuarcitas.
- Las cuarcitas con mayor proporción de matriz (C1) tienen valores de desgaste mayores (coeficientes MD 24,6) que aquellas con mayor proporción de clastos de cuarzo (C2 y C3, coeficientes MD de 15,5 y 18,2, respectivamente).
- Los procesos de recristalización identificados en una de las muestras (C4) podrían ser responsables de la mejor respuesta que estos agregados ofrecen ante el desgaste.
- La petrografía de los agregados cuarcíticos procedentes de canteras del Sistema de Tandilia (identificación de mineralogía y fábrica) es una herramienta fundamental al momento de predecir la resistencia de este

tipo de rocas que en su génesis pueden presentar diferentes características que influyen directamente en sus propiedades mecánicas.

- Considerando los valores más elevados de desgaste registrados en una de las muestras, que supera los recomendados para su utilización como agregados gruesos con aplicación vial, se recomienda realizar mezclas de estas rocas cuarcíticas con otras de menores valores de desgaste para alcanzar coeficientes admisibles en todo el material.
- Los estudios aquí presentados están siendo intensificados y complementados con otros utilizados para caracterizar la aptitud de los materiales en la industria vial, con el fin de determinar en forma completa las posibilidades de uso de estas rocas cuarcíticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento al Sr. Nicolás Battista, por la asistencia brindada durante la realización de los ensayos de Micro Deval. Los estudios aquí presentados fueron realizados en el marco del Idea-proyecto subsidiado por la CIC: "Factibilidad del uso de cuarcitas provenientes del descarte de explotaciones de arcilla, como áridos para la industria vial. Utilización del recurso y contribución en la remediación de pasivos ambientales. Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma IRAM 1703. (1981). Agregados gruesos para uso vial. Características basadas en el análisis del estado físico de la roca.
- Norma IRAM 1762. (2000). Agregados. Determinación de la resistencia al desgaste de los agregados pétreos con el equipo Micro-Deval.
- Norma IRAM 1687-1. (1996). Agregados. Método de determinación índice de lajosidad.
- Norma IRAM 1687-2. (1997). Agregados. Determinación del índice de elongación.
- Caballé, M. y Coriale, N. (2003). Rocas de aplicación de la Provincia de Buenos Aires. Su utilización en la construcción de obras históricas. 2° Jornadas sobre Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio.
- Cingolani, C.A. (2008). Tandilia. Las rocas y los fósiles más antiguos de la Argentina. En: *Sitios de Interés Geológico, Servicio Geológico Minero Argentino*, Buenos Aires, Anales 46, tomo II, 477-494.
- Cingolani, C.A. (2011). The Tandilia System of Argentina as a southern extension of the Río de la Plata craton: an overview. *International Journal of Earth Sciences*, 100, 221-242. <https://doi.org/10.1007/s00531-010-0611-5>
- Fernández, G., Ricci S., Valenzuela, S., Castronovo, R., Ramos, A. (2013). Pasivos ambientales mineros en la trama urbana: estudios de la ciudad de Tandil, Argentina. *Nadir: Revista electrónica de geografía austral*, (2).
- Kretz, R. (1983). Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 68, 277 - 279.
- Ministerio de Transporte. (2017) *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente del tipo Densos*. Presidencia de la Nación.