

LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN LA ZONA DE BAHÍA BLANCA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Marfil^{1*} S. A. y P. J. Maiza²

1. Independiente CIC. Prof. Dpto. de Geología – Universidad Nacional del Sur. * San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. TE: 0291-4595184. FAX. 0291-4595148. smarfil@criba.edu.ar
2. Inv. Principal CONICET. Profesor Dpto. de Geología. email: pmaiza@uns.edu.ar.

RESUMEN

Se estudiaron los agregados finos y gruesos utilizados en la elaboración de hormigón de cemento portland en la zona de Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires. Abarca el reconocimiento y análisis de canteras de arena, canto rodado y piedra partida.

Los pavimentos realizados con estos materiales, presentan con frecuencia problemas de deterioro por el desarrollo de la reacción álcali – sílice, provocada por el elevado contenido de materiales deletéreos (principalmente vidrio volcánico, rocas volcánicas con pastas vítreas, rocas metamórficas con cuarzo tensionado) y el uso de cementos con alto contenido de álcali.

Se estudió la petrografía de los agregados con estereomicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas y se realizaron las curvas granulométricas normalizadas. Se realizaron ensayos químicos para evaluar la potencial reactividad frente a la reacción álcali – sílice (ASTM C-289) y ensayos físicos con el método de la barra de mortero según lo establecido en la norma ASTM C-227, complementados con DRX, SEM, EDAX y análisis químicos.

Se trabajó con el agregado fino proveniente de 8 canteras, tres de origen eólico, 2 marinas y 3 de origen fluvial. Las eólicas están constituidas principalmente por rocas volcánicas casi siempre con pastas vítreas (40 %), en menor proporción se identificaron rocas graníticas y cuarzo. Es frecuente observar fragmentos de vidrio volcánico fresco que alcanza en algunos niveles al 10 %. La granulometría de estos agregados es muy fina. En general se utilizan mezcladas con las arenas marinas para mejorar las curvas granulométricas. La composición petrográfico – mineralógica es similar a la de las arenas eólicas, incorporando valvas de moluscos concentradas en niveles de conchillas.

En la composición de las arenas de origen fluvial predominan el cuarzo y las rocas graníticas. Son escasos los materiales deletéreos.

Los cantos rodados provienen de dos canteras, una de origen marino y otra fluvial, constituidas por niveles de rodados intercalados con arenas. La petrografía del material de la cantera de origen marino es similar a la descripta para las arenas. Los ensayos físicos y químicos la califican como no apta para ser utilizada como agregado para hormigón. El principal componente deletéreo es el vidrio volcánico. En la composición petrográfica de la cantera de origen fluvial predominan cuarcitas, y rocas graníticas. Son escasos los componentes deletéreos, pero es abundante el cuarzo tensionado.

La piedra partida se extrae de 2 canteras, se tritura en origen y se separan las diferentes granulometrías. Las rocas son granitos y cuarcitas. Los primeros son excelentes materiales para hormigón. Tanto el estudio petrográfico como los ensayos químicos y físicos lo califican como aptos. Las cuarcitas presentan expansión deletérea en las barras de mortero, a pesar que el contenido de sílice disuelta está dentro de los límites permitidos por la norma. Esto es debido a la presencia de cuarzo fino con fuerte extinción ondulante. Se considera que se puede calificar como un agregado de reacción lenta frente a la reacción álcali – sílice.

Palabras clave: agregados – arena – canto rodado – piedra partida – área de Bahía Blanca

ABSTRACT

Coarse and fine aggregates used in the elaboration of portland cement concrete in the area of Bahía Blanca, province of Buenos Aires, were studied. Sand pits, gravel and crushed rock quarries were surveyed and analyzed.

Pavements made with these materials usually exhibit deterioration problems due to the alkali-silica reaction, caused by both the high content of deleterious materials (mainly volcanic glass, volcanic rocks with a vitreous matrix, metamorphic rocks containing strained quartz) and the use of high-alkali cement.

The petrography of the aggregates was studied with a stereoscopic microscope and by polarization microscopy on thin sections, and standard granulometric curves were traced. Chemical analyses to evaluate alkali-silica reaction potential (ASTM C-289) and physical tests applying the mortar bar test were performed in accordance with ASTM C-227, and were supplemented with XRD, SEM, EDAX and chemical analyses.

The fine aggregate studied was derived from 8 quarries, three of eolian origin, 2 of marine origin and 3 of fluvial origin. The eolian quarries are mainly composed of volcanic rocks almost always with a vitreous matrix (40 %); granitic rocks and quartz in lower proportions were identified. It is common to observe fragments of unweathered volcanic glass that at some levels reaches 10 %. These aggregates are very fine-grained. They are generally mixed with marine sands to improve the granulometric curves. The petrographic and mineralogical composition is similar to that of the eolian sand, with mollusk valves concentrated at shell debris levels.

Quartz and granitic rocks predominate in the composition of fluvial sands. Deleterious materials are scarce.

Gravels originate from two quarries, one of marine origin and the other of fluvial origin, composed of gravel levels intercalated with sands. The petrography of the material from the quarry of marine origin is similar to that of the sands. It was classified as unsuitable to be used as concrete aggregate by physical and chemical tests. The main deleterious component is volcanic glass. Quartzites and granitic rocks predominate in the petrographic composition of the quarry of fluvial origin. Deleterious components are scarce but strained quartz is abundant.

Crushed rock originates from 2 quarries; it is crushed on site and classified into different grain sizes. The rocks are granites and quartzites. The former are excellent materials for concrete elaboration. Both the petrographic study, and chemical and physical tests classify them as suitable aggregates. Quartzites exhibit deleterious expansion on mortar bars, although the dissolved silica content is within the limits allowed by the standard. This is due to the presence of fine quartz with strong undulatory extinction. It can be classified as a slow reacting aggregate with respect to the alkali-silica reaction.

Key words: Aggregates – sand – gravel – crushed rock – Bahía Blanca area

INTRODUCCIÓN

La zona de Bahía Blanca forma parte del extremo noroccidental de la cuenca del Colorado. El Terciario está poco representado, hallándose asomos discontinuos muy reducidos en los cursos de algunos arroyos (Chasicó, Sanquicó, entre otros) y en las barrancas de los relieves mesetiformes de la zona austral (García J. y García O., 1964).

Fidalgo *et al.* (1978), describen la Formación Arroyo Chasicó y sus relaciones geológicas. Aflora en la zona de influencia del curso inferior del arroyo Chasicó y sus tributarios en la laguna homónima, Salinas Chicas, Laguna El Salitral, etc. Está constituida por limos arenosos a arenas limosas, en ocasiones con intercalaciones de clastos de cuarcitas y rocas volcánicas. El origen es eólico y fluvial, de edad Plioceno. Por encima se encuentra la Formación Río Negro. Tiene una amplia

distribución en la región, delimitada por los ríos Colorado y Negro, extendiéndose desde el pie de la Cordillera de los Andes hasta la costa Atlántica. El lugar de desarrollo típico es la zona de Carmen de Patagones, donde está representada por areniscas de color gris azulado, con abundantes clastos de vulcanitas andesíticas y basálticas de grano mediano a grueso con intercalaciones de limos cementados por material calcáreo. La fracción psamítica contiene abundante vidrio, plagioclasa, escasa biotita y piroxeno. (García J. y García O., *op. cit.*).

En discordancia erosiva sobre la Formación Río Negro se encuentra la grava arenosa de la Formación Salinas Chicas, tiene escasa matriz y abundante cemento de carbonato de calcio. El espesor no supera los dos metros. En la margen izquierda del arroyo Chasicó y en discordancia erosiva se encuentra la Formación Conglomerado Bajada Los Toros. Es una grava gris poco cementada, constituida por rodados de cuarcita con matrix carbonática y una potencia entre 1,8 y 2 metros. Por encima está la Formación Grava Arenosa y Limo Sanquillo. Todas de origen fluvial. Culmina con la Formación Estancia La Aurora. En su litología participa una arena limosa de origen eólico de edad Reciente, se extiende por toda el área ya sea en forma de médanos o como un manto de arenas eólicas. (Fidalgo *et al.* 1985).

El Holoceno se encuentra representado preferentemente en los valles de los arroyos que drenan el cordón serrano en algunos sectores de la planicie y en la depresión Chasicó – Salinas Chicas. Dentro del conjunto es posible distinguir varios niveles agrupados en entidades correlacionables con las formaciones Luján, La Plata, Querandin y Córdoba. El material es de litología variable, por lo general con un predominio de materiales psamíticos, generalmente arena fina de cuarzo, feldespato, magnetita y carbonato. Los niveles superiores son limos arenosos a arcillosos.

Los depósitos de la Formación Querandin corresponden a la ingesión marina querandinense cuyos restos se encuentran en las vecindades de la costa representados por limos arcillosos y salinos y en las cercanías de Bahía Blanca, por bancos de conchillas. (García, J. y García, O. *op cit.*) En el área serrana se encuentran los granitos Cerros Colorados, López Lecube, Agua Blanca y otros asomos menores. Todos de edad Precámbrica. según García, J. y García, O. (*op cit.*), aunque actualmente se los ubica en edades menores (Cámbrico medio) (Rapela *et al.*, 2003).

Algunos de ellos han sido explotados desde hace tiempo, como rocas ornamentales y como balasto desde comienzos del siglo pasado, utilizándose en importantes obras ingenieriles (Ferrocarril Nacional General Roca). El Paleozoico está representado por los escasos afloramientos de ortocuarcitas de grano fino a muy fino con niveles conglomerádicos. (García, J. y García, O. *op cit.*) El propósito del presente trabajo es caracterizar los principales yacimientos proveedores de agregados finos y gruesos a la zona de Bahía Blanca.

En estudios previos (Maiza y Marfil, 1991, 1997; Marfil y Maiza, 1993) se evaluaron estos materiales desde el punto de vista de la reacción álcali – sílice, utilizando los métodos de ensayo convencionales: barras de mortero, método químico y ensayos petrográficos.

Las arenas utilizadas en la zona de influencia de Bahía Blanca provienen de varias canteras de diferentes orígenes: marino, eólico y fluvial. Los dos primeros tienen una alta componente volcánica, tanto por la presencia de vidrio volcánico fresco como de rocas volcánicas, principalmente básicas, con pastas vítreas. Las fluviales tienen mayor contenido de cuarzo, cuarcitas, rocas graníticas.

Como agregado grueso se utiliza: canto rodado, con un predominio de rocas volcánicas, cuarcitas y piedra partida (granitos y cuarcitas).

MATERIALES

Arenas y Canto rodado

Coronel Rosales: Se evaluaron 4 yacimientos de arena: 3 de origen eólico ubicado en proximidades

a la ciudad de Punta Alta y uno de origen marino ubicado en la Base Baterías. Los eólicos son depósitos modernos de marcada homogeneidad litológica. Los afloramientos guardan relación con la actividad eólica y se presentan en la superficie como pequeñas lomadas fijadas por vegetación. Son depósitos modernos, muy importantes en la región por el área amplia que ocupan. El material de Baterías es heterogéneo intercalándose arenas finas y gruesas e incluso en el piso se reconoció un nivel de arena muy fina con intercalaciones de rodados de cuarcita. Corresponden a la ingesión marina querandinense.

Villarino: Se encuentra a 12 Km al oeste de la localidad de Médanos en el partido de Villarino. La cantera tiene niveles arenosos y conglomerádicos. Se extraen ambos materiales, luego de eliminar el suelo cuyo espesor aproximado es de 40 cm. La potencia del nivel de rodados varía entre 80 cm y 2 metros, constituido por clastos bien redondeados de rocas predominantemente porfiricas. La matriz es arenosa y es muy abundante el carbonato de calcio que generalmente cementa los niveles superiores, culminando con una capa de tosca. Estos depósitos son probablemente coetáneos con los limos areno – arcillosos pleistocénicos adjudicados al Chapadmalense (García, J. y García, O. *op cit.*). Estos mantos psefíticos se encuentran generalmente ocultos de la observación directa, en niveles subsuperficiales, cubiertos por sedimentos modernos y suelo. Arealmente se pueden distinguir dos niveles. Uno que presenta un espesor de aproximadamente 2 metros, con rodados de tamaño entre 4 y 5 cm y un segundo nivel que corresponde a mantos menos espesos formados por rodados relativamente escasos, considerablemente más pequeños que los del nivel anterior, además predomina el material calcáreo con relación a la cantidad de los clastos componentes. Fidalgo (*op cit.*, 1985), menciona en la zona, en discordancia erosiva sobre la Formación Río Negro, a la grava arenosa Salinas Chicas, con escasa matriz y abundante cemento de carbonato de calcio.

Bajo San José: Esta cantera se encuentra ubicada en la intersección de la ruta provincial N° 51 con el río Sauce Grande. El material que se extrae es canto rodado y arena, de origen fluvial, emplazados en las terrazas del río Sauce Grande. La unidad se asienta en discordancia erosiva sobre las Formaciones Saldungaray y La Toma. La terraza I se ubica dentro del valle topográficamente más elevada que la terraza II. (Miembros arenoso medio y limo arenoso superior de la Formación Agua Blanca, formaciones Chacra La Blanqueada y/o Matadero Saldungaray). Borromei (1985), reconoció gravas macizas, mal estratificadas, gravas estratificadas con estratificación cruzada planar, arenas gruesas a finas con estratificación cruzada en artesa, arenas finas a muy gruesas con laminación horizontal, interpretados por el autor como depósitos generados a partir de un sistema fluvial entrelazado. Un importante porcentaje del agregado está constituido por clastos redondeados mayores a un dm^3 , material que es desechado por zarandeo seleccionando las granulometrías de utilidad. En algunos sectores del valle, en depósitos aterrizados, se han depositado paquetes de cenizas volcánicas de efusiones recientes, que son erosionadas por avenidas importantes en crecientes del río y en varias oportunidades contaminan al material seleccionado, modificando la litología de los agregados.

Villalonga: Se explotan dos canteras separadas unos 10 Km en dirección N-S. Están ubicadas a unos 25 km al este de la localidad de Villalonga en el Partido de Villarino. Se extrae arena y canto rodado. Hay niveles con abundante conchillas. Nicolás *et al.* (1986) trabajaron en la zona de estas canteras y mencionan que entre las geoformas más notables se encuentra una espiga de gravas, de orientación N-S. Los límites en estas direcciones son abruptos, lo que indica una anterior continuidad en ambas direcciones causada por la acción del mar, el cual distribuyó los rodados a lo largo de la costa actual. Se vincula a los depósitos de grava con una fase regresiva querandinense del Holoceno. La presencia de niveles ricos en conchillas marinas finamente trituradas y mezcladas con rodados de menor tamaño que el resto de los niveles, como se observa en las canteras estudiadas, indicaría un origen marino de estos cordones. Se puede inferir que estos rodados fueron erosionados de sus niveles antiguos de depositación, transportados y redepositados en un ambiente marino de alta energía. Existe una notable variación en el tamaño de los rodados (de 2 a 8 cm), lo que denota variaciones de energía del agente de transporte y acumulación. La espiga de gravas tiene

una longitud de 3300 metros y un ancho máximo (en el límite sur) de 200 metros.

Piedra Partida

Se utilizan dos tipos de rocas: granitos y cuarcitas.

Los primeros se extraen de la cantera Cerros Colorados. Se encuentra ubicada a 16 Km al SW de Colonia San Martín de Tours en el Partido de Torquinst. La roca es un granito de grano mediano, con importante fracturamiento, hasta el piso actual de la cantera. El material volado es triturado a diferentes granulometrías y seleccionado por tamaño.

La cuarcita se encuentra ubicada en proximidades a la localidad de Pigué (Partido de Torquinst). La roca es una ortocuarcita constituida por granos de cuarzo fino cementados por este mismo material. Es abundante el contenido de arcillas principalmente illita. También se procede a la trituración y selección de tamaño en origen.

MÉTODOS

Para el estudio petrográfico de las arenas se confeccionaron pastillas con arena, cemento y agua en una relación 2/1/1/2. Se confeccionaron secciones delgadas para su estudio microscópico. Se utilizó un microscopio de polarización Olympus, trinocular, con cámara de video de alta resolución y programas computarizados para tratamiento de imágenes y cuantificaciones.

RESULTADOS

Análisis Granulométrico

Las muestras fueron tamizadas según lo establecido en la norma IRAM 1627 (Granulometría de los agregados para hormigones) y los resultados se volcaron en las curvas de frecuencia acumuladas en la que se establecen los límites máximos y mínimos de tamaño nominal.

En un trabajo previo (Marfil S. y P. Maiza, 1991) se caracterizaron los agregados finos y gruesos por métodos estadísticos. Los agregados finos de origen eólico de la zona de Punta Alta y las fluviales de Bajo San José, son de grano extremadamente fino. El material de Baterías, Villalonga y Médanos tiene el tamaño adecuado aunque, en esta última es excesivamente alto el tamaño menor a 500 micrones.

El canto rodado de Médanos, Villalonga y Bajo San José tiene un tamaño de grano adecuado, realizándose la selección en la misma cantera de acuerdo a las necesidades.

PETROGRAFÍA

La petrografía de los agregados fue realizada en todos los casos con microscopio de polarización sobre secciones delgadas.

Las arenas eólicas de la zona de Punta Alta están constituidas por cuarzo (30 a 40 %), feldespato (8 a 15 %), fragmentos líticos principalmente de rocas volcánicas (\approx 40 %) con cantidades similares de rocas frescas y alteradas. Los principales procesos de alteración son desvitrificación de las pastas y desarrollo de minerales arcillosos del tipo montmorillonita. El contenido de clastos de vidrio volcánico fresco está en el orden del 5 %. El agregado fino de la zona de Baterías tiene una composición similar al de las arenas eólicas en cuanto a las especies presentes, pero el contenido de

cuarzo y feldespato es menor (15 % y 2 % respectivamente), es muy elevado el porcentaje de vidrio (14 %), los fragmentos líticos, principalmente volcánicos están en el orden del 30 % también con cantidades similares de frescos y alterados. Son abundantes las conchillas (30 %).

La composición de los agregados finos y gruesos de la zona de Médanos es similar pero en proporciones muy diferentes. En la arena predominan las rocas volcánicas (\approx 47 %), con cantidades subordinadas de cuarzo (22 %) y carbonatos (11 %), en menor proporción se identificó feldespato (9 %) y vidrio volcánico (7 %). El agregado grueso está constituido por rodados de tosca (44 %) y areniscas calcáreas (38 %) con escasa cantidad de cuarcita (5 %) y rocas volcánicas 10 %.

En la figura 1 se muestra la composición petrográfico mineralógica de la arena de la zona de Punta Alta sobre secciones delgadas (con luz paralela). Corresponde al material retenido tamiz IRAM N° 60, donde es posible observar clastos de vidrio volcánico fresco (v), abundantes rocas volcánicas vítreas (rv), cuarzo (q), feldespato (f) y minerales opacos (o). En la figura 2 se muestra el retenido en el tamiz N° 60 de la arena de la zona de Médanos. La composición es similar a la anterior. Abundan los fragmentos de rocas volcánicas (rv), hay vidrio fresco (v), cuarzo (q), feldespato (f) y carbonato (c).

El material grueso y fino de la zona del Bajo San José tiene una composición petrográfico-mineralógica semejante. El canto rodado está constituido principalmente por fragmentos líticos de rocas cuarcíticas (53 %) y cuarzo (27 %). El 20 % restante corresponde a pelitas (11 %), rocas volcánicas (7 %) y escasa cantidad de rocas graníticas (2 %). Si bien la composición de la arena es similar se incrementa el contenido de rocas graníticas y vulcanitas y aparecen clastos aislados de vidrio volcánico aunque en porcentajes que oscilan el 2 %.

Los agregados de la cantera de Villalonga, tienen una componente volcánica predominante (55 %) dentro de los que abundan los clastos alterados. Son abundantes las cuarcitas (30 %). Son escasas las rocas sedimentarias, graníticas y calcáreas. En las arenas se incrementa el contenido de calcáreas y cuarzo, aparece el feldespato y clastos de vidrio volcánico en el orden del 2 %.

Piedra Partida:

El granito Cerros Colorados está constituido por cuarzo (48 %), feldespato potásico (34 %), plagioclasa (16 %) y escasa cantidad de biotita (1 %), minerales opacos (0.5 %) y calcita (0.5 %).

El granito de Agua Blanca tiene una composición similar al anterior con un promedio de 46 % de cuarzo, 32 % de feldespato potásico, 19 % de plagioclasa, y 1 % de biotita, minerales opacos y calcita. En ambas rocas se observó leve sericitización en las plagioclasas. El cuarzo presenta extinción ondulante, aunque el ángulo es bajo.

Cuarcita Pigué: La roca está constituida por granos de cuarzo orientados, cementados por cuarzo fino con abundante illita y escasa cantidad de caolinita dispuesta en forma de nidos agrupados en los espacios intergranulares. El cuarzo tiene extinción ondulante con elevado ángulo.

CONCLUSIONES

1. Las arenas utilizadas como agregado fino en la zona de Bahía Blanca están constituidas en forma predominante por rocas volcánicas y tienen abundante vidrio fresco, en especial las de origen eólico y marino. En las arenas fluviales de la zona de Bajo San José predominan las rocas cuarcíticas y el cuarzo.
2. Las arenas eólicas son de grano muy fino y en general se mezclan con las de Baterías para lograr el tamaño adecuado.
3. Los yacimientos aflorantes cubren extensas superficies pero son bolsonares y su volumen está restringido. (Punta Alta y Baterías).
4. Los subsuperficiales están vinculados a paleocauces y/o paleorelieves fluviales o marinos (Bajo San José, Médanos y Villalonga). A pesar de ser de mejor calidad que los mencionados en el punto anterior, tienen en general un escape importante. Su volumen es

incierto ya que debido al control estructural y geomorfológico dan lugar a yacimientos bolsonares lentiformes.

5. El canto rodado utilizado proviene principalmente de los yacimientos de la zona de Villalonga. Estos agregados están constituidos principalmente por rocas volcánicas con pastas vítreas y/o alteradas. Al igual que la cantera de la zona de Médanos, corresponde a niveles distribuidos en forma heterogénea y de espesor variable.

La piedra partida proviene de dos canteras: a) Cuarcita de Pigué que tiene problemas de aceptación por la presencia de cuarzo tensionado con elevado ángulo de extinción ondulante y arcillas principalmente illita y b) Granito Cerros Colorados es la roca más aceptada como agregado grueso en la zona de Bahía Blanca.

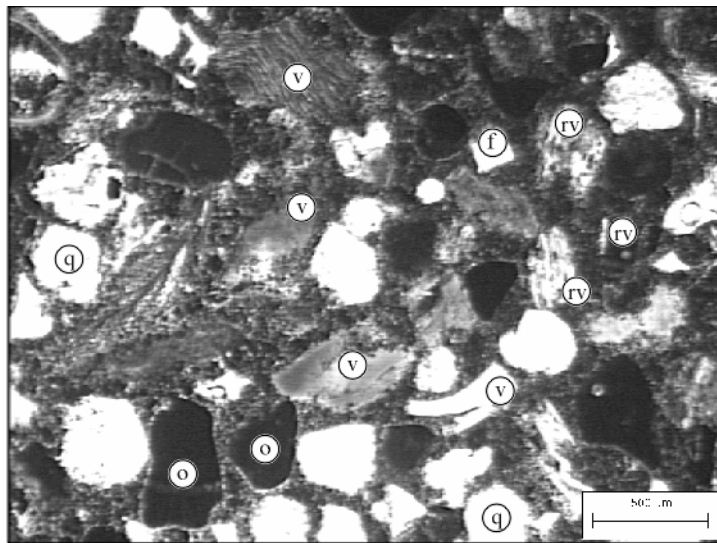


Fig. 1: Arena de Punta Alta (retenido tamiz n° 60)

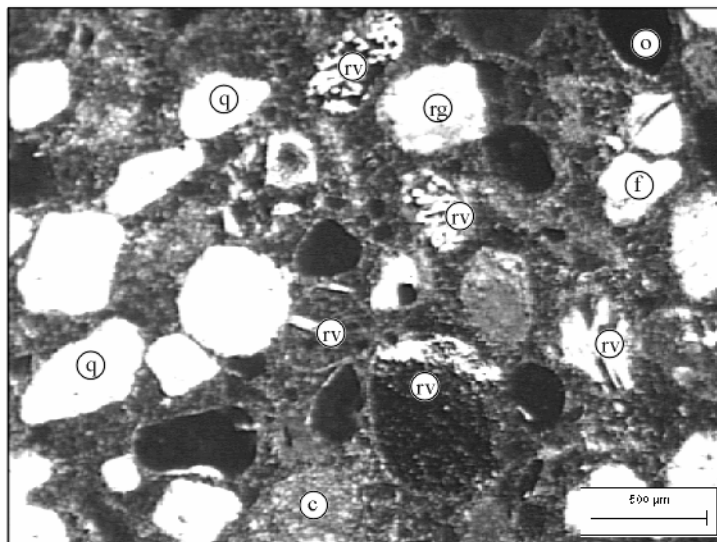


Fig. 2: Arena de Médanos (retenido tamiz n° 60)

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la UNS, CONICET y CIC de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la obtención y compaginación de las fotomicrografías.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BORROMEI A., 1985. Sedimentos fluviales pleistocenos portadores de restos fósiles en el bajo San José, Río Sauce Grande. Prov. de Bs. As. Ireas. Jornadas Geológicas Bonaerenses. Tandil. Actas. 791-793.
- FIDALGO F.; J. LAZA; N. PORRO Y E. TON, 1978. Algunas características de la formación Arroyo Chasicó y sus relaciones geológicas. VII Congreso Geológico Argentino. I. 213-225.
- FIDALGO F.; E. TIONNI Y N. PORRO, 1985. Geología del área de la laguna Chasicó (Partido de Villarino, Prov. de Buenos Aires) y aspectos bioestratigráficos de la Formación Arroyo Chasicó (Mioceno Tardío). Ireas. Jornadas Geológicas Bonaerenses. Tandil. 50-51.
- GARCIA J. Y O. GARCIA, 1964. Hidrogeología de la región de Bahía Blanca. Boletín N° 96. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.
- MAIZA P. J.; S. A. MARFIL; J. D. SOTA Y O. R. BATIC, 1988. Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de reactividad potencial alcalina en áridos finos utilizados en Bahía Blanca y Punta Alta, Prov. de Buenos Aires. Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses. Bahía Blanca. Actas. 697-709.
- MAIZA P. J. Y S. A. MARFIL, 1991. Estudio de cortes delgados sobre barras de mortero con agregados finos y gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca. Revista Hormigón. N° 19. 31-39.
- MAIZA P. J. Y S. A. MARFIL, 1997. Principales yacimientos de arena, canto rodado y piedra partida, utilizados en la construcción en la zona de Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires. Primer Seminario de Tecnología del Hormigón en la Vivienda del Mercosur. Memorias. Santa Fe. 253-264.
- MARFIL S. A. Y P. J. MAIZA, 1991. Caracterización granulométrica de los agregados utilizados en Bahía Blanca por métodos estadísticos. 10ª Reunión Técnica de la AATH Olavarría. I, 174-191.
- MARFIL S. A. Y P. J. MAIZA, 1993. Los agregados gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.), en relación con la reacción álcali agregado. Congreso Internacional de Ingeniería Estructural y Tecnología del Hormigón. Córdoba. Memorias. I, 1-10.
- NICOLAS, R.; J. KOSTADINOFF Y R. SCHILLIZZI, 1986. Correlación entre geoformas superficiales y observaciones geofísicas en la Bahía Anegada, Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina. Revista. XLI (3-4). 245-255.
- RAPELA, E. W.; R. PANKTHUST; C. M. FANNING AND L. E. GRECCO, 2003. New evidence for Cambrian continental rifting along the south land margin of gondwana. Journal of The Geological Society. London V. 160: 613-628.