

# COMPORTAMIENTO DE LAS ROCAS CUARCÍTICAS DE LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES (TANDIL) FRENTE A LA RAS

## BEHAVIOR OF QUARTZITE ROCKS OF THE NORTHERN MOUNTAIN RANGE (TANDIL) REGARDING THE ALKALI-SILICA REACTION IN CONCRETE

*G.S. Coelho dos Santos<sup>1</sup>*

*1.- Profesional de Apoyo CIC-LEMIT. gabys\_geo17@yahoo.com.ar*

### RESUMEN

Uno de los temas más investigados vinculado a la durabilidad de las estructuras de hormigón es la reacción álcali-sílice (RAS), ya que esta reacción se produce dentro del hormigón y provoca fallas estructurales de gran importancia. Para que se produzca necesitamos un agregado potencialmente reactivo (que tenga algún tipo de sílice), álcalis (cemento portland) y humedad, además de otros factores como la temperatura y el tiempo.

La reacción origina como producto un gel silico-alcálico expansivo que genera fisuras y deterioro de las estructuras de hormigón. Otros factores que controlan la RAS son el porcentaje y el tamaño de partícula de agregado reactivo, que puede provocar un efecto de “pessimum” produciendo valores de máxima expansión en morteros u hormigones. Además el tamaño de grano de los componentes líticos, sobre todo en rodados y agregados de trituración, así como también la estabilidad estructural y la deformación de las partículas constituyen un rol fundamental en la velocidad en la que la reacción se desarrolla.

Las ortocuarzitas de la provincia de Buenos Aires, sobre todo las de la región de Tandilia son calificadas en estudios previos como de reacción lenta. En este trabajo se presentan estudios petrográficos preliminares de las variedades texturales de las cuarcitas de esta región y se las compara con rocas de similar origen de otras regiones de Argentina (Sierra de la Ventana y de Chaco). Esto permite establecer el diferente comportamiento de las rocas frente a la reacción álcali-sílice (RAS).

**Palabras clave:** *cuarcitas, petrografía, hormigón, reacción álcali-sílice (RAS).*

### ABSTRACT

One of the most researched topics linked to the durability of concrete structures is the alkali-silica reaction (ASR), since this reaction – produced in the concrete because of the presence of a potentially

reactive aggregate, alkali (present in Portland cement) and humidity – causes structural failures of great importance when it is not controlled.

The reaction produces a silico-alkaline expansive gel generating cracks and deterioration of the concrete structures. Other factors controlling the ASR are the percentage and the particle size of reactive aggregate, which can generate an effect of “pessimum” on mortar and concrete studied.

The orthoquartzites in Buenos Aires (Tandilia area) were qualified in previous studies as slow reaction. In this preliminary paper, petrographic studies of the textural varieties of quartzites from this region are presented and compared with rocks of similar origin to other regions of Argentina (Sierra de la Ventana and Chaco). This allows to show the different behavior respect to the alkali-silica reaction (ASR) in the concrete.

**Keywords:** *quartzites, petrography, concrete, alkali-silica reaction (ASR).*

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país existen una gran variedad de rocas de posible uso en la construcción de obras civiles de diferente origen, ígneas (plutónicas y volcánicas), metamórficas y sedimentarias. Pueden utilizarse mediante procesos previos de trituración como es el caso de las rocas cristalinas, o directamente de depósitos o yacimientos de arena o rodados.

8 La composición mineralógica de algunos agregados que se utilizan en hormigón, bajo ciertas circunstancias, pueden producir reacciones deletéreas de diverso origen, por contener sulfatos, sulfuros, diversos óxidos, sílice metaestable, arcillas, etc.

En particular, la reacción álcali agregado, más específicamente la reacción álcali-sílice o RAS, es una reacción que para que se produzca es necesario que se presenten simultáneamente un agregado reactivo conteniendo sílice metaestable, álcali contenido en el fluido de poros del hormigón y elevada humedad, (además de una temperatura y tiempo adecuados). Antes de 1940 los agregados eran considerados químicamente inertes. Stanton (1940) [1] da a conocer el resultado de estudios realizados durante la década del 1930, poniendo en evidencia la existencia de agregados que bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura reaccionan con los álcalis del hormigón, a la que denominó reacción álcali-agregado.

La agregados potencialmente reactivos que participan en la RAS son aquellos que contienen sílice metaestable o que están conformados enteramente por ella: vidrio volcánico y ópalo considerados como amorfos o carentes de una estructura cristalina ordenada, tridimita y cristobalita que son variedades de sílice criptocristalinas, calcedonia principalmente de hábito fibroso y cuarzo con deformación o tensionado.

La reacción entre la sílice metaestable y los iones hidroxilos en presencia de álcalis y calcio, provoca una transformación de la sílice en un “gel” de sílice y álcali, el cual produce una fuerza expansiva por aumento de volumen por la imbibición de agua de los poros que rodean al gel. Esta expansión puede provocar la fisuración y el deterioro de las estructuras de hormigón. Tomando en cuenta la velocidad de esta reacción química, los agregados se califican como de reacción rápida (contiene sílice amorfa o microcristalina) y de reacción lenta (contiene básicamente cuarzo con defectos estructurales y con signos de deformación o recristalización).

Las rocas sedimentarias, principalmente las arenitas con alto grado de compactación, o las areniscas muy bien cementadas son de uso habitual en el hormigón. La compactación por unión de los granos de arena como consecuencia de la diagénesis

producida en profundidad puede traer aparejada la formación de minerales nuevos en la roca, ya sea de la misma o de diferente composición, entre ellos, cuarzo secundario, sílice microcristalina, minerales laminares, etc. La presencia de material más fino que tamaño arena, puede llevar a rellenar los espacios intergranulares o formar una matriz de grano fino que rodea a los clastos arenosos o incluso a cementar los granos por aumento de la presión intracristalina. Fluidos circulantes entre los poros y fisuras de las rocas pueden precipitar formando también un material cementante que le confiera mayor coherencia a la roca, uniendo más fuertemente las partículas que la conforman. Este material puede estar compuesto por óxidos e hidróxidos de Fe, calcita, yeso, o sílice como el ópalo y la calcedonia, como los más comunes.

Las areniscas que están compuestas casi únicamente por cuarzo se denominan arenitas cuarzosas o cuarcitas, que a pesar de ser composicionalmente homogéneas, los clastos que las conforman pueden ser de diverso origen y presentar diferente tamaño, forma y grado de deformación previos. Además, el material cementante de las partículas no es siempre el mismo en todas las rocas y esto hace que la respuesta de estas rocas al ser usadas en el hormigón sea muy distinta.

Las rocas cuarcíticas aquí tratadas son de regiones distintas de Argentina (Figura I-a) con el fin de poder hacer una comparación de materiales considerados similares. En el área de las Sierras Septentrionales, se hallan rocas sedimentarias de diferentes edades geológicas. Más puntualmente en zonas próximas al sector atlántico se explotan canteras de rocas cuarcíticas de amplio uso en la construcción (Figura I-b). Estas son conocidas como cuarcita Mar del Plata, y desde el punto de vista geológico, esta unidad sedimentaria es denominada Formación Balcarce [2] de edad Paleozoica Inferior, en el rango Ordovícico-Silúrico [3, 4]. Esta roca utilizada como árido para hormigón son calificados petrográficamente como de reacción lenta [5].

También en el marco de la Provincia de Buenos Aires, Sierra de la Ventana, en la localidad de Pigüé (Figura I-a) se extraen rocas metacuarcíticas de similar edad que las rocas de Formación Balcarce, que corresponderían a la Formación Napostá, cuya edad llegaría hasta el Silúrico [6]. Estas son rocas originalmente cuarcíticas pero poseen un alto grado de deformación, y son calificadas por los ensayos como agregados de reacción rápida [7].

En el departamento de 9 de Julio, Provincia del Chaco, se extraen areniscas cuarcíticas silicificadas de la Formación Las Piedritas, única unidad rocosa identificada en superficie (Figura I-a). Existen diversas interpretaciones respecto a su origen, de posible correlación con areniscas fluviales pliocenas de la Formación Ituzaingó, y otra con la Formación Tacuarembó (Jurásico-Cretácico). Sin embargo, la edad y significado geológico son aún inciertos [8]. Pavlicevic [9] describe los afloramientos del frente de la cantera Las Piedritas, constituido por tres niveles de ortocuarcitas que completan 10 m de potencia, encontrando de base a techo: ortocuarcitas blanco-rosado, ortocuarcitas rosadas con cemento calcáreo y ortocuarcitas rojizas muy compactas con cemento silíceo. Este último nivel corresponde al material utilizado para la construcción de caminos, y ha sido intensamente estudiado desde el punto de vista de la reacción álcali-sílice y calificado desde el punto de vista petrográfico como de reacción rápida [9, 10].

En base a diferencias petrográficas podemos comparar, haciendo hincapié en la reacción álcali-agregado, a estas tres cuarcitas con características petrográficas diferenciables, de composición similar pero diferente grado de compactación, deformación del cuarzo y textura interna.

## EXPERIENCIAS

Se realizaron estudios petrográficos sobre muestras de cuarcita de Mar del Plata, explotada en el área de Batán, una metacuarcita de la localidad de Pigüé y una muestra de arenisca del Chaco (Figura I) siguiendo las pautas desarrolladas en la norma

IRAM 1649 [11]. Bajo este procedimiento se determinó la presencia de cuarzo con extinción ondulante, de cuarzo policristalino, microcristalino, con migración de borde de grano, etc., es decir, clastos de cuarzo con algún tipo de deformación que pueda desencadenar local o puntualmente la reacción álcali-sílice. Según la norma IRAM 1531 [12], este tipo de sílice en su conjunto no debe exceder el 5%.

Se utilizó lupa binocular (Olympus (SZ 61) y microscopio óptico de polarización (Olympus BH2-UMA) para la petrografía de agregados y de hormigón. Difractometría de rayos X (DRX) para analizar e identificar las arcillas. La comparación petrográfica de la ortocuarcita de Mar del Plata (Fm. Balcarce) se realiza con la cuarcita de Pigüé y con la arenisca del Chaco, calificadas en trabajos previos como agregados potencialmente reactivos de reacción rápida [7, 9].

## RESULTADOS

10

Petrografía de las muestras:

Las muestras de las canteras de la localidad de Batán pertenecen a ortocuarcitas compuestas por más de 95% de cuarzo, aunque también se hallan vaques y arcillitas en menor proporción (Figura 2). Mineralógicamente también se identificó muscovita (Figura 2c y 3a), minerales accesorios (turmalina, circón, apatita, rutilo) y minerales opacos. En algunos sectores se observa, en los espacios intergranulares, arcilla caolínica, aunque puede observarse láminas de illita de hasta 1mm de largo. La presencia de caolinita e Illita se confirma con el análisis mediante DRX (Figura 4) del material arcilloso que se halla en los frentes de cantera y que intercala con los gruesos bancos de cuarcita. Es frecuente observar la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro que pueden observarse como pátinas o en algunos casos actúa como material cementante de los granos de cuarzo (Figura 2h).

Una característica particular de estas rocas es la variación en la textura (interna) y en el tamaño de grano. Las rocas pasan de ser sabulitas (granos entre 2mm y 4mm), arenitas sabulíticas a arenitas

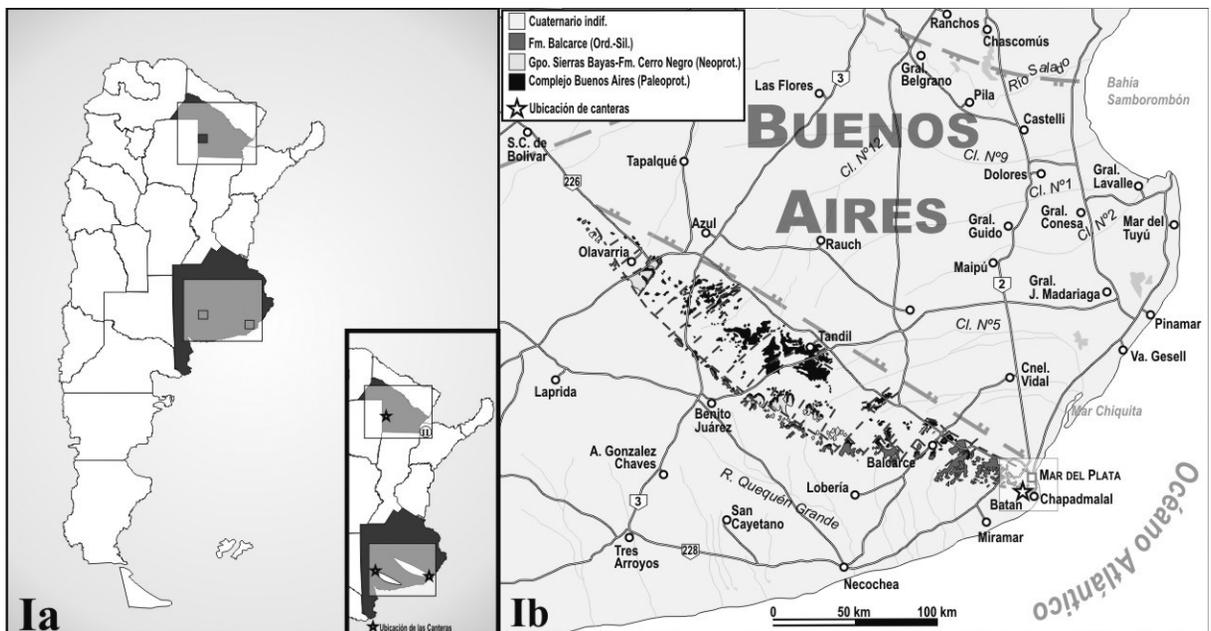
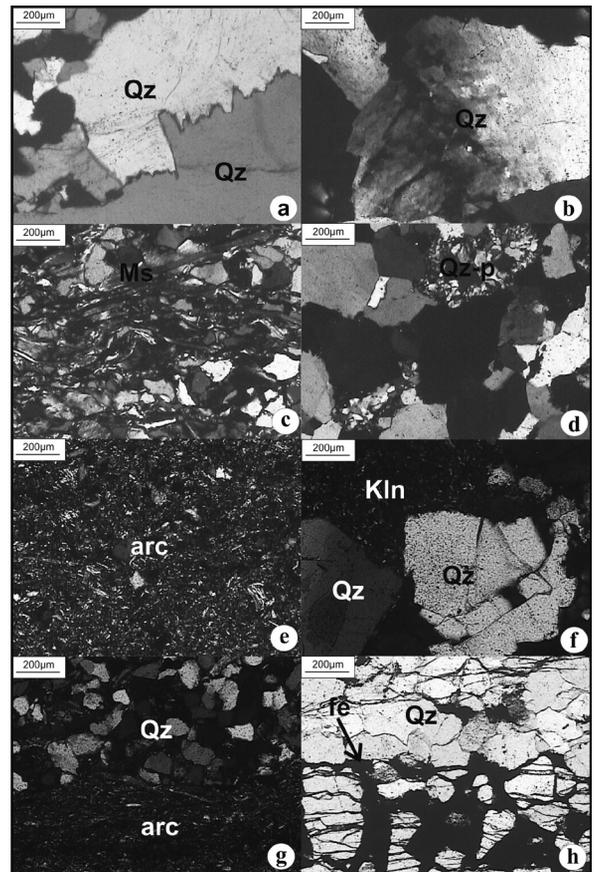


Figura 1. Ia. Ubicación de las canteras de rocas cuarcíticas estudiadas en mapa de Argentina y en detalle de la zona nororiental del país; Ib. Mapa geológico general de las Sierras septentrionales en el marco oriental bonaerense.

de grano grueso, medio o fino, con o sin arcilla en los intersticios. Presentan en algunos casos estructura muy compacta, cerrada, con bordes difusos, aserrados, hasta netos y con crecimiento secundario de sílice hacia los bordes de los granos. Los clastos de cuarzo se caracterizan por ser angulosos a subangulosos, presentan extinción normal, otros con extinción ondulante de ángulo variable (AEO hasta  $\approx 23^\circ$ ); otros granos son policristalinos. El cemento de la roca puede ser silíceo, micáceo y/o ferruginoso. En la Figura 2 se muestran imágenes de cortes delgados de muestras tomadas en diferentes canteras de la localidad de Batán, en donde se puede apreciar las variaciones en el tamaño de grano, contacto entre granos, tipo de cemento natural de la roca, morfología y deformación de los clastos de cuarzo, presencia o ausencia de muscovita y arcillas, etc. Todas estas variaciones, hacen notar que las rocas pertenecientes a la Formación Balcarce (piedra Mar del Plata) son heterogéneas desde el punto de vista de su textura interna y que esto puede influir en su comportamiento frente a la reacción álcali-agregado.

Las muestras de la Formación Las Piedritas, denominada como arenisca del Chaco, corresponden a areniscas rojizas, compactas, con cemento silíceo, sin estructura sedimentaria evidente y con venas blanquecinas. Al microscopio se observan clastos redondeados a subredondeados de cuarzo, límpidos y en forma subordinada granos de cuarzo policristalino, calcedonia, feldespato, muscovita, minerales opacos y fragmentos líticos volcánicos. El cemento de la roca es ópalo y calcedonia (Figura 3c y d). Es común la presencia de rebordes rojizos-oscuros en los granos minerales, vinculados a pátinas ferruginosas (Figura 3d).

La cuarcita de Pigüé que se extrae en la localidad del mismo nombre, perteneciente al sistema de sierras de Australes, es una metacuarcita, compuesta por más de un 90% de sílice, presenta una textura granoblástica y estructura cataclástica (Figura 3e y f). Los granos de cuarzo, originalmente sedimentarios de la cuarcita están altamente

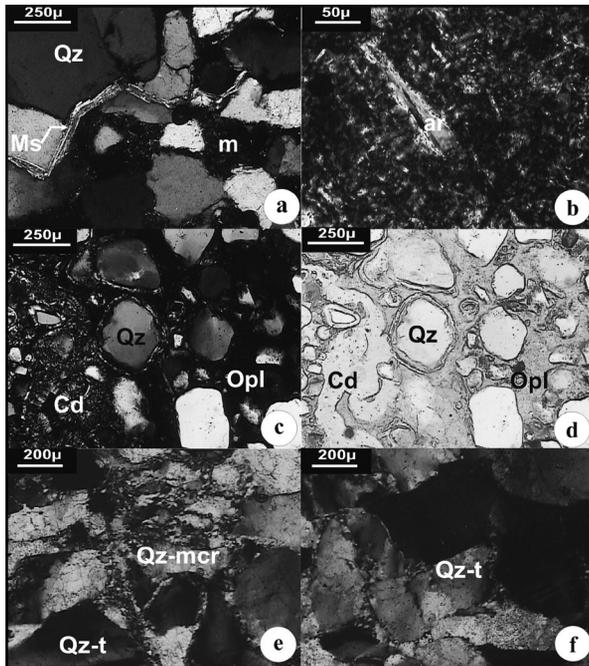


**Figura 2.** I (a) y (b) cuarcita de grano grueso, granos de cuarzo (Qz) anguloso, con contactos suturados. En (a) la extinción del cuarzo es normal y en (b) es ondulante. (c) Vaque cuarzo-micáceo de grano fino; láminas pequeñas de muscovita (MS). (d) Cuarcita de grano medio; se destaca un clasto subredondeado de cuarzo policristalino (Qz-p). (e) Arcillita (arc) caolinitica-illítica; se aprecian granos de cuarzo muy finos. (f) cuarcita de tamaño medio a grueso caolinita (Kln) intergranular. (g) cuarcita fina que intercala con material arcilloso. (h) cuarcita microfracturada e invidada por óxidos e hidróxidos de hierro (fe). (a-g) con polarizadores cruzados y (h) con luz paralela.

deformados, elongados, con bordes recrystalizados de grano muy fino o microcristalino, además de sílice amorfa generada por la intensa deformación sufrida por la roca [7].

Difractometría de rayos X: Los estudios realizados mediante difractometría de rayos X, efectuados para complementar los estudios petrográficos confirmaron al presenciad de Caolinita (Kln)

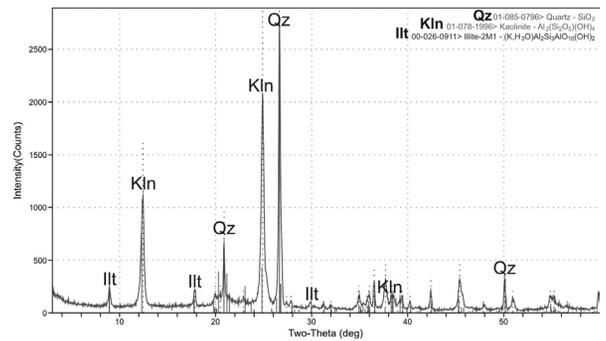
e Illita (Illt), esta última subordinada. El pico de mayor intensidad corresponde a cuarzo (Qz). La Figura 4 corresponde a un difractograma de una muestra de material arcilloso hallado en un acopio de un frente de cantera actualmente en explotación. No se halla material amorfo que pueda provocar el desarrollo de la reacción.



**Figura 3.** (a y b) agregado de Mar del Plata (Batán) vistas bajo polarizadores; (a) cuarcita constituida por cuarzo (Qz) algunas láminas elongadas de muscovita (Ms) y escasa matriz (m) de arcilla en los espacios intergranulares, (b) arcillita (ar). (c y d) Arenisca del Chaco con polarizadores cruzados y con luz paralela respectivamente; el cuarzo (Qz) es redondeado y posee abundante cemento de ópalo (Opl) y calcedonia (Cd). (e y f) metacuarcita de Pigüé, con polarizadores cruzados, donde se observa cuarzo microcristalino (Qz-mcr) y altamente tensionado (Qz-t).

## CONCLUSIONES

- A pesar de que las rocas son todas de origen sedimentario, las condiciones ambientales de su formación y los procesos posteriores como es el enterramiento, diagénesis, circulación de fluidos cargados de sílice, hierro, etc., deformación y metamorfismo, entre otros, hace que existan



**Figura 4.** Difractograma del material pelítico-arcilloso muestreado en frente de cantera en explotación. Cuarzo (Qz), caolinita (Kln), illita (Illt).

diferencias de composición y en sus texturas internas (tamaño granulométrico, relación geométrica entre los clastos constituyentes, forma, angulosidad de las partículas, porosidad) y superficial.

- Petrográficamente, la arenisca de Chaco que contiene ópalo-calconia como cemento natural de la roca y la metacuarcita de Pigüé que posee cuarzo altamente deformado y microcristalino en alto porcentaje, son calificados como agregados de reacción rápida, mientras que la cuarcita de Mar del Plata, a pesar de su heterogeneidad textural, presenta bajo porcentaje de cuarzo microcristalino y de cuarzo con extinción ondulante (cuarzo tensionado) por lo que se califica a este agregado como de reacción lenta o diferida.

- Por difracción de rayos X se determinó la presencia de cuarzo, caolinita e Illita, en ese orden, no identificándose material amorfo, deletéreo o reactivo en los materiales más finos de las canteras en explotación.

## REFERENCIAS

- 1.- Stanton, T.E. 1940. Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. Proc. American Society of Civil Engineers 66: 1781-1811, Reston.
- 2.- Dalla Salda, L., Spalletti, L., Poiré, D., De Barrio, R., Echeveste, H. y Benialgo, A. 2006. Tandilia. Temas de la Geología Argentina I, INSUGEO, Serie Correlación Geológica 21: 17-46. Tucumán.
- 3.- Zimmermann, U. y Spalletti, L.A. 2009. Provenance of the Lower Paleozoic Balcarce Formation-Tandilia System, Buenos Aires Province, Argentina- Implications for paleogeographic reconstructions of SW Gondwana. *Sedimentary Geology* 219: 7-23.
- 4.- Cingolani C. "The Tandilia system of Argentina as a southern extension of the Río de la Plata craton: An overview *International Journal of Earth Sciences*". Volumen 100. Numbers 2-3, (2011), 221-242.
- 5.- Coelho dos Santos, G.S., Falcone, D.D., Marfil S.A. Maiza, P. 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, Junio 2014. 2 p. Córdoba.
- 6.- Uriz N.J., Cingolani C.A. y Marques J.Ch. 2012. Procedencia sedimentaria del Paleozoico Inferior-Medio del Grupo Ventana y de la Formación Sierra Grande, Argentina. Nuevas edades U-Pb (LA-ICP-MS) en circones detríticos. 13a Reunión Argentina de Sedimentología: 215-216, Salta.
- 7.- Cortelezzi, C.R., Maiza, P.J. y Pavlicevic, R., 1990. Strained quartz in relation to alkali-silica reaction. En Erlin/Stark (ed.) *Petrography applied to concrete and concrete aggregates*, ASTM STP 1061. American Society for Testing and Materials: 145-158, Philadelphia.
- 8.- Peri VG, Rossello EA. 2010. Anomalías morfoestructurales del drenaje del Río Salado sobre las Lomadas de Otumpa (Santiago del Estero y Chaco) detectadas por procesamiento digital. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66 (4): 634 – 645.
- 9.- Batic OR, Cortelezzi CR, Pavlicevic, R., Traversa LP. 1995. Caracterización Tecnológica de las Areniscas Cementadas con Calcedonia y Opalo del Noroeste de la Provincia del Chaco, República Argentina. *Memorias XII Reunión Técnica de la AATH*, 191-197.
- 10.- Coelho dos Santos, G.S. y Falcone, D.D. 2012. 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. 13a Reunión Argentina de Sedimentología: 53-54, Salta.
- 11.- IRAM 1649. "Examen petrográfico de agregados para hormigón" IRAM, (2008) ,15 p.
- 12.- IRAM 1531. "Agregado grueso para hormigón de cemento", IRAM, (2012), 27 p.