

ANÁLISIS MULTIVARIADO (COMPONENTES PRINCIPALES) APLICADO AL ESTUDIO
DE LA COMPOSICIÓN DE AGREGADOS FINOS UTILIZADOS EN LA ZONA DE BAHÍA
BLANCA

Marfil, S. A.¹ y Maiza, P. J.²

1. Becaria C.I.C. Universidad Nacional del Sur.
2. Investigador CONICET. Universidad Nacional del Sur.

RESUMEN

Se estudió al microscopio petrográfico la composición mineralógica de las arenas de las principales canteras proveedoras de agregados finos a la zona de Bahía Blanca. Se utilizaron los cinco componentes más importantes y la sílice que aporta el agregado al medio al estar en contacto con una solución alcalina (NaOH 1 N). Se aplicó el método de componentes principales a fin de establecer las fuentes de aporte de sílice, las relaciones entre las diferentes especies presentes y caracterizar grupos de muestras en función de la composición y sílice liberada y comparar los resultados con el comportamiento del agregado en las barras de mortero. La aplicación del método estadístico permite concluir que en el plano de las dos primeras componentes principales la sílice que aporta el agregado al medio depende en forma directa del contenido de vidrio volcánico en la muestra y en forma inversa del contenido de cuarzo. Se observa una relación directa entre el contenido de cuarzo y feldespato, los que varían en forma inversa con los fragmentos líticos alterados.

Se pueden establecer cuatro grupos de muestras de acuerdo a su composición y a la cantidad de sílice liberada. Los grupos 1 y 2, analizados por los métodos de ensayo convencionales resultaron inocuos, y se caracterizan, el primero por el alto contenido de cuarzo y bajo en líticos alterados y vidrio volcánico. El segundo por el bajo contenido en vidrio volcánico, líticos frescos y feldespato. La cantidad de sílice disuelta es baja en ambos grupos. Los grupos 3 y 4 tienen gran cantidad de sílice disuelta, ambos resultaron reactivos y tienen elevado contenido de líticos alterados, feldespato y vidrio volcánico y bajo de cuarzo y líticos frescos.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se evaluó la composición mineralógica de los agregados a fin de analizar por el método de componentes principales las relaciones entre las diferentes especies presentes, comparadas con la cantidad de sílice que entra en solución en medio alcalino y agrupar las muestras de acuerdo a su composición global.

Se trabajó sobre las siguientes canteras:

C1, C2 y C3, ubicadas en la zona suburbana de la ciudad de Punta Alta (Partido de Coronel Rosales). El material es de origen eólico y de edad reciente.

C4 y C5, pertenecientes a la zona de Baterías y Puerto Galván respectivamente. De origen marino.

C6 cercana a la localidad de Médanos (Partido de Villarino).

C9 y C10 Villalonga.

Se conoce el comportamiento de cada uno de estos materiales desde el punto de vista de la reactividad alcalina potencial y se desea probar si existe alguna relación con su contenido mineralógico.

Las canteras fueron estudiadas por el método de ensayo químico (IRAM 1650) y el método de las barras de mortero (IRAM 1648), (Maiza et al. 1988), donde se calificó a los agregados como:

Cantera N°	Calificación
1	inocuo
2	inocuo
3	reactivo
4	reactivo
5	reactivo
6	reactivo
9	inocuo
10	inocuo

Algunas muestras de la cantera N°6 resultaron inocuas y otras reactivas dado la heterogeneidad del material.

METODOLOGIA

Las muestras se tamizaron utilizando tamices IRAM N° 10, 18, 30, 60 y 100. (IRAM 1501). Con el material retenido en cada fracción se prepararon pastillas como sigue: Se mezcló arena con cemento portland y agua en relación 2:1:1/2 respectivamente, se dejaron fraguar durante tres días y se cocieron en resina de pino durante ocho horas. Luego se llevaron a un espesor de 20 micrones para ser observadas al microscopio petrográfico.

En cada fracción se cuantificó el número de especies minerales presentes en el campo del microscopio (aproximadamente se midieron diez campos). Luego se calcularon los porcentajes en cada fracción y teniendo en cuenta el porcentaje en peso de cada una de ellas se calcularon los porcentajes en la muestra total de cada especie presente. (IRAM 1649).

De todas las especies determinadas, se tomaron, para este estudio las cinco principales que son: cuarzo, feldespato, fragmentos líticos frescos, fragmentos líticos alterados y vidrio volcánico.

De cada muestra se tomó el valor de sílice disuelta al atacar 25 gramos en la fracción IRAM N° 50-100 con 25 ml de solución de NaOH 1 N durante 24 Hs. a 80 °C. (Norma IRAM 1650).

Se trabajó con las seis variables utilizando el método de componentes principales a fin de definir, por un lado, el aporte de sílice

a la solución de las diferentes especies minerales presentes y la relación que existe entre los diferentes materiales y por otro formar grupos de muestras de acuerdo a su composición global y a la cantidad de sílice liberada y relacionar estas características con su comportamiento en el hormigón frente a la reacción álcali-agregado.

DATOS

Muestra N°	% en muestra total de					Sílice disuelta (g)
	Cuarzo	Feldespat.	Lit. Fres	Lit. Alt	Vidrio vol	
1(1)	49.57	13.56	20.76	4.98	2.61	0.0222
2(1)	45.06	16.63	17.34	8.32	1.57	0.0304
3(1)	38.81	15.85	13.16	9.39	1.76	0.0172
4(1)	45.60	14.95	13.79	10.21	2.46	0.0280
6(2)	40.37	4.88	30.97	19.10	1.01	0.0461
7(2)	47.77	19.24	14.42	13.48	1.91	0.0600
8(2)	42.36	11.36	13.90	15.07	1.97	0.0515
10(3)	35.56	9.15	13.38	15.91	1.85	0.0440
11(3)	36.70	10.59	18.07	16.22	4.25	0.0451
12(3)	38.03	6.05	27.79	18.53	3.71	0.0425
13(3)	38.03	5.60	24.85	24.94	3.76	0.0482
1(4)	20.35	3.25	19.57	15.89	10.55	0.0334
2(4)	19.18	1.08	16.34	12.42	10.03	0.0403
3(4)	22.79	2.29	15.15	12.11	20.31	0.0215
1(5)	20.47	9.13	19.54	17.69	6.34	0.0417
3(5)	25.23	10.29	16.64	14.20	6.21	0.0380
7(5)	30.17	11.22	14.47	18.91	8.04	0.0431
1(6)	14.83	6.55	10.62	14.47	6.19	0.0998
3(6)	22.44	10.80	12.72	31.41	8.23	0.1188
5(6)	17.53	11.63	16.21	32.17	16.23	0.0880
7(6)	21.81	7.86	14.98	21.99	10.32	0.0950
9(6)	17.18	5.89	17.10	22.25	3.27	0.0705
2(9)	29.01	2.39	13.41	33.92	2.44	0.0199
3(9)	26.68	3.36	13.60	40.52	3.24	0.0189
8(9)	22.08	4.17	13.59	41.89	1.67	0.0213
20(10)	26.48	3.91	11.36	34.74	4.04	0.0176
21(10)	24.41	2.24	10.97	41.14	2.09	0.0247

METODO ESTADISTICO

Se utilizó el método de componentes principales que consiste en simplificar la estructura de las variables traducida en la matriz de covarianza o correlación. El método se basa en esa matriz y busca simplificar la información definiendo nuevas variables, que serán combinación lineal de las originales, de manera tal que cada una concentre la mayor variabilidad por un lado y además que sean linealmente independientes. Cada componente principal es, por lo tanto una combinación lineal del conjunto de variables originales con varianza máxima y no correlacionada con las demás componentes principales.

Como se trabajó con porcentajes que oscilan entre 1 y 50 % aproximadamente se transformaron las cuatro primeras variables con la función arcoseno de la raíz cuadrada de X. La matriz de datos transforma-

da se expresa en la tabla siguiente:

0.781100	0.377120	0.473080	0.225060	0.162260	0.022200
0.735920	0.420040	0.429490	0.292600	0.125630	0.030400
0.672550	0.409470	0.371240	0.311440	0.133050	0.017200
0.741340	0.397000	0.380460	0.325230	0.157490	0.029000
0.688490	0.222750	0.590180	0.452310	0.100670	0.046100
0.763090	0.454070	0.389520	0.375940	0.138640	0.060000
0.708700	0.343780	0.382060	0.398680	0.140830	0.051500
0.638910	0.307300	0.374480	0.410280	0.136430	0.044000
0.650780	0.331460	0.439060	0.445000	0.207650	0.045100
0.664520	0.248520	0.555250	0.445000	0.193820	0.042500
0.628230	0.238910	0.521870	0.522910	0.195150	0.048200
0.468010	0.181270	0.458250	0.410010	0.330810	0.033400
0.453320	0.104110	0.416140	0.360160	0.322250	0.040300
0.497680	0.151910	0.399800	0.355430	0.467520	0.021500
0.469500	0.306960	0.457870	0.434100	0.254530	0.042500
0.526250	0.326550	0.420170	0.386370	0.251850	0.041700
0.515550	0.301180	0.366370	0.318070	0.308510	0.038000
0.581490	0.341560	0.390220	0.336620	0.287490	0.041300
0.395320	0.258810	0.331940	0.390220	0.251440	0.043100
0.493500	0.334850	0.364660	0.594930	0.290970	0.099800
0.432000	0.348010	0.414380	0.603090	0.414640	0.011800
0.485910	0.284170	0.397420	0.488080	0.327050	0.088000
0.503030	0.379160	0.444880	0.540530	0.223440	0.095000
0.427380	0.245140	0.426320	0.491220	0.181830	0.070500
0.568790	0.155220	0.374920	0.621690	0.156840	0.019900
0.542790	0.184340	0.377700	0.690020	0.180990	0.018900
0.489170	0.205660	0.377560	0.703930	0.129590	0.021300
0.540530	0.199050	0.343780	0.630330	0.202380	0.017600
0.516750	0.150230	0.337590	0.696320	0.145080	0.024700

Como se trabajó con diferentes unidades se utilizó la matriz de correlación.

El vector de medias es:

0.5717586 0.2830552 0.4147131 0.4560373 0.2213390 0.0452241

La correlación entre las variables es:

1.0000000	0.5327176	0.2839088	-0.4472507	-0.6216936	-0.3059353
0.5327176	1.0000000	-0.0119865	-0.4783797	-0.2323447	0.3222550
0.2839088	-0.0119865	1.0000000	-0.2011756	-0.0878189	0.1044933
-0.4472507	-0.4783797	-0.2011756	1.0000000	-0.0694817	0.1752278
-0.6216936	-0.2323447	-0.0878189	-0.0694817	1.0000000	0.3633821
-0.3059353	0.3222550	0.1044933	0.1752278	0.3633821	1.0000000

Los autovalores de la matriz de correlación ordenados en forma decreciente son:

0.1078327 0.1909258 0.9519457 1.013288 1.446014 2.289993

La matriz de correlación de las componentes es:

-0.0991820	-0.3125664	0.0881357	0.00114586	0.1005446	0.9351932
0.2044770	0.0289478	0.0881685	0.42125420	-0.5856012	0.6551284
0.0881656	0.0390533	0.3126160	-0.87327920	-0.1740802	0.3163098
9.1139077	-0.1702481	0.6380049	0.16435270	0.3679693	-0.6224254
0.0716105	-0.2483822	-0.4631554	-0.19765890	-0.5189849	-0.6405078
-0.1707167	0.0136643	0.4659526	0.08445960	-0.8111264	-0.2974848

Porcentajes de la varianza total asociada con las componentes, en el orden de los autovalores:

1.797212 3.182097 15.86576 16.88813 24.10024 38.16655

CONSIDERACIONES

La primer componente principal explica un 38.17 % de la variación total, dado principalmente por el cuarzo y feldespato en oposición a líticos alterados y vidrio volcánico.

La segunda componente está dada fundamentalmente por la sílice disuelta junto con el feldespato y vidrio volcánico. Las dos primeras componentes se llevan un 62.27 % de la varianza total.

Al incorporar la tercer componente se aumenta el porcentaje de explicación a un 79.15 %, aunque esta componente está dada por cuarzo y feldespato.

En la figura 1a, se graficaron las variables en el plano de las dos primeras componentes principales. Puede observarse que la única variable poco explicada es la que corresponde a líticos frescos. La que aparece recién en la tercer componente. (fig. 1b).

Reduciendo sólo a dos dimensiones queda representado el 88.47 % de la variación de cuarzo, el 77.21 % de feldespato, el 52.28 % de líticos alterados, el 67.96 % de vidrio volcánico y el 74.64 % de la sílice disuelta.

La fidelidad con que se reconstruye la matriz de varianzas y covarianzas usando sólo las dos primeras componentes principales es del 78.74 %. Observando el gráfico de la figura 1 a y b y las correlaciones de las componentes puede decirse que:

La cantidad de sílice que entra en solución en medio alcalino (NaOH) depende en forma directa principalmente del contenido de vidrio volcánico en el agregado y en forma inversa, aunque no muy marcada del contenido de cuarzo. No hay una relación clara entre la sílice disuelta y el contenido de feldespatos y fragmentos líticos, aunque puede decirse que existe una clara relación inversa entre el cuarzo y feldespato vs. líticos alterados y vidrio volcánico, dado en la primer componente lo que explica un 38.17 % de la variación total.

En la segunda componente se nota una relación directa entre la sílice disuelta, el vidrio volcánico y el feldespato, aunque esto último se contraponen con lo anterior. Observando el gráfico de las variables en el plano de las dos componentes principales puede verse que no existe prácticamente relación entre la sílice disuelta y el contenido de feldespato.

La tercer componente está dada principalmente por el contenido en fragmentos líticos frescos, como puede verse en la figura 1b, aunque esta variable no tiene relación con la sílice disuelta.

Es por ello que se trabajará sólo con las dos primeras componentes principales ya que el porcentaje de explicación de la varianza total, es alto y se encuentran bien representados los minerales que tienen relación ya sea directa o inversa con la sílice aportada a la solución.

Observando el gráfico de la figura N° 2 donde están representadas las muestras de las diferentes canteras estudiadas en el plano de las dos primeras componentes principales, pueden determinarse cuatro grupos:

El grupo 1 está dado por muestras con un alto contenido en cuarzo, feldespato y líticos frescos y bajo en líticos alterados y vidrio volcánicos. La cantidad de sílice disuelta es baja. Estas muestras corresponden a las canteras Nro. 1 y 2 que resultaron inocuas con los métodos convencionales ensayados. (Barras de mortero y químico).

El grupo 2 tiene alto valor de Y2, dado por su elevado contenido en cuarzo y líticos alterados y bajo en feldespatos, líticos frescos y vidrio volcánico. La cantidad de sílice disuelta es baja. Las canteras 9 y 10 que corresponden a este grupo, también resultaron inocuas.

El grupo 3 tiene valores negativos de Y1 e Y2, lo que indica alta sílice disuelta dada por el elevado contenido de vidrio volcánico y abundantes líticos alterados y muy bajo contenido de cuarzo. Las muestras corresponden a las canteras 4, 5 y 6 que resultaron reactivas.

El grupo 4 está dado por el alto contenido de vidrio volcánico, cuarzo, y feldespato.

CONCLUSIONES

La cantidad de sílice que es puesta en solución al estar en contacto un agregado con una solución fuertemente alcalina ($\text{NaOH } 1 \text{ N}$), depende en forma directa del contenido de vidrio volcánico de la muestra y en forma inversa del contenido de fragmentos líticos tanto frescos como alterados y una baja relación con el contenido de feldespatos.

Existe una buena relación entre el cuarzo y feldespato en oposición al de líticos alterados y vidrio volcánico dado por la primer componente principal. Existe una relación directa con el contenido de los dos primeros minerales, no ocurriendo lo mismo con los dos últimos. La tercer componente está dada principalmente por el contenido en líticos frescos en contraposición al de feldespatos, trabajando sólo con las dos primeras componentes principales se explica el 62.27 % de la variación total.

Se pueden establecer cuatro grupos de muestras. El primero corresponde a las canteras 1 y 2 (ubicadas en la zona suburbana de Punta Alta), caracterizadas por el bajo contenido en vidrio volcánico y líticos alterados y poca sílice disuelta, y gran cantidad de cuarzo. Estas muestras resultaron inocuas por el método de ensayo químico y barras de mortero.

El grupo 2, dado por un alto valor de la segunda componente y negativo de la primera, se caracteriza por el bajo contenido en feldespato,

vidrio volcánico y líticos frescos y poca sílice disuelta. Corresponde a las canteras N°9 y 10 (Villalonga norte y sur respectivamente), que resultaron inocuas.

El grupo 3 tiene valores negativos en Y1 e Y2, se caracteriza por tener alto contenido en vidrio volcánico, líticos alterados y feldespatos y gran cantidad de sílice disuelta. Las canteras de este grupo resultaron reactivas.

Comparando los grupos con los resultados obtenidos en las barras de mortero, puede decirse que las muestras que aportan mayor cantidad de sílice al medio son reactivas y este aporte está dado fundamentalmente por la presencia de vidrio volcánico.

Este método permite, visualizar asociaciones minerales y determinar como se comporta el agregado frente a la reactividad potencial y las fuentes de aporte de sílice al medio.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado y al grupo GEACINA del Dpto. de matemáticas de la Universidad Nacional del Sur por facilitarnos los programas estadísticos y por el asesoramiento brindado.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

IRAM 1501 parte II (1976). Tamices de ensayo. Tamaños nominales de aberturas. Pag. 4 - 11.

IRAM 1627 (1980). Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones. Pag. 4 - 17.

IRAM 1637 (1966). Reacción álcali-agregado. Método de la barra de mortero para la determinación de la reactividad alcalina potencial.

IRAM 1649 (1968). Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de examen petrográfico. Pag. 1 - 10.

IRAM 1650 (1968). Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de ensayo químico. Pag. 3 - 15.

Maiza, P. J.; Marfil, S. A.; Sota, J. D y Batic, O. R. Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de reactividad potencial alcalina en agregados finos utilizados en Bahía Blanca, Prov. de Bs. As. Pag. 697 - 709.

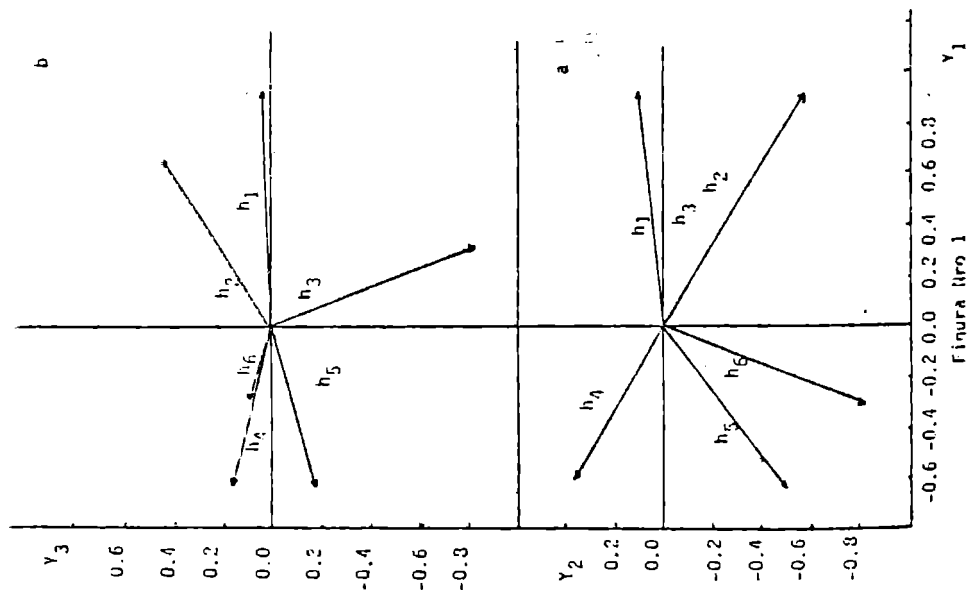


Figura No 1

