

MATRICES CEMENTICEAS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE GIRASOL

L. Señas¹, P. Maiza², S. Marfil³, C. Priano¹, J. Valea¹

¹ Dpto. de Ingeniería - UNS. Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina; ² Dpto. de Geología – UNS. Inv. CIC Prov. de Bs. As. – INGEOSUR. San Juan 670. B. Bca. Argentina; ³ Dpto. de Geología – UNS. Inv. CONICET– INGEOSUR. San Juan 670. B. Bca. Argentina

Resumen

Se estudió el comportamiento de morteros cementicios con la inclusión de cenizas provenientes de la calcinación de cáscara de girasol en caldera. Se estudiaron dos grupos diferentes de morteros, uno en el que se mantuvo la relación a/c constante, y otro en que se mantuvo la fluidez de las mezclas constante. Las proporciones de cenizas incorporadas fueron de 5 %, 10 % y 15 % respecto al peso del cemento utilizado. Se moldearon barras prismáticas de 40x40x160 mm, para la determinación del módulo de rotura a flexión y resistencia a compresión, a siete y veintiocho días de edad.

Cada uno de los morteros elaborados se analizó con microscopio petrográfico con luz polarizada, sobre secciones delgadas. No se observaron cambios texturales ni composicionales a nivel microscópico en los diferentes morteros analizados. A medida que se aumentó el tenor de cenizas incorporadas, se modificó la fluidez de la mezcla y los tiempos de fragüe con respecto al mortero patrón. El módulo de rotura y la resistencia a compresión de los morteros disminuyeron respecto al patrón, a medida que se incrementó el porcentaje de cenizas incorporadas.

Palabras clave: mortero, ceniza, cáscara, girasol

Introducción

Las cáscaras de girasol que se obtienen como deshecho en el proceso de obtención de aceite en la industria agroalimentaria tienen diversos usos, entre ellos como combustible alternativo para reemplazar un recurso no renovable como es el gas natural o el fuel oil en la alimentación de una caldera. En dicho proceso se generan cenizas como un subproducto. Parte de éstas se puede utilizar como fertilizante natural [1] y el excedente no se puede acopiar a cielo abierto debido al impacto ambiental que esto produciría.

Es escasa la información disponible acerca del impacto que provocan las cenizas ya que la mayor parte de la bibliografía disponible se concentra en evaluar la performance y durabilidad de materiales [2,3] y alertan sobre la posibilidad de contaminar por infiltración las capas superiores del suelo y el agua subterránea [4].

El objetivo del presente trabajo es estabilizar este material excedente mediante su inclusión en una matriz cementicia, evaluando por un lado la calidad del mortero y por otro, estableciendo condiciones de uso para optimizar su disposición final.

Material y Métodos

Se realizó un estudio experimental sobre los efectos de la incorporación de cenizas provenientes de la calcinación de cáscara de girasol, en el comportamiento de morteros cementicios.

Para la elaboración de los morteros se utilizó un cemento pórtland normal proveniente de una fábrica ubicada en la provincia de Buenos Aires, que cumple con la norma IRAM 50000 [5], agua desmineralizada y arena normalizada según lo indicado en norma IRAM 1622 [6]. La granulometría de la misma se indica en la Tabla 1.

La ceniza incorporada al mortero cementíceo es un material pulverulento de color gris claro, que se obtiene por calcinación de cáscara de girasol en la caldera. La distribución de tamaño de partículas varía entre 10 μm y 200 μm . En el material se encuentran principalmente potasio, calcio, magnesio, fósforo, aluminio, hierro y escasa sílice.

Tabla 1: Granulometría de la arena utilizada

Tamiz N°	10	12	18	35	100	170
% Retenido Acumulado	0	5	33	67	88	98

Se elaboraron seis morteros (cemento, agua y arena) diferentes, cuyas dosificaciones se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Dosificaciones de los morteros elaborados

	Mortero	Cemento (g)	Agua (g)	Arena (g)	Cenizas (g)
Grupo I	P	500	250	1500	---
	5%	500	250	1500	25
	10%	500	250	1500	50
Grupo II	5% ₂	500	298	1500	25
	10% ₂	500	358	1500	50
	15% ₂	500	380	1500	75

En el grupo I, formado por tres dosificaciones, se mantuvo constante la relación a/c (cociente entre el peso de agua y el peso de cemento). El mortero denominado P (Patrón), no incluye cenizas. A las otras dos mezclas se le incorporó un 5% y un 10% en peso del cemento utilizado, denominados 5% y 10%, respectivamente.

Los morteros del grupo II fueron elaborados a partir de mantener constante la fluidez de las mezclas. En este caso no se modificó el contenido de cemento pero se aumentó el tenor de agua de cada pastón, con el fin de no cambiar la consistencia respecto a la del patrón. En este segundo grupo se estudiaron tres dosificaciones distintas con inclusiones de cenizas de: 5%, 10% y 15% respecto al peso de cemento utilizado, denominadas 5%₂, 10%₂ y 15%₂.

Para la elaboración de los morteros se utilizó una mezcladora mecánica normalizada (ASTM C305-65) [7], y la metodología descrita en la norma IRAM 1622. Antes de moldear las probetas se midió la consistencia de cada una de las diferentes mezclas, con una mesa de fluidez (ASTM C230-65T) [8].

De cada uno de los diferentes pastones, se moldearon seis barras prismáticas de 40x40x160 mm, según lo indicado en la norma IRAM 1622. Éstas se utilizaron para la determinación del módulo de rotura a flexión y resistencia a compresión (Normas ASTM C348-63T [9] y ASTM C349-64 [10] respectivamente).

Una vez desmoldadas las muestras se mantuvieron en ambiente de laboratorio sumergidas en agua a 20 °C hasta la fecha de ensayo. Cada conjunto de probetas se curó en forma independiente. Se ensayaron muestras a los siete y veintiocho días de elaboradas.

Es importante evaluar las características de la pasta cementícea y de la zona de interfase de los morteros con y sin cenizas, para poder determinar si existen diferencias entre unos y otros. Para ello, se realizó un estudio petrográfico de las muestras con un microscopio petro-calcográfico Olympus BH-2, se trabajó sobre secciones delgadas con luz transmitida.

Resultados

a) Propiedades del mortero en estado fresco

Los resultados del grado de fluidez de cada una de las mezclas, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Grado de fluidez de las mezclas elaboradas

Mortero	Grupo I			Grupo II		
	P	5%	10%	5% ₂	10% ₂	15% ₂
Grado de Fluidez	1,84	----	----	1,79	1,86	1,84

En el primer grupo, en el que se mantuvo constante la cantidad de agua, a medida que aumentaba el tenor de cenizas incorporadas, la mezcla resultaba más rígida. En ningún caso se pudo medir el grado de fluidez debido a las características del mortero resultante. Cuando se intentó adicionar un 15% de cenizas, respecto al peso del cemento, el material obtenido resultó de docilidad nula, lo que impidió el moldeo de las barras. Por ello se hizo un segundo grupo donde se mantuvo constante la cantidad de cemento y la fluidez. A medida que se aumentó la cantidad de cenizas incorporadas, se debió aumentar el volumen de agua de mezclado (columna 4 de la Tabla 2). En la Tabla 3, se observa que en el segundo grupo, la fluidez de todos los pastones es semejante.

La presencia de las cenizas, en cualquiera de los porcentajes utilizados, demoró notablemente el principio y fin de fragüe con respecto al que presentó el mortero patrón. Una vez iniciado el proceso de endurecimiento, éste continuó con normalidad. En el mortero patrón el período de fragüe culminó a las 3 h 45 min., en cambio en las muestras con adición de cenizas, este período se extendió hasta 8 h 15 min.

b) Propiedades del mortero en estado endurecido

Los resultados del peso por unidad de volumen (PUV) de cada uno de los morteros se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4: Peso por unidad de volumen de los morteros

Mortero	Grupo I			Grupo II		
	P	5%	10%	5% ₂	10% ₂	15% ₂
PUV (g/cm ³)	2,273	2,261	2,148	2,270	2,199	2,148

Se puede observar una leve disminución en el peso unitario del mortero a medida que aumenta el porcentaje de cenizas incorporadas.

Se realizaron ensayos para la determinación del módulo de rotura a flexión y resistencia a compresión, a las edades de 7 y 28 días, según lo indicado en la norma IRAM 1622. (Normas ASTM C348-63T y ASTM C349-64 respectivamente). Los resultados se detallan en la Tabla 5.

Se observa que para todos los morteros con inclusión de cenizas, el módulo de rotura y la resistencia a compresión, bajan su valor respecto al patrón, es decir respecto al que no contiene cenizas. Esto se cumple cualquiera sea el porcentaje de inclusión, verificándose que a mayores tenores de cenizas incorporadas, mayor es la disminución del valor de la resistencia.

En las figuras 1 y 2 se puede comparar los resultados de resistencias de los diferentes morteros.

Tabla 5: Resultados ensayos de resistencia a flexión y compresión

Mortero	Módulo de resist. a flexión (MPa)		Resistencia a compresión (MPa)	
	7 días	28 días	7 días	28 días
P	3,2	5,0	30,3	37,8
5%	3,0	3,8	22,8	26,9
10%	2,6	3,1	13,8	16,4
5%₂	2,9	3,7	17,3	21,3
10%₂	2,3	3,2	12,8	17,9
15%₂	2,4	3,0	8,9	14,6

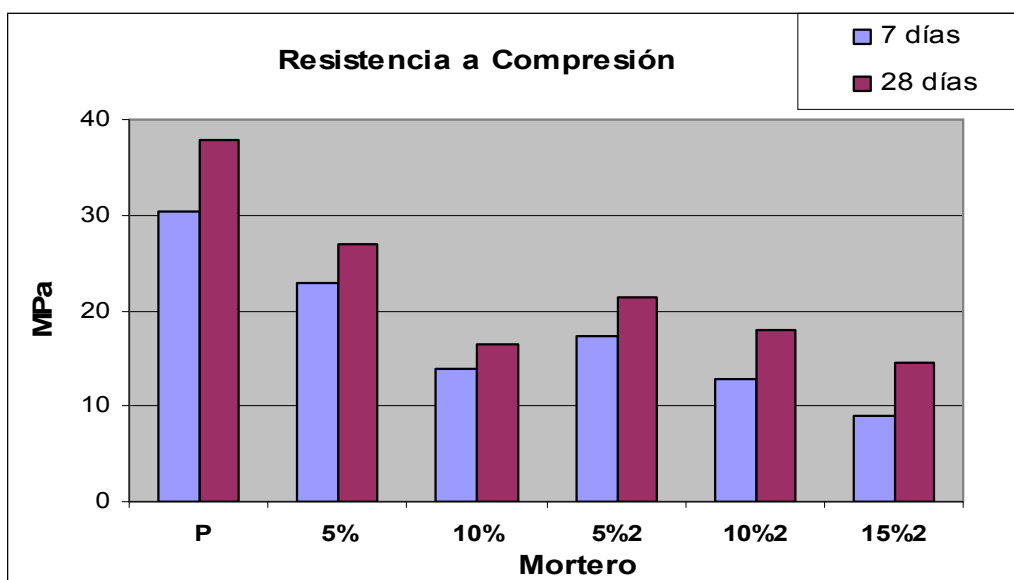


Figura 1: Resistencia a compresión

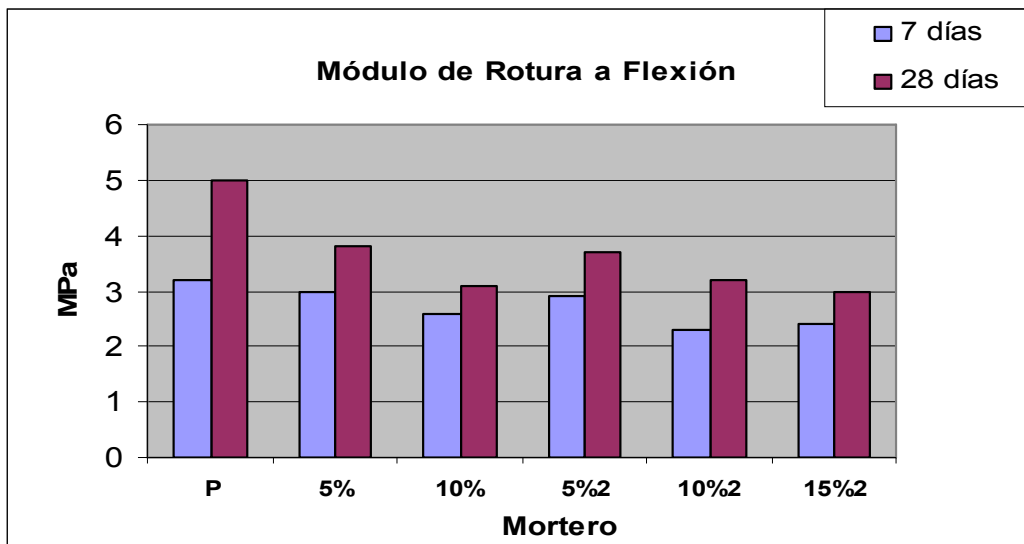


Figura 2: Módulo de rotura a flexión

c) Microscopía de polarización sobre los morteros

Se trabajó sobre secciones delgadas de cada uno de los morteros del grupo I: Patrón, 5% y 10%; y del grupo II: 5%₂, 10%₂ y 15%₂. Las observaciones se realizaron con luz paralela (sin nicol analizador), a diferentes escalas para observar la textura del mortero (x100) y las características microscópicas de la pasta (x500).

El propósito es determinar si se observan diferencias entre los morteros con ceniza respecto de la muestra patrón. Se puso especial énfasis en las zonas de contacto agregado-mortero, fisuración, procesos de reacción, porosidad, a fin de evaluar el efecto que produce a nivel microscópico la presencia de la ceniza.

El agregado fino es una arena natural de tamaño homogéneo, con buen redondeamiento constituida en forma predominante por cuarzo.

Las figuras 3a y 3b, corresponden a las probetas patrón. Las figuras 3c y 3d muestran las características texturales y morfológicas del mortero con 5 % de ceniza (grupo I) y las 3e y 3f corresponden al mortero con 10 % de ceniza (x100 y x500 respectivamente).

En la figura 4 se muestra las características de los morteros del grupo II. Las 4a y 4b corresponden a una adición del 5 %₂ (x100 y x500 respectivamente), las figuras 4c y 4d al mortero con 10 %₂ de ceniza incorporada (x100 y x500 respectivamente) y las 4e y 4f corresponden al mortero con 15 %₂ de ceniza en las mismas magnificaciones que en las fotomicrografías anteriores.

Se observa que el contenido de aire accidental es mayor en el mortero patrón que en los morteros con inclusión de ceniza. En ningún caso se observó desarrollo de procesos de reacción ni microfisuramiento. Los contactos agregado – mortero son netos. La incorporación de ceniza no afecta las características texturales ni morfológicas del mortero. Cuando se observa la pasta con detalle, el color es más oscuro debido a la materia carbonosa, producto del residuo de la cáscara de girasol que no alcanzó la combustión total.

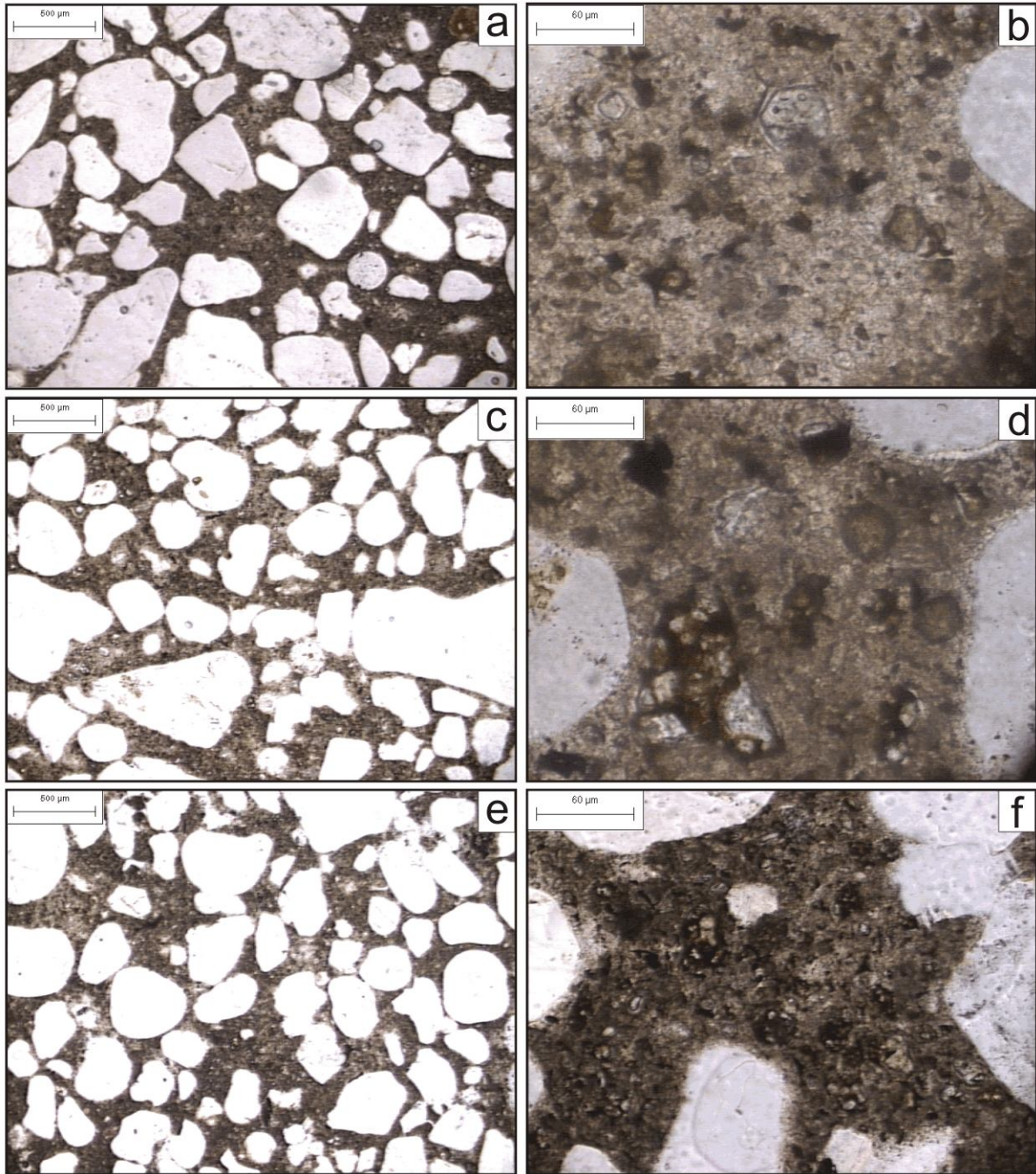


Figura 3: Microscopía óptica con luz paralela. Morteros con relación a/c constante (Grupo I).
a: características texturales del mortero patrón.
b: detalle de la morfología de la pasta patrón.
c: textura del mortero con 5 % de ceniza de cáscara de girasol.
d: detalle de la figura 3c.
e: mortero con 10 % de ceniza.
f: detalle de la figura 3e.

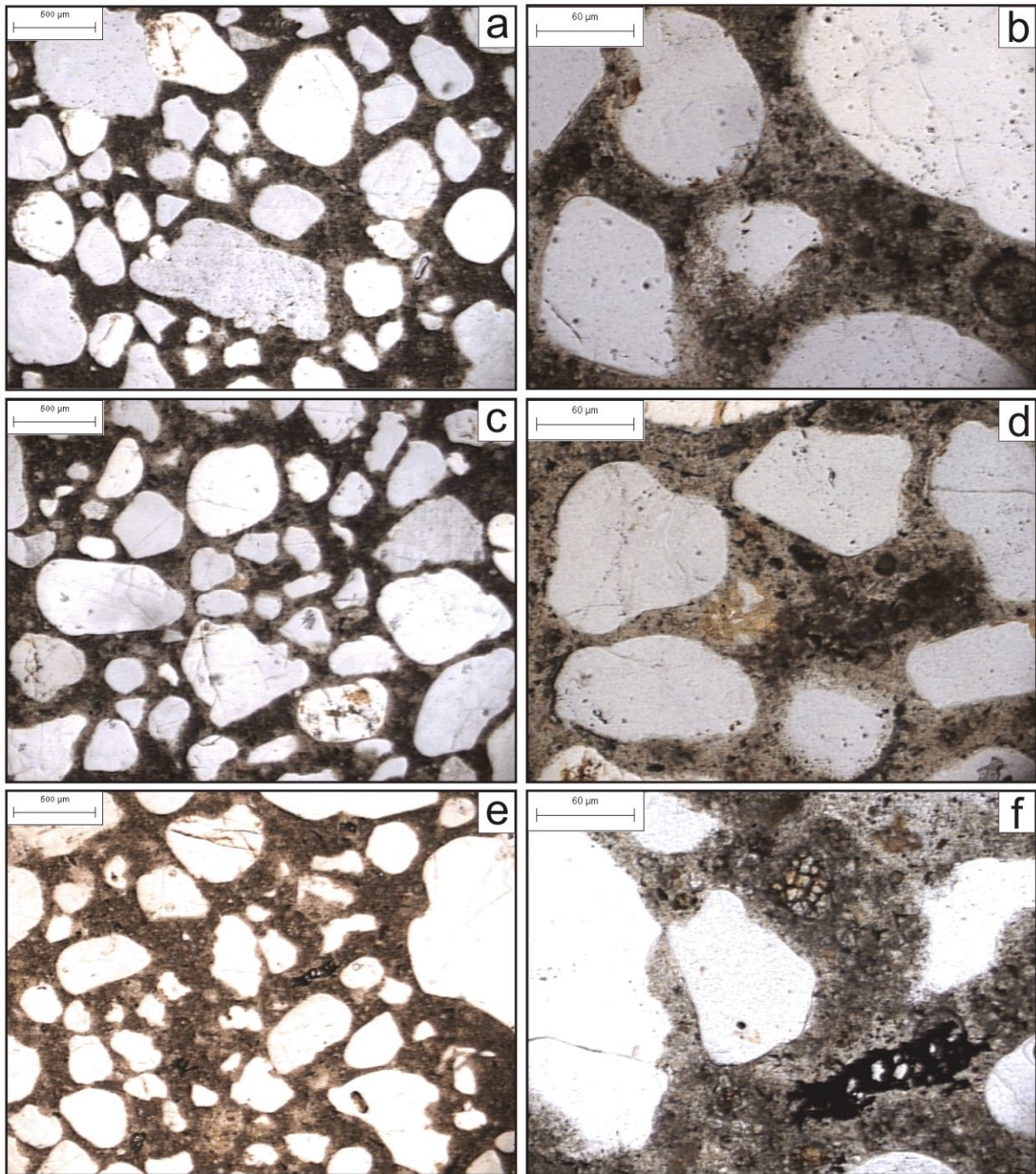


Figura 4: Microscopía óptica con luz paralela. Morteros con fluidez constante (Grupo II).
a: textura del mortero con 5 %₂ de ceniza de cáscara de girasol.
b: detalle de la figura 4a.
c: características del mortero con adición de 10 %₂ de ceniza.
d: detalle de la figura 4c.
e: mortero con 15 %₂ de ceniza.
f: detalle de la figura 4e.

Conclusiones

- A medida que se aumenta el tenor de cenizas incorporadas, la mezcla resulta más rígida, la fluidez disminuye y el material se torna poco trabajable.
- La presencia de las cenizas demora el principio y fin de fragüe con respecto al que presenta el mortero patrón. Una vez iniciado el período de endurecimiento, el proceso continúa con normalidad.
- El módulo de rotura y la resistencia a compresión de los morteros con inclusión de cenizas, disminuyen respecto al patrón. La disminución de la resistencia a la compresión es mayor a medida que se incrementa el porcentaje de cenizas incorporadas, oscilando entre un 43% y un 61%, en las muestras a 28 días.
- No se observan cambios texturales ni composicionales a nivel microscópico en los diferentes morteros, con o sin cenizas.
- La inclusión de las cenizas en matrices cementiceas no resulta económicamente viable debido a la importante merma en las resistencias mecánicas en relación con el porcentaje utilizado. Se considera que esta alternativa no es útil, debido a que perjudica las propiedades mecánicas del mortero, y las cantidades utilizadas no son significativas frente a la producción de cenizas de la industria.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería, Departamento de Geología y a la SECyT de la Universidad Nacional del Sur, a la CIC y al CONICET por el apoyo brindado para el desarrollo de estas investigaciones y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la compaginación de las fotografías.

Bibliografía

- [1] Penichet Cortiza, M., Guerra Garcés, M., Carballo García, P. “El girasol. Sus posibilidades económico-productivas en el desarrollo agropecuario”. Observatorio de la Economía Latinoamericana N° 95, 13 pág. 2008.
- [2] Klich, I., Batchelor, B., Wilding L., Drees, L. “Mineralogical alterations that affect the durability and metals containment of aged solidified and stabilized wastes”. Cement and Concrete Research. Vol. 29, pp.1433-1440. 1999.
- [3] Señas, L., Valea, J., Maiza, P., Marfil, S. “Mortero cementicios con polvos de acería, Su impacto ambiental”. Brasil. Revista Materia. Vol. 9 - Número 1. pp. 55-59. 2004.
- [4] Domínguez, E., Ullman, R. “Ecological bricks made with clays and steel dust pollutants”. Applied Clay Science. Vol. 11, pp 237-249. 1996.
- [5] IRAM 50000: “Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción”. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 40 pág. 2010.
- [6] IRAM 1622: “Cemento pórtland. Determinación de resistencias mecánicas”. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 23 pág. 2006.
- [7] ASTM C305-65: “Mechanical mixing of hidraulic cement pastes and mortars of plastic consistency”. American Society for Testing and Materials. pp. 315-318. 1965.
- [8] ASTM C230-65T: “Flow table for use in tests of hidraulic cement”. American Society for Testing and Materials. pp. 233-237. 1965.
- [9] ASTM C348-63T: “Flexural strength of hidraulic cement mortars”. American Society for Testing and Materials. pp. 323-331. 1963.
- [10] ASTM C349-64: “Compressive strength of hidraulic cement mortars (using portions of prisms broken in flexure)”. American Society for Testing and Materials. pp. 332-335. 1964.