



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

Dr. Alexandre Corgne
Profesor Asociado
Instituto de Ciencias de la Tierra

Valdivia, 19 de noviembre 2019

Identificación de componentes de perdigones por Microscopía Electrónica de Barrido-EDX

Este estudio solicitado por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería busca determinar la composición de los compuestos no orgánicos potencialmente presentes en perdigones de “goma” disparados por Carabineros de Chile en la ciudad de Valdivia en el contexto de las últimas manifestaciones.

1. Muestra

Se preparó una sección pulida de 3 perdigones entregados por Dr. Ing. Christian Lazo Ramírez de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (Fig. 1). Siguiendo protocolos estándares, los perdigones fueron montados en resina acrílica ocupando un molde de una pulgada de diámetro, luego seccionados transversalmente con una sierra de precisión para exponer por completo la estructura interna, y finalmente pulidos con papel de lija (400-1200 GRIT) y polvo de alúmina de 3 μm .

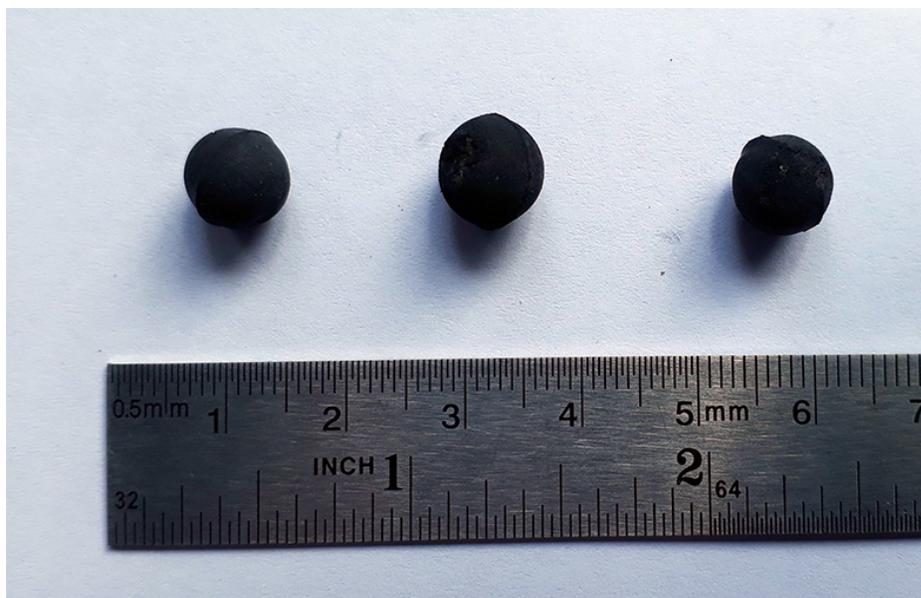


Fig. 1. Muestra de 3 perdigones considerados en el presente estudio

2. Análisis

La muestra fue analizada en la Unidad de Microscopía Electrónica de la UACH con el microscopio electrónico de barrido (MEB), modelo EVO MA-10 marca Zeiss equipado con un espectrómetro de dispersión de energía (EDX) de marca Oxford Instruments. Esta configuración estándar permite



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

realizar un estudio tanto morfológico como químico semi-cuantitativo de los microcomponentes que conforman los perdigones.

3. Resultados

Los análisis MEB-EDX realizado en la UACH confirman resultados obtenidos por otro estudio independiente de la Universidad de Chile (http://www.uchile.cl/documentos/estudio-de-perdigones-fcm-u-de-chile-pdf-completo_159315_0_4801.pdf). Nuestras observaciones indican que los 3 perdigones contienen la misma variedad de componentes microscópicos no orgánicos. Las dimensiones de estos componentes son generalmente inferiores a 30 μm , pero ocasionalmente algunos superan los 100 μm (Fig. 2).

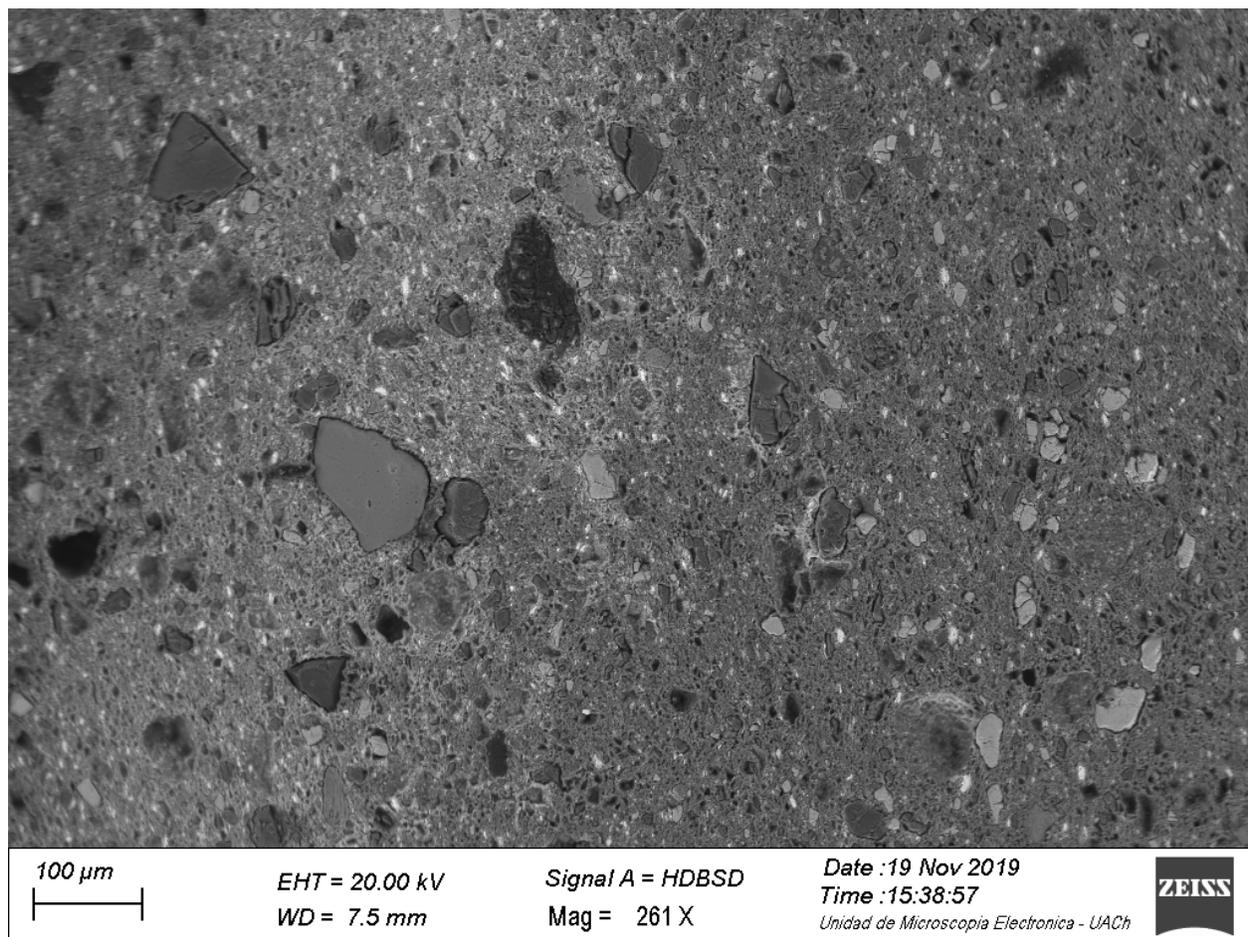


Fig. 2. Microfotografía MEB de electrones retrodispersados mostrando dimensiones características de los componentes inorgánicos encontrados en los perdigones. Escala 100 μm (0,1mm).



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

Mediante el uso de análisis EDX en modo puntual y modo mapeo químico, confirmamos la predominancia de óxido y sulfato de plomo, sulfato de bario y sílice en los tres perdigones analizados. También estos perdigones contienen compuestos de Fe-O (posiblemente ferrita o magnetita considerando el magnetismo de los perdigones evidenciado al acercar un imán), Ca-O (posiblemente carbonato), Mn-Ba-O y escasa cromita. Estos componentes adicionales no fueron mencionados en el estudio de la Universidad de Chile.

A continuación se presentan algunas de las observaciones realizadas para comprobar e ilustrar los resultados ante señalados (Fig. 3-8). En anexos se presenta la totalidad de resultados obtenidos para los tres perdigones analizados.

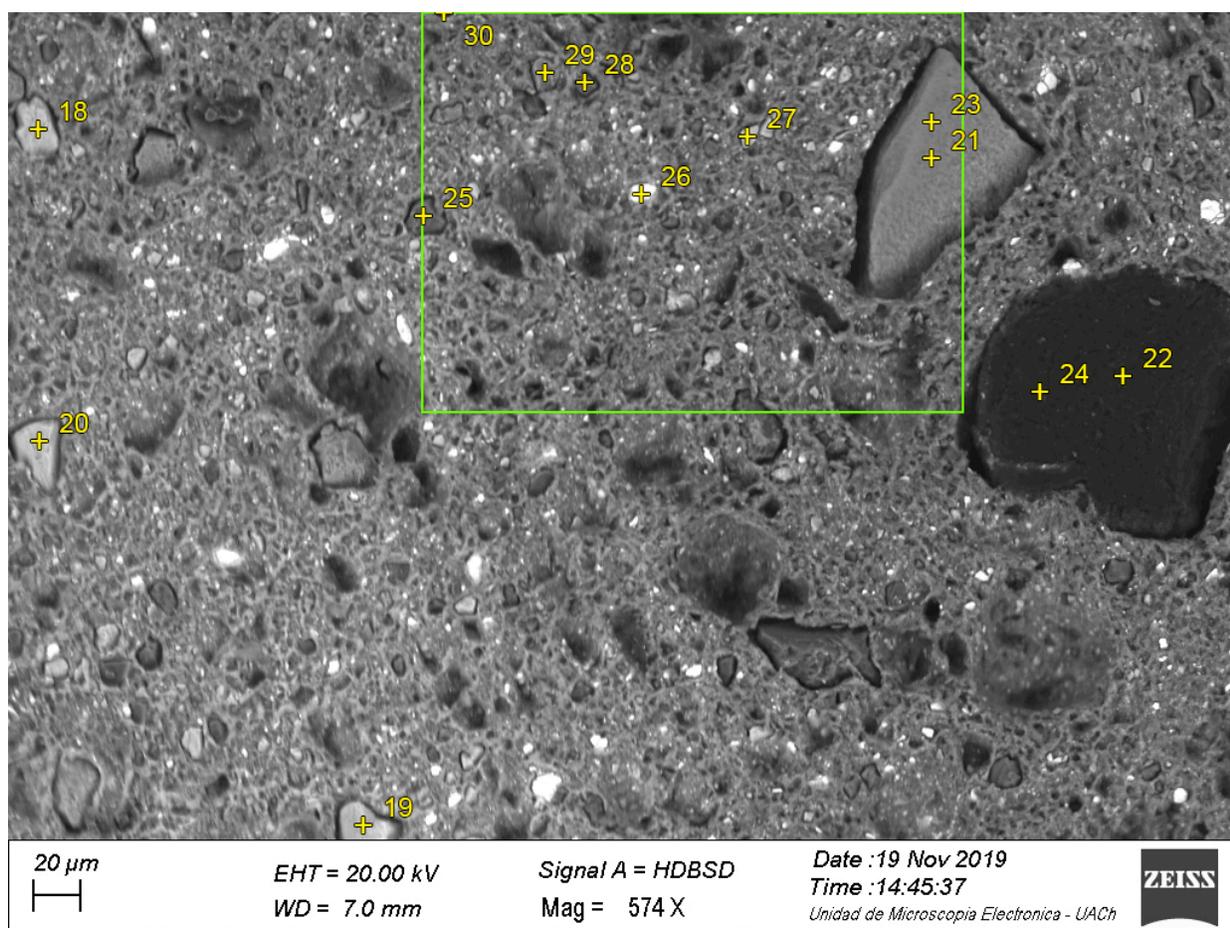


Fig. 3. Microfotografía MEB de electrones retrodispersados indicando ubicación de análisis químicos puntuales (en amarillo) y zona de mapeo químico (en verde). Los resultados correspondientes están entregados en la Figura 4 (análisis puntuales) y en la Figura 5 (mapeo).



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

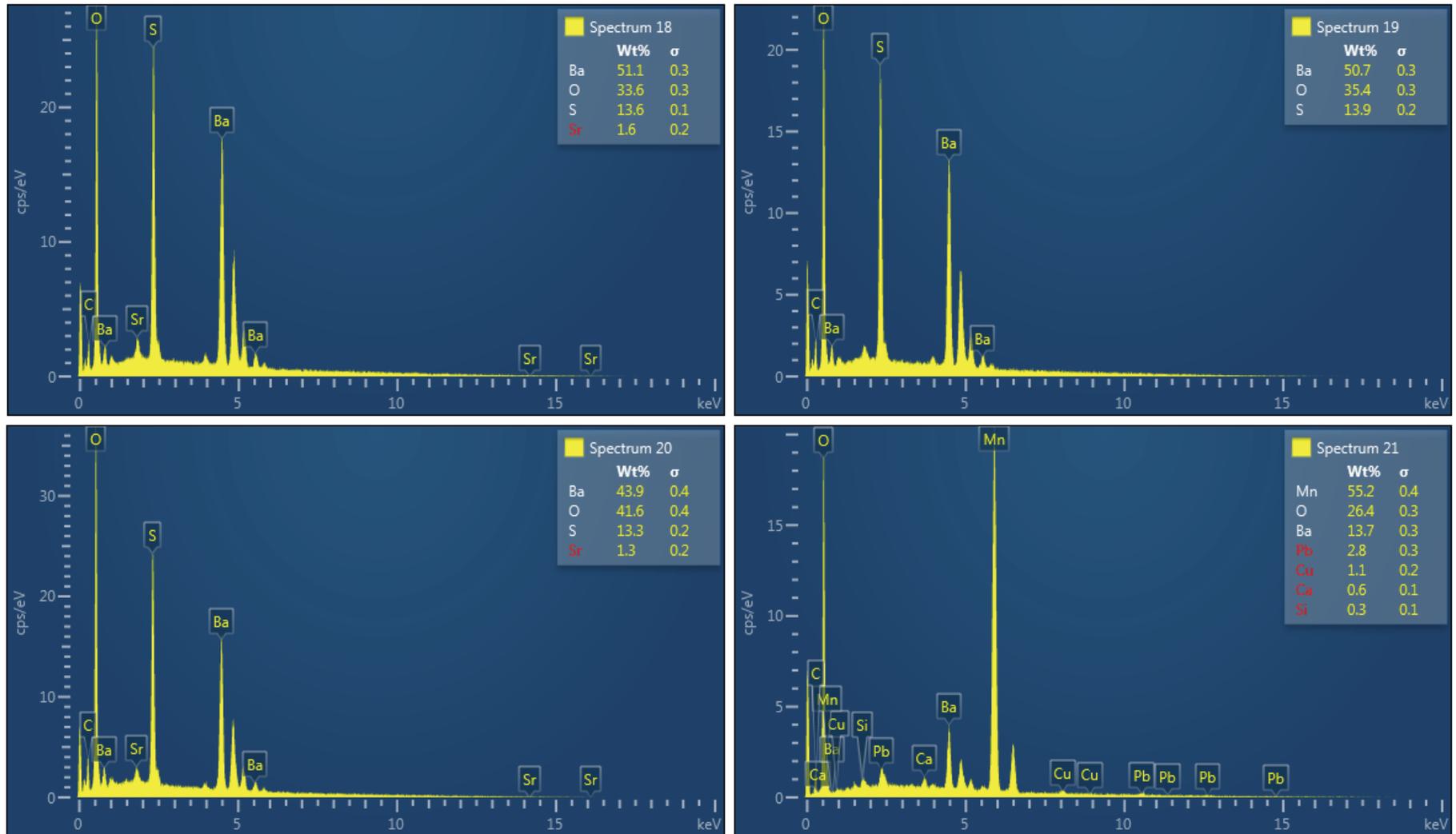


Fig. 4. Ejemplo de resultados de análisis puntuales EDX de los componentes inorgánicos de perdigones demostrando la presencia de sulfatos de Ba, óxido de plomo, y otros compuestos de Fe, Mn-Ba y Ca. Ver Figura 3 para la ubicación de los puntos analizados.



Universidad Austral de Chile
Instituto de Ciencias de la Tierra

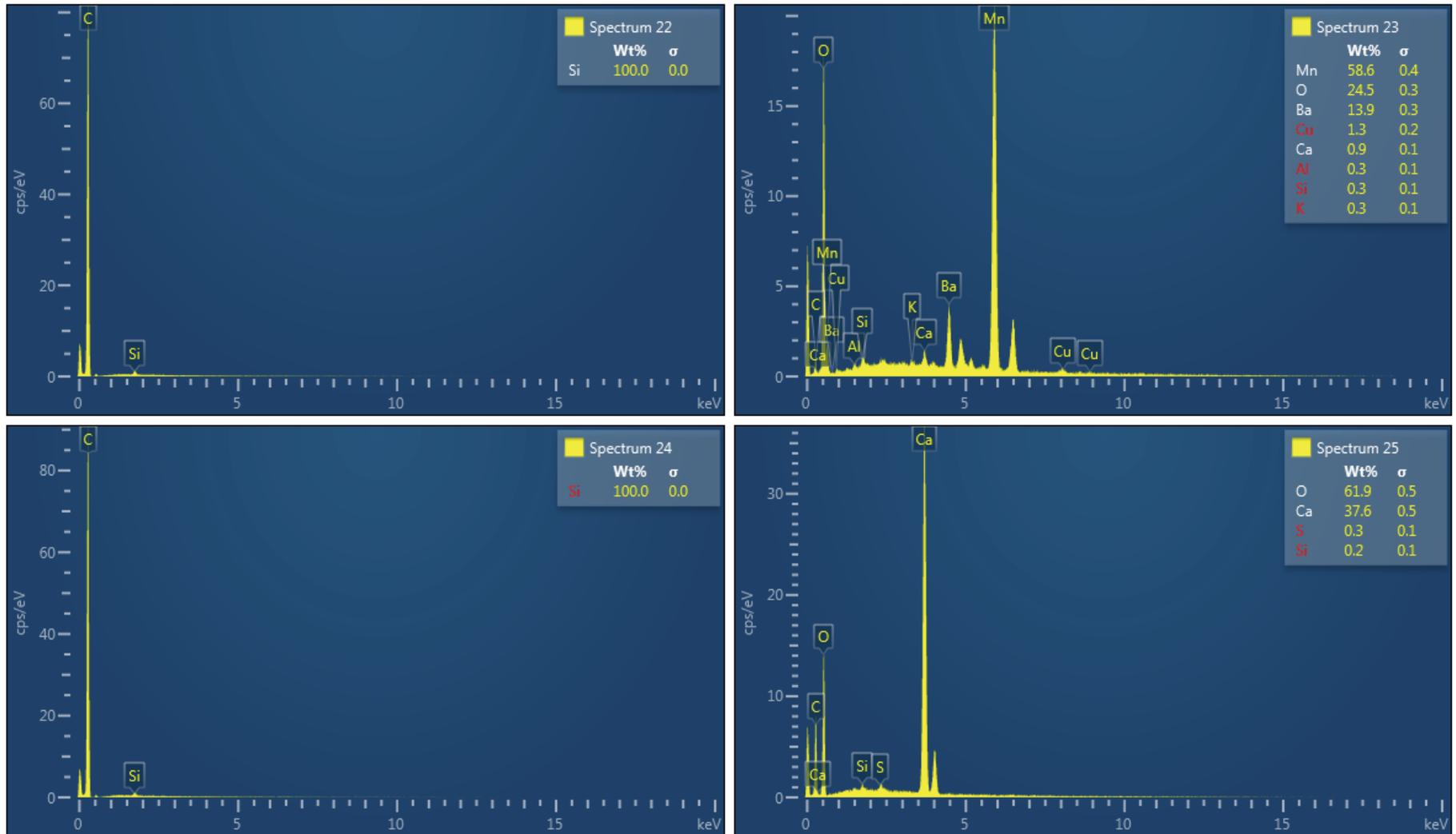


Fig. 4. Continuación.



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

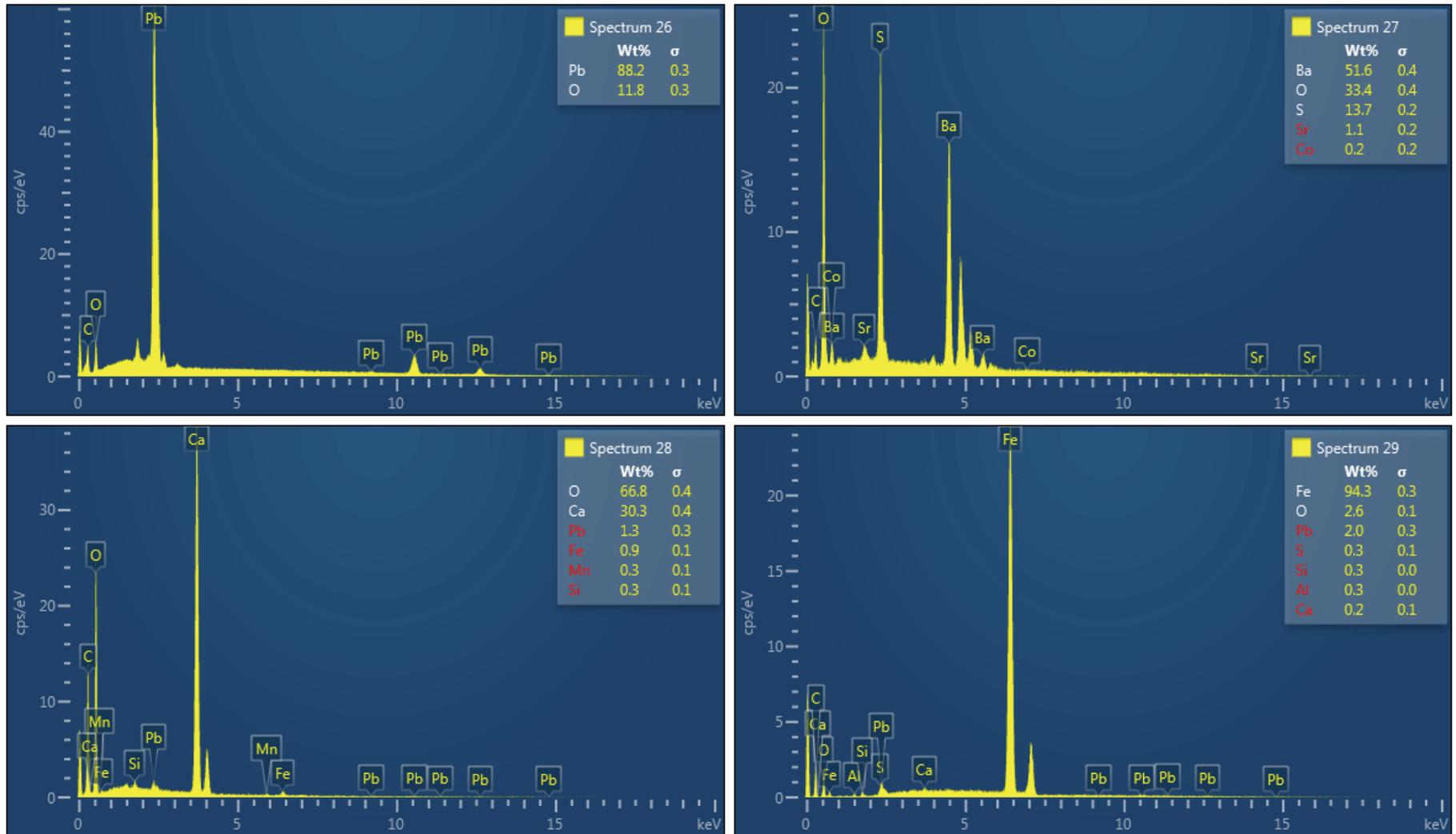


Fig. 4. Continuación.

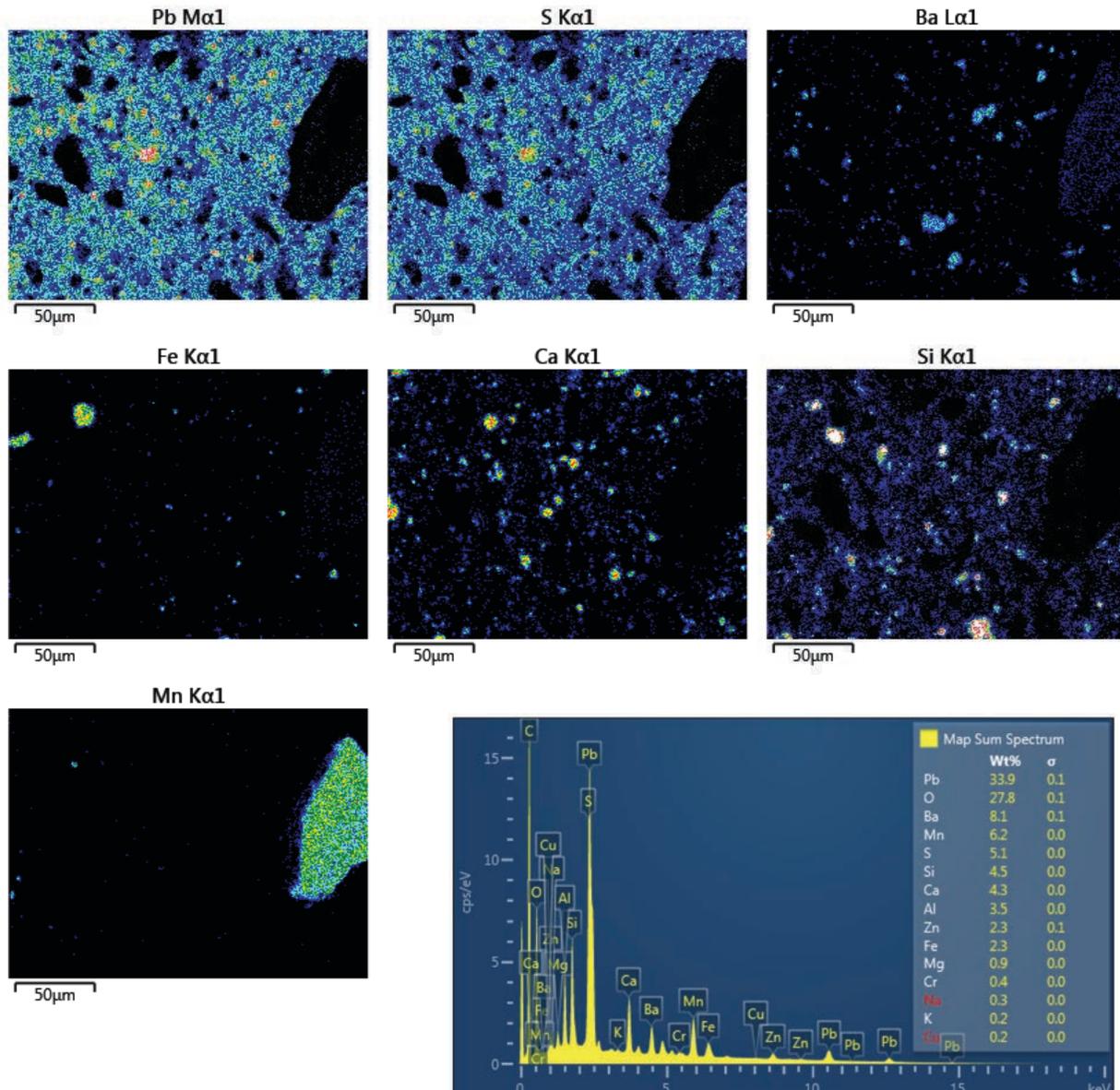


Fig. 5. Ejemplo de mapeo químico de la zona destacada en Figura 3 demostrando la presencia de compuestos inorgánicos de sulfato de plomo, bario, manganeso, calcio, hierro y silicio. El espectro abajo a la derecha presenta un promedio de la composición química de la zona mapeada, normalizada a 100% de los elementos detectados por el EDX. Aunque no considera la presencia de elementos ligeros como C, N, H, etc., evidencia el contenido relativamente alto en plomo de los perdigones.



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

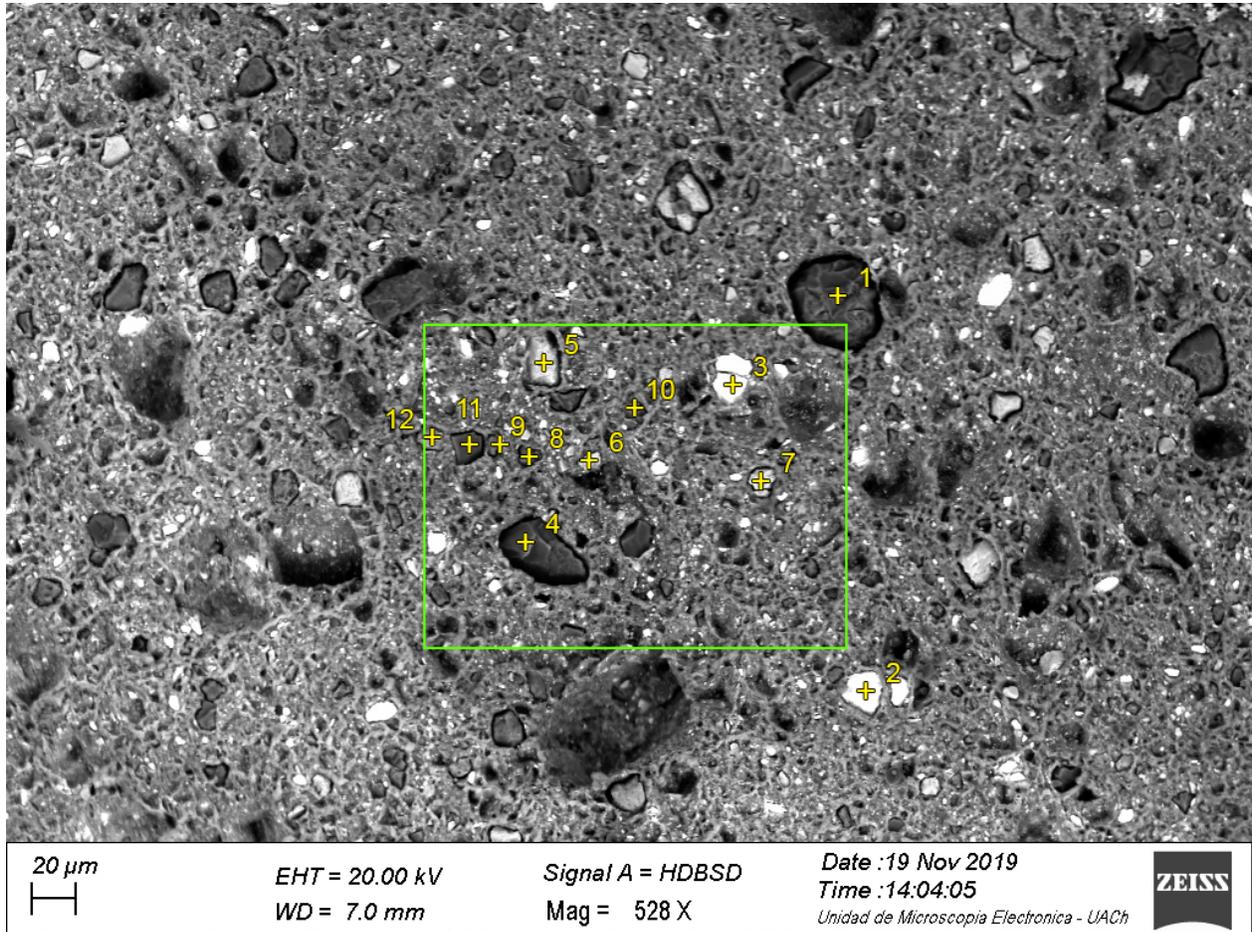
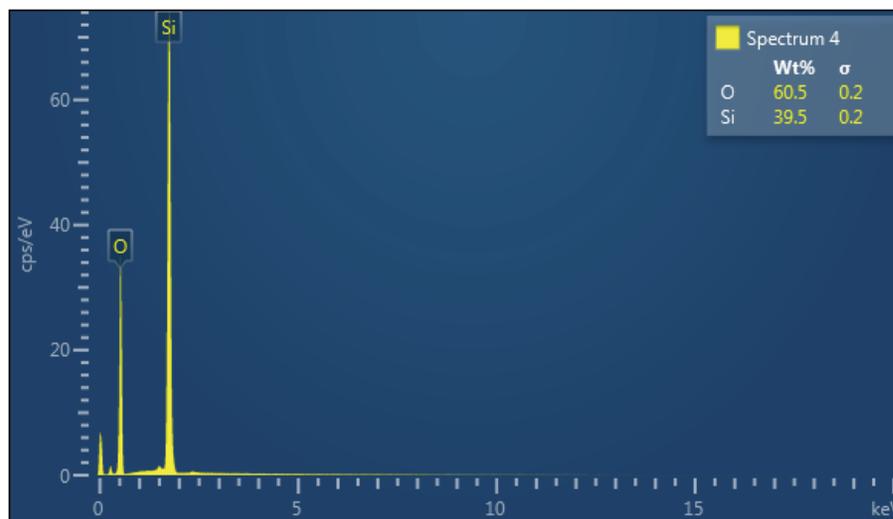
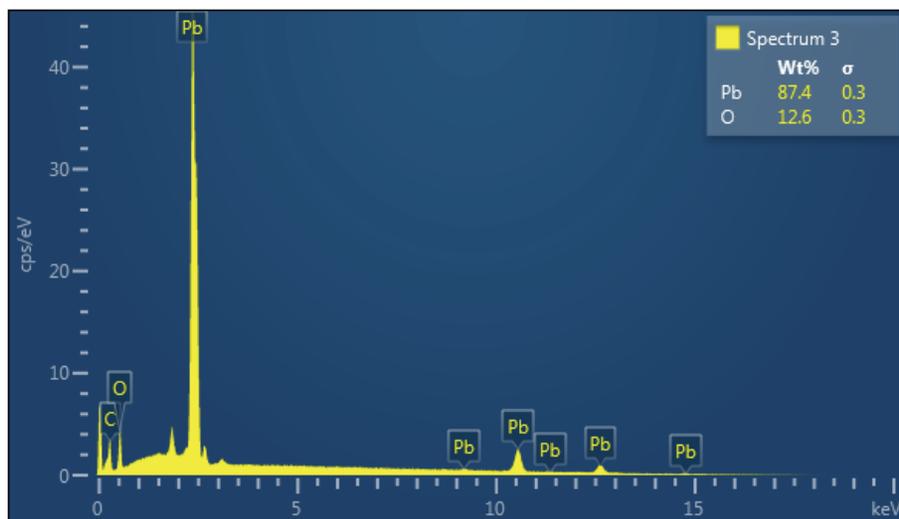
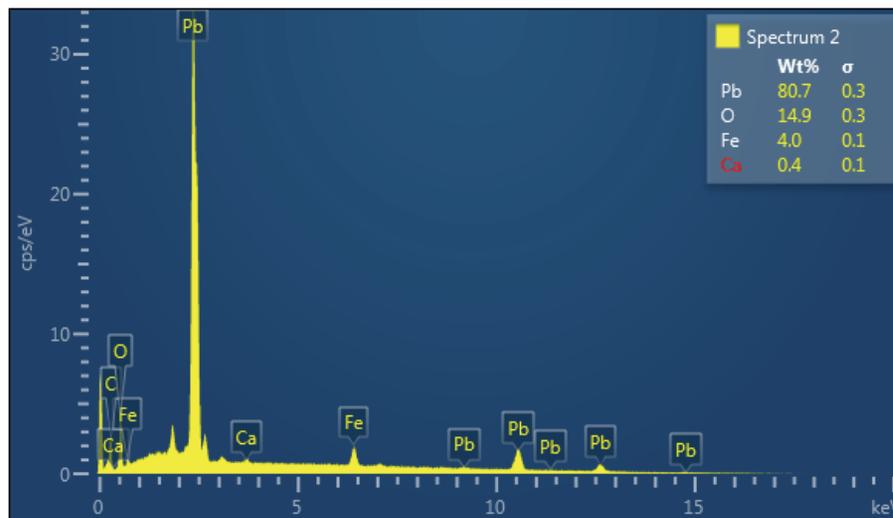
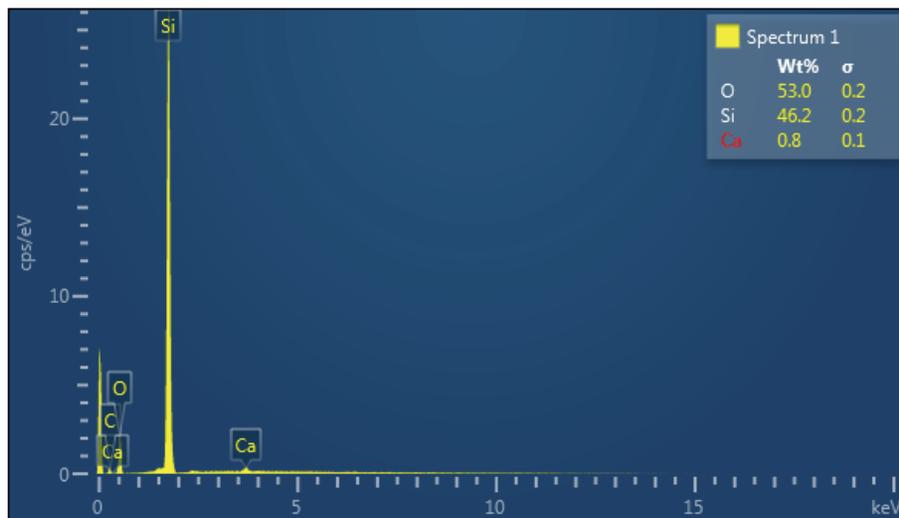


Fig. 6. Microfotografía MEB de electrones retrodispersados de otro sector del mismo perdigón que en las Figuras 3 a 5. Se indica la ubicación de los análisis químicos puntuales (en amarillo) y zona de mapeo químico (en verde). Los resultados correspondientes están entregados en la Figura 7 (análisis puntuales) y en la Figura 8 (mapeo).



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra





Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

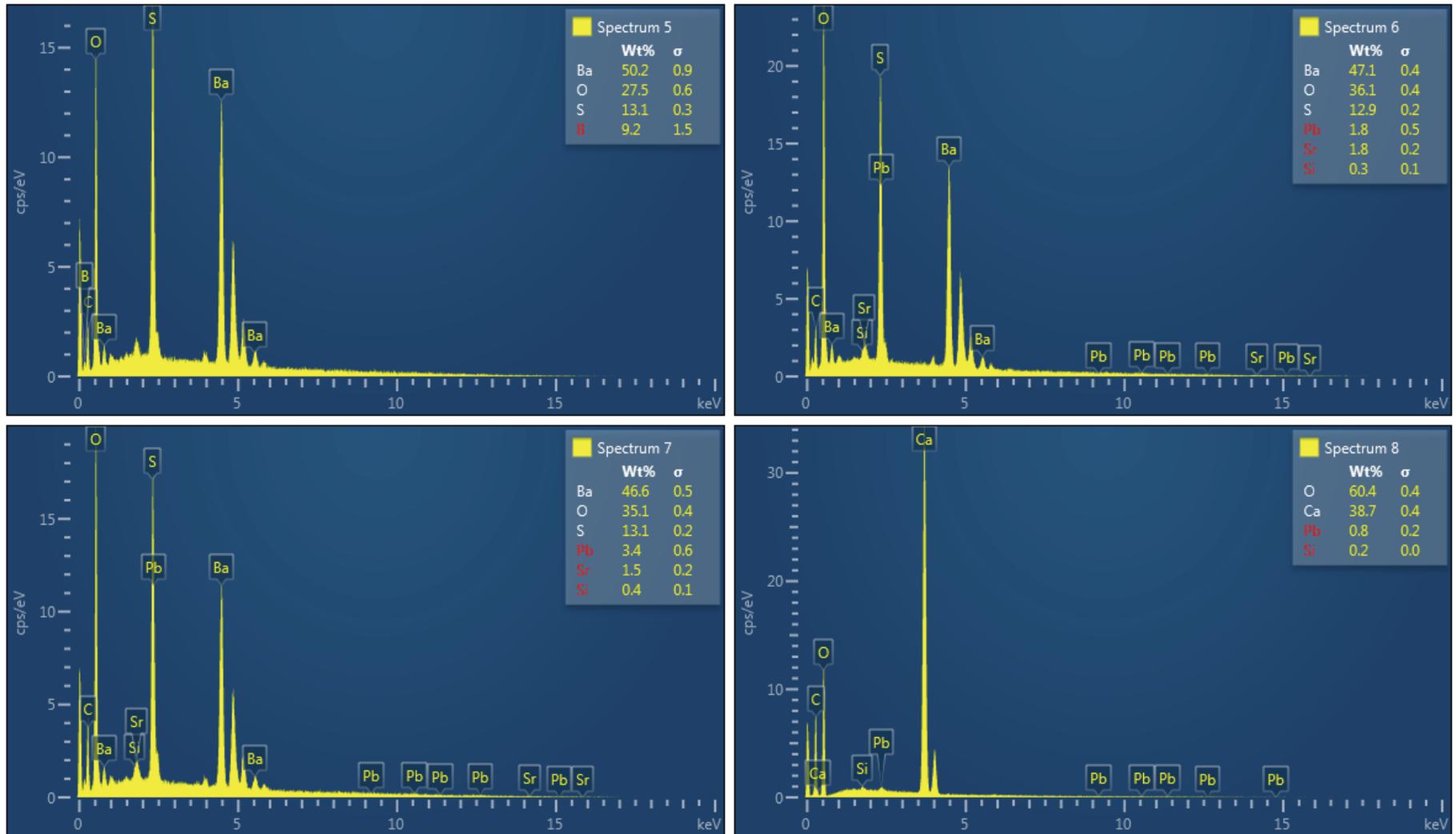
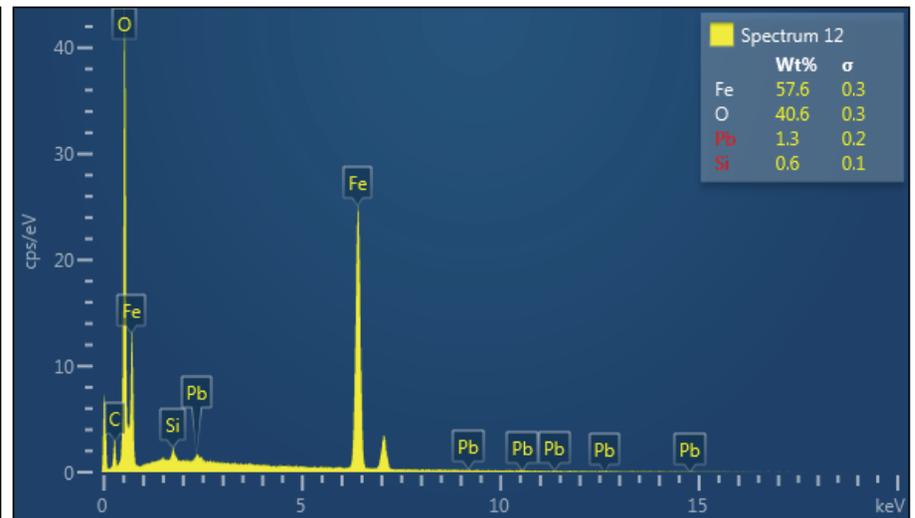
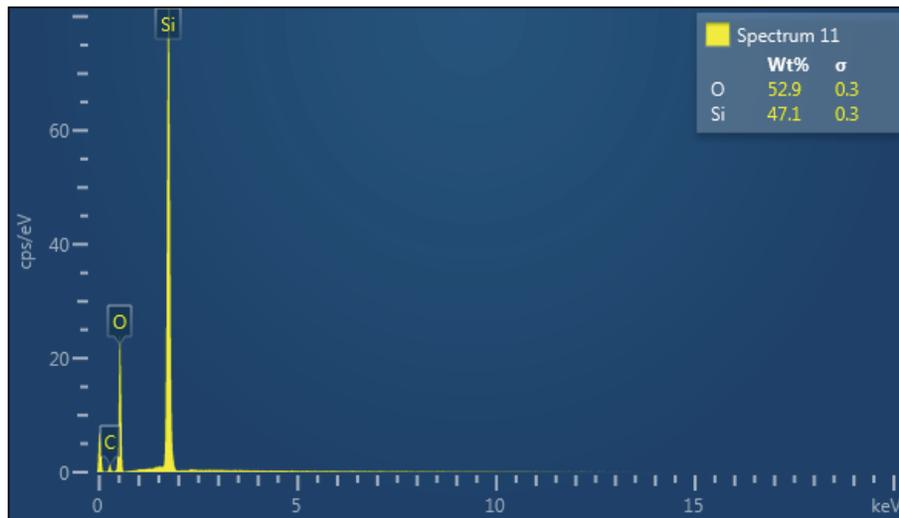
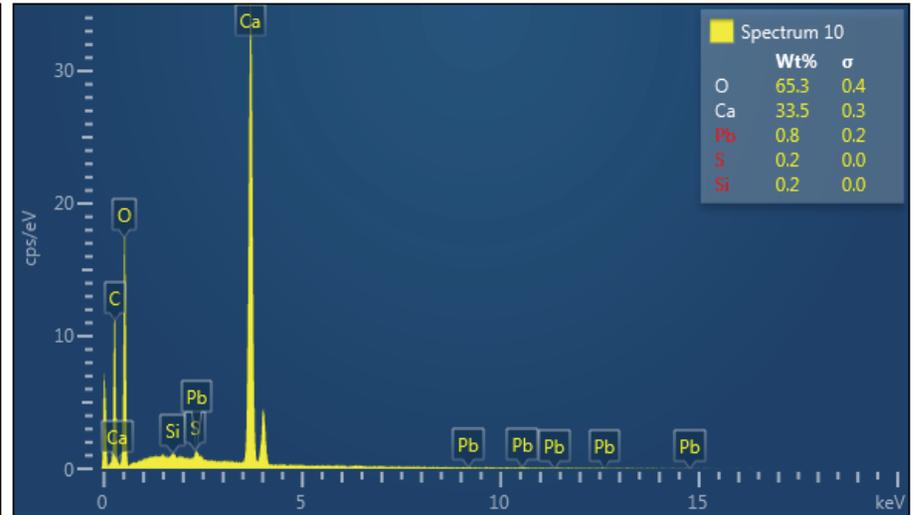
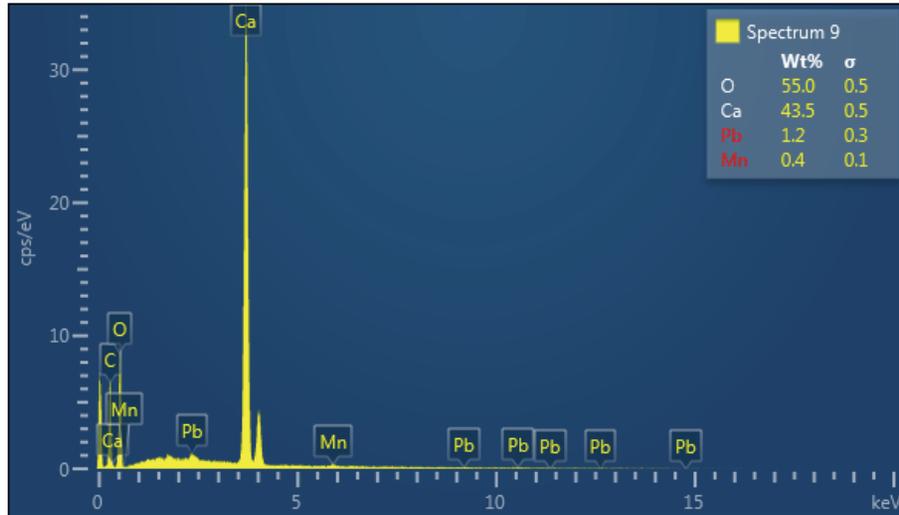


Fig. 7. Resultados de análisis puntuales EDX de los componentes inorgánicos de perdigones demostrando la presencia de sulfatos de Ba, óxido de plomo, sílice y otros compuestos de Fe-O y Ca-O. Ver Figura 6 para la ubicación de los puntos analizados.



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra



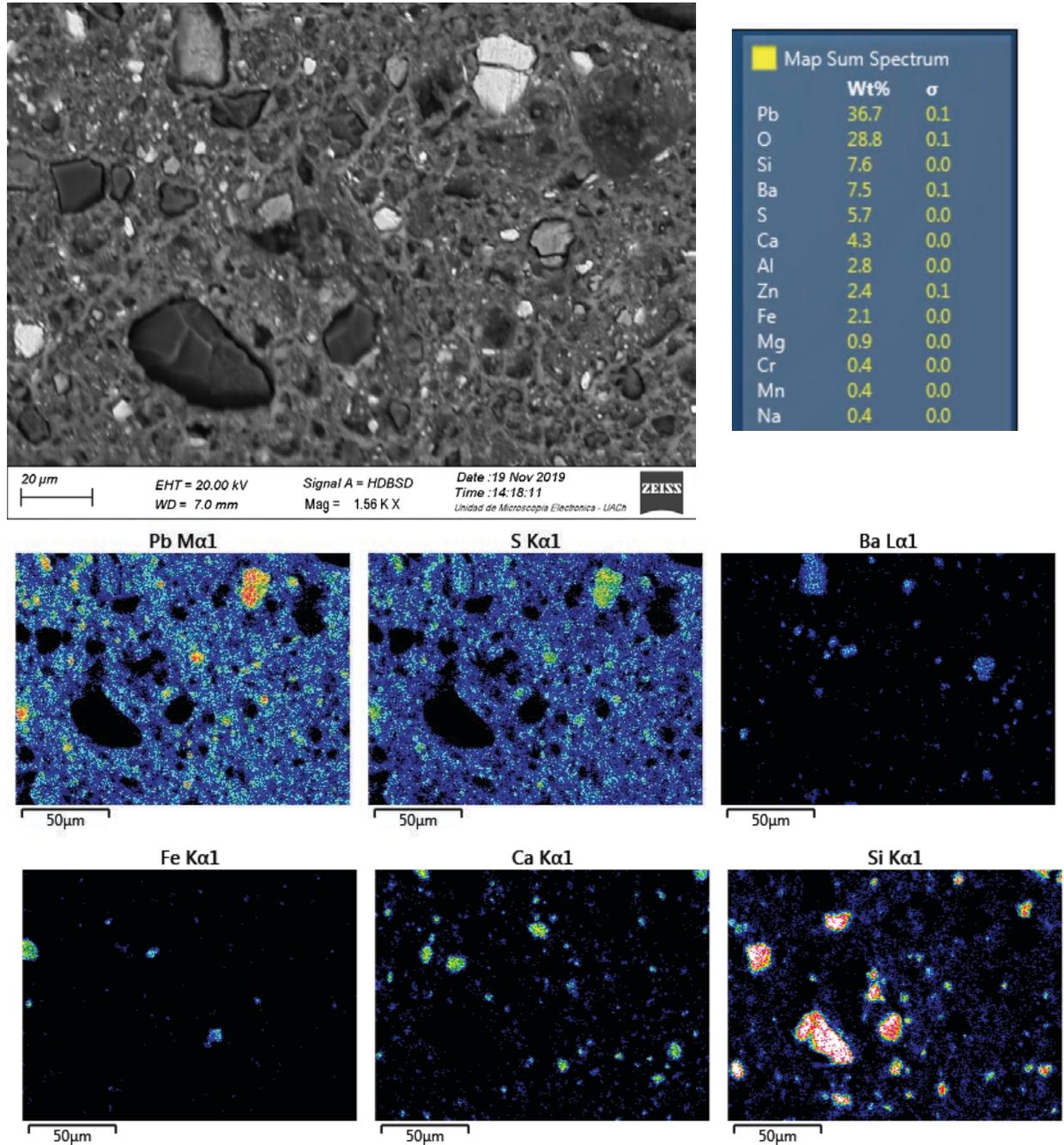


Fig. 8. Mapeo químico de la zona destacada en verde en la Figura 6 y perteneciente al mismo perdigón que en las Figuras 3 a 5. Demuestra nuevamente la presencia de compuestos inorgánicos de sulfato de plomo, bario, calcio, hierro y silicio. Arriba a la derecha, se presenta el promedio de la composición de la zona mapeada (normalizada a 100% de los elementos detectados por el EDX). Este promedio es similar al promedio de la Figura 5, reflejando una cierta homogeneidad de la composición del perdigón y el contenido relativamente alto en plomo.



Universidad Austral de Chile

Instituto de Ciencias de la Tierra

4. Anexos