



UNSAM

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis de Información Ambiental Mediante el uso de Técnicas

Quimiométricas.

Caso de estudio: Complejo Minero Fabril Los Gigantes, Córdoba, Argentina

Trabajo de Tesis para optar por el título de
Doctor en Ciencia y Tecnología Mención Química

Por: ***Ing. Laura Folguera***

Director de Tesis: Dr. Jorge F. Magallanes

Lugares de Trabajo: Departamento de Química Analítica, Centro Atómico
Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica. Predio Minero Fabril Los
Gigantes, Provincia de Córdoba.

Resumen

El Complejo Minero Fabril Los Gigantes, ubicado en Córdoba, Argentina, se asienta en un área con un alto valor de conservación biológica, fisiográfica, e hídrica. Entre los años 1982 y 1989 se explotó allí una mina de uranio superficial mediante lixiviación con ácido sulfúrico *in situ*, en un marco legal y regulatorio distinto del actual. Como resultado de la actividad se generaron grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos actualmente alojados en el predio, que constituyen fuentes potenciales de contaminación. Dentro del marco del Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería del Uranio (PRAMU) llevado a adelante por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se está actuando sobre el sitio Los Gigantes para su recuperación, lo cual ha implicado, entre otras acciones, la implementación de redes de monitoreo de los sistemas de aguas superficiales y subterráneas.

Uno de los objetivos de este trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas de los efluentes líquidos y los lixiviados de los residuos sólidos obtenidos en ensayos de laboratorio. Otro objetivo fue evaluar la calidad del agua de los cursos superficiales y el sistema subterráneo que atraviesan el complejo. Para esto se midieron parámetros fisicoquímicos de muestras de aguas superficiales y subterráneas y se estudió la taxocenosis de diatomeas bentónicas, particularmente apropiadas como biomonitores. Se comprobó que a partir de los depósitos de residuos existentes en el predio se movilizan metales, sulfatos, radionucleidos y acidez que alteran la calidad del agua de los cursos superficiales y subterráneos, generando un enriquecimiento en metales pesados y otros contaminantes y un descenso del pH. A poco más de un kilómetro del predio todos los parámetros medidos revierten a niveles cercanos a los encontrados aguas arriba de la explotación se ubican dentro de los valores guía para la protección de vida acuática. Las diatomeas mostraron tener sensibilidad frente a los cambios en la calidad del agua con respuestas a dos niveles: variaciones en la composición de los ensamblajes y alteraciones en la morfología de los frústulos. Los índices biológicos tradicionales reflejaron que en los sitios cercanos a las fuentes de contaminación existe un estrés ambiental que se traduce en una disminución de la riqueza específica, la diversidad y la equitabilidad de los ensamblajes con un incremento en los taxa más tolerantes. Los índices diatomológicos disponibles (Índice de diatomeas Pampano e Índice Poluto-Sensible) mostraron baja capacidad para asignar la mejor calidad del agua a los sitios de referencia a y/o atribuir categorías de calidad más bajas a las zonas más contaminadas por los pasivos mineros. La producción de biomasa fitobentónica y la funcionalidad de los pigmentos resultaron homogéneos en los distintos sectores del predio minero, aunque es necesario considerar que la estimación de biomasa a partir de la concentración de clorofila *a* tiene sus limitaciones. El análisis de los cuantiosos datos generados y analizados en este trabajo

requirió de herramientas de la estadística clásica y robusta, técnicas de agrupamiento lineales y no lineales y redes neuronales, que demostraron su utilidad para una mejor comprensión del sistema.

Palabras clave: minería del uranio, quimiometría, diatomeas, análisis ambiental, aguas naturales, repositorios

Abstract

Los Gigantes mining and milling area is located in Córdoba, Argentina, in a high conservation value area with outstanding biological diversity, landscapes and water resources. The extraction of uranium took place between 1982 and 1989 by means of *in situ* heap leaching with sulfuric acid under a different legal and regulatory framework. The resulting mining waste-rock and liquid effluents are currently accumulated in piles and a waste dump and represent sources of potential contamination. The National Atomic Energy Commission (CNEA) is implementing the *Uranium Mining Environmental Restoration Project* (PRAMU) on the site Los Gigantes, which has so far involved, among other actions, the implementation of surface and groundwater monitoring networks. An objective of the present work was to characterize liquid samples from the waste dump and waste-rock leachate obtained in laboratory experiments. Another objective was to evaluate the water quality of surface and underground streams that run across the site. This involved measuring both physicochemical parameters and study benthic diatoms taxocenosis. It was found that metals, sulfates, radionuclides and acidity mobilize from waste repositories into surface and underground water systems, generating enrichment in heavy metals and other contaminants and lowering the pH. At a distance of around one kilometer from the exploitation all measured parameters revert to levels close to those found upstream of the mining area and lie within the national guidelines for the protection of aquatic life. Diatoms showed to be sensitive to changes in water quality with responses at two levels: variations in species composition of diatom assemblages and alterations in the morphology of the frustules. In sampling sites close to waste repositories there is an environmental stress which is noted with a reduction in the number, diversity and evenness of species with an increment in the more tolerant taxa. The diatom indices available (Pampean Diatom Index and Pollution Sensitivity Index) showed low capacity to allocate best water quality/ reference sites and to assign lower quality categories to the most affected areas. Phytobenthic biomass production and pigments functionality were homogeneous in the different sectors of the mining site, although it is necessary to consider that the estimated biomass from chlorophyll *a* concentration has certain limitations. The existence of voluminous data generated and analyzed in this work required classical and robust statistical techniques along with linear and non-linear clustering techniques and neural networks, which proved to be useful for an accurate understanding of the system.

Keywords: uranium mining, chemometrics, diatoms, environmental analysis, natural waters, repositories.

