

PRÁCTICA DE YACIMIENTOS MINERALES SÓLIDOS: UN ESCENARIO PARA LA FORMACIÓN AMBIENTALISTA DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA

José Francisco Lastra Rivero, Ramón G. Pérez Vázquez y Elmidio Estévez Cruz

Universidad de Pinar del Río, Departamento de Geología, Calle Martí No. 270, esq. 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba. C.P. 20100. E-mail: jlastra@geo.upr.edu.cu, monico@geo.upr.edu.cu estevez@geo.upr.edu.cu

RESUMEN

La formación ambiental de los geólogos se ha convertido en los últimos años en una necesidad importante, debido a su contacto sistemático y directo con los ambientes superficiales de maneras muy diversas.

En la carrera de Geología, la práctica de yacimientos minerales sólidos le da culminación a una de los modos de actuación del geólogo, como parte de la formación integral de los estudiantes en nuestra universidad. Un escenario muy apropiado está presente en esta práctica para lograr en los estudiantes una conducta crítica frente a los problemas ambientales provocados por la prospección, exploración y explotación de yacimientos minerales sólidos.

La realización de esta práctica en un área con mineralización metalífera y actividad minera propicia la valoración crítica de los estudiantes frente al impacto ambiental producido. La identificación de las fuentes de impacto ambiental, la determinación del pH de las aguas superficiales y los estudios de riesgos ambientales, forman parte de la experiencia práctica para alcanzar un nivel profesional en los problemas ambientales relacionados con los yacimientos minerales sólidos y contribuye a la adquisición de una correcta ética ambiental en los estudiantes.

Diferentes acciones están encaminadas a lograr modos de actuación que se correspondan con su formación ambientalista. Entre estos se han considerado muy importantes:

- Visitas a las diferentes fuentes de impacto ambiental.
- Identificación de hechos que demuestran el impacto ambiental provocado por la actividad minera en cada lugar.
- Clasificación de los niveles de afectación del medio ambiente por la actividad minera
- Propuesta de medidas para mitigar el impacto ambiental.

ABSTRACT

The formation environmentalist of the geologists has become in the last years in an important necessity because to their systematical contact that the geocientists establish with the surface environment in very different manners.

The practice of solid mineral deposits culminate one of the performance modes of geologists, as a part of the integral formation of the students in our university. A scenario very appropriate is present in this practice to achieve in the students a critical conduct front the environmental problems caused for the prospecting, exploration and exploitation of solids mineral deposits.

The performance of this practice in a area with metalliferous mineralization and mining activity propitiate the critical valuation of the students above the environmental impact produced. The identification of the environmental impact sources, the determination of pH of the surface water and the studies of environmental risks, form a part of de practical experience to obtain a professional level in environmental problems related to solids mineral deposits and contribute to acquisition of a correct environmental ethics in the students.

Different actions are guided to achieve performance modes that corresponding with their formation environmentalist. Among these they have been considered very important:

- Visits to different sources of environmental impact.
- Identification of facts that demonstrate the environmental impact caused by the mining activity in each place.
- Classification of the levels of affectation of the environment by mining activity
- Proposal of measure to mitigate the environmental impact.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de campo en el contexto del diseño curricular de la carrera de Geología se han ido convirtiendo en una necesidad insoslayable para la solución de problemas vinculados con la formación integral de los futuros profesionales de esta ciencia. Cruz et al. (2001) le confieren a estas actividades prácticas la categoría de escenario propicio para la interdisciplinaridad, entendiéndose esta como la integración de asignaturas y disciplinas en un contexto geológico apropiado dirigido a la adquisición de hábitos y habilidades, la consolidación de valores morales y éticos y la expresión práctica del modo de actuación de un profesional revolucionario.

La problemática surgida a partir de la ausencia de asignaturas de corte ambientalista en el Plan de Estudios vigente condujo al surgimiento de una estrategia curricular de Formación Ambiental que por su carácter se inserta transversalmente y a las que asignaturas y disciplinas deben contribuir de forma armónica y organizada. Atendiendo a este principio, se consideró necesario que la práctica laboral-investigativa, como colofones de las esferas de actuación del profesional de la geología, han de ser el escenario ideal para lograr en los estudiantes el accionar consciente ante las afectaciones al medio ambiente producidas por la actividad geólogo-minera. En este sentido, la práctica laboral-investigativa de yacimientos minerales sólidos se convierte en un escenario donde el estudiante logra adquirir conciencia con los problemas medio-ambientales que reporta la explotación de los recursos minerales sólidos y, acorde con su nivel de formación, es capaz de identificar los factores desencadenantes de estos y la adopción de medidas correctoras que minimicen los efectos nocivos sobre el medio ambiente.

En consecuencia, se plantea el problema de cómo lograr de una manera efectiva y activa el incremento del modo de actuación de los futuros profesionales de la geología ante el impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera y la toma de decisiones para mitigar este. La actividad geólogo-minera intensa desarrollada en la región Santa Lucía-Matahambre representa una primicia para ser usada como un escenario ideal en el que se puede incentivar el pensamiento ambientalista y el amor a la naturaleza en los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

➤ Fundamentos curriculares sobre la formación ambientalista del profesional de la geología.

Cada día se impone más la necesidad de incursionar en los aspectos medulares de la introducción de la temática ambiental en el proceso docente-educativo de las Ciencias de la Tierra. Catalán et al. (1998) proponen una programación para las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente basada en cuatro tipos de referencias básicas: curriculares, epistemológicas, psicopedagógicas y ambientales.

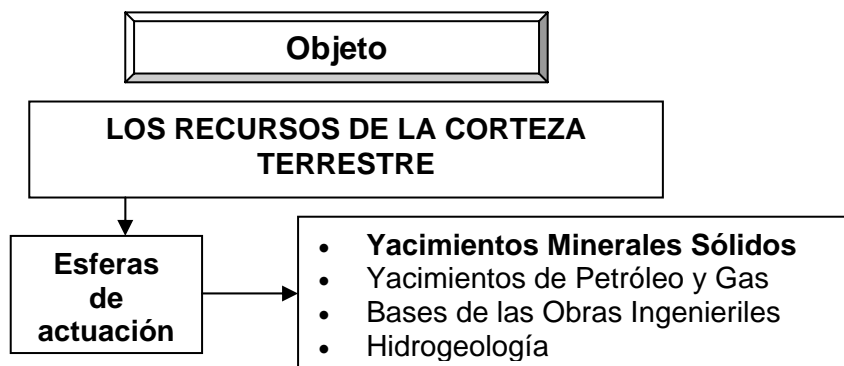
La idea que se propone en este trabajo acerca de lograr un escenario adecuado para fomentar la formación ambiental de los estudiantes de la carrera de Geología en la práctica laboral-investigativa de Yacimientos Minerales Sólidos está sustentada en:

- Modelo del profesional. Este se encuentra definido en el Plan de Estudios C perfeccionado de la carrera de Geología, constituyendo la referencia curricular en la que se sustenta el sistema de habilidades, hábitos, actitudes y valores a lograr en los estudiantes con vistas a su formación integral.
- Estrategia de la carrera de Geología para la Formación Ambiental. Orienta y controla las acciones que se ejecutan para lograr una formación ambiental en los estudiantes, constituyendo el

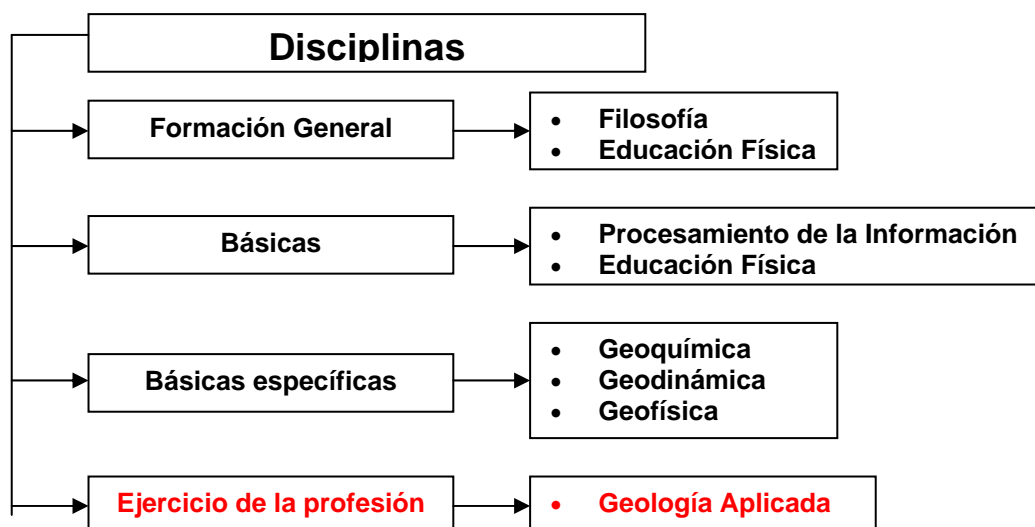
elemento organizativo y metodológico principal para la inserción de este aspecto en las diferentes disciplinas y asignaturas. Su efecto concreto está dado en la integración del conocimiento científico del problema ambiental, haciendo uso de los métodos y medios de las ciencias ambientales, lo que le da un carácter de referencia epistemológica.

- Formación docente-investigativa de los profesores. Los profesores que participan en esta práctica tienen una suficiente experiencia profesional en temas vinculados con la geología ambiental, lo cual favorece la adecuada orientación de los estudiantes.
- El protagonismo activo de los estudiantes de manera tal que se convierta en el constructor de su propio conocimiento y sea capaz de tomar sus propias decisiones ante los problemas ambientales. Esto responde a la necesidad de considerar una referencia psicopedagógica basada en el constructivismo.
- Vínculos sólidos con la Empresa Geominera de Pinar del Río para la colaboración docente e investigativa. Desde hace varios años se ha estado realizando esta práctica laboral-investigativa en esta institución, con resultados favorables para ambas partes; existe un convenio de colaboración inter-institucional. Esto posibilita la referencia ambiental concreta basada en los problemas ambientales que la actividad geólogo-minera ha generado en la región minera Matahambre-Santa Lucía, administrada por esta institución
- Guía para la práctica de Yacimientos Minerales Sólidos. Contiene la orientación metodológica que incluye los elementos básicos que conforman la práctica, a partir de una concepción integradora de diferentes asignaturas que inciden en la prospección y exploración de yacimientos minerales sólidos y la integración armónica del enfoque ambientalista.

Analizando el modelo del profesional integral de la geología resulta fácil detectar las diferentes esferas de actuación en que este se ha de desenvolver una vez egresado de las aulas universitarias.



Ello implica que cada profesional adquiriera una sólida formación integral en cada una de estas esferas de actuación, lo cual debe ser garantizado durante la ejecución de las prácticas laboral-investigativas que competen a la disciplina de Geología Aplicada (Díaz, 1999).



➤ **Escenario para la introducción de de la estrategia de Formación Ambiental en la práctica laboral-investigativa de Yacimientos Minerales Sólidos.**

Para el diseño y organización de las prácticas laborales es imprescindible partir de los elementos constitutivos del curriculum de la carrera y de un contexto geológico adecuado. Cruz et al. resaltan la importancia de lograr la interdisciplinaridad como parte de la integración que trae en sí misma la práctica laboral-investigativa.

El diseño y ejecución de la práctica laboral-investigativa de Yacimientos Minerales Sólidos está en correspondencia con una de las esferas de actuación del profesional que se está formando y, por consiguiente, debe ir encaminado a lograr comportamientos y valores morales y éticos que propicien una calidad superior en la formación integral del profesional.

Así, en el ámbito ambientalista, no basta con la observación pasiva de los problemas ambientales que se puedan presentar dentro de un contexto geológico determinado. Resulta necesario también una toma de conciencia que implique la valoración crítica y la necesidad de un cambio en el comportamiento individual hacia el medio ambiente; esto debe conducir a un cambio en la conducta social a través de la influencia de los geocientíficos que se están formando actualmente.

En este sentido, Espinet (1999) refiere el tratamiento del problema ambiental va más allá del aspecto puramente docente y se proyecta hacia la connotación que tiene el dominio de la problemática ambiental sobre el comportamiento de los individuos en la sociedad; en este sentido refiere que existen varios factores intrínsecos y extrínsecos que dificultan la percepción y la valoración de los problemas ambientales y como consecuencia merman la necesaria acción social preventiva y correctora. Además considera que una buena percepción y comprensión de los problemas ambientales no se puede reducir a sus consecuencias y efectos, sino que también ha de tener en cuenta las causas y los procesos. Estas afirmaciones sirven de punto de partida para orientar a los estudiantes en el camino a seguir para la solución de los problemas ambientales.

Estos principios sirven de punto de partida para introducir el problema ambiental de manera integrada a la prospección y exploración de yacimientos minerales sólidos, lo cual se expresa en el diseño del proyecto de investigación con un problema profesional a resolver, el objeto de estudio, los objetivos, el sistema de habilidades, el sistema de conocimientos y el sistema de actitudes (Lastra et al., 2005):

Problema Profesional.

- ❖ Necesidad de aplicar de manera integrada los métodos geológicos, técnicos, geoquímicos y geofísicos para la prospección, exploración y evaluación de una región con potencialidades metalíferas, así como de valorar críticamente y adoptar las medidas correctoras sobre el impacto ambiental de la actividad geólogo-minera.

Objeto de estudio.

- ❖ Distrito Metalogénico Matahambre-Santa Lucía.

Objetivos.

Educativo:

- ❖ Lograr que los estudiantes muestren durante su trabajo una concepción científica de los procesos geológicos, haciendo uso de sus conocimientos para la prospección, exploración y evaluación de los recursos minerales sólidos, caracterizándose por el amor a la naturaleza y una correcta ética ambiental.

Instructivo:

- ❖ Proyectar y ejecutar investigaciones geológicas de prospección, exploración y evaluación de los recursos minerales, haciendo uso de los métodos y procedimientos más eficaces, racionales y sustentables.
- ❖ Identificar y valorar los factores vinculados con la actividad geólogo-minera que provocan impacto ambiental, sobre la base de la aplicación de los métodos empleados por la geología ambiental.
- ❖ Proponer plan de medidas para mitigar el impacto ambiental provocado por la actividad geólogo-minera sobre la base de los hechos identificados como impacto ambiental, haciendo uso de las técnicas disponibles para ello.

Sistema de habilidades:

- ❖ Realizar revisión bibliográfica.
- ❖ Diseñar una investigación científica orientada a la prospección, exploración y evaluación de un yacimiento mineral metálico.
- ❖ Proyectar y ejecutar trabajos de prospección y exploración mediante la utilización de un complejo racional de métodos.
- ❖ Realizar el modelaje de un yacimiento mineral.
- ❖ Ejecutar la evaluación geólogo-económica de un yacimiento mineral.
- ❖ Muestrear y documentar objetos geológicos en superficie, pozos de perforación y laboreos mineros.
- ❖ Aplicar técnicas para la valoración del impacto ambiental provocado por el hombre durante los trabajos geólogo-mineros.
- ❖ Elaborar planes de medidas correctoras o mitigadoras del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera.
- ❖ Procesar automáticamente los resultados de los métodos empleados.
- ❖ Confeccionar mapas y esquemas (geológicos, geoquímicos y geofísicos).
- ❖ Interpretar integralmente los resultados analíticos y gráficos del procesamiento de los datos geológicos, geoquímicos y geofísicos.
- ❖ Elaborar informes técnicos.
- ❖ Defender un informe técnico.

Sistema de conocimientos:

- ❖ Variabilidad de los parámetros geólogo – industriales.

- ❖ Criterios e índices de búsqueda.
- ❖ Métodos de prospección geológicos, geofísicos y geoquímicos.
- ❖ Muestreo.
- ❖ Documentación geológica.
- ❖ Confección de mapas a partir de redes.
- ❖ Cálculo de reservas.
- ❖ Evaluación geólogo-económica.
- ❖ Impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera.

Sistema de actitudes:

Se pretende contribuir en esta práctica al desarrollo de las siguientes actitudes en los estudiantes:

- ❖ Solidario en los trabajos de campo y de gabinete que se realizan.
- ❖ Protagonismo en el trabajo y en la resolución de los problemas planificados.
- ❖ Modestia en los análisis profesionales que se plantean en las sesiones de trabajo.
- ❖ Liderazgo en la caracterización de los procesos y fenómenos geológicos.
- ❖ Responsable ante las tareas asignadas en el colectivo.
- ❖ Respetuoso de las opiniones de los demás y del derecho de autor.
- ❖ Cooperativo por cuanto solamente a través del trabajo colectivo puede darse solución a los problemas planteados.
- ❖ Actitud responsable en el cumplimiento de las medidas de conservación del medio ambiente durante los trabajos de campo.
- ❖ Responsable en el cumplimiento de las medidas de seguridad e higiene del trabajo
- ❖ Cumplidor del secreto estatal
- ❖ Sensible ante los efectos antrópicos en el medio natural
- ❖ Actitud crítica ante los problemas medio-ambientales
- ❖ Organizado en el cumplimiento y ejecución de las actividades a realizar
- ❖ Enfoque integrador en la utilización de los métodos geológicos, geoquímicos y geofísicos en la prospección de un yacimiento mineral-
- ❖ Constatación de la sustentabilidad económica y ambiental de los trabajos que se ejecutan, teniendo en cuenta la relación costo/beneficio y lo que esto representa para la economía del país y en el logro de un desarrollo sostenible en la explotación de los recursos minerales.
- ❖ Interpretar a partir de los métodos y técnicas más actuales en el trabajo de campo los datos obtenidos y realizar un adecuado procesamiento y presentación de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La organización de la práctica laboral-investigativa de Yacimientos Minerales Sólidos en la región minera Matahambre-Santa Lucía tiene en cuenta que este territorio posee rasgos que posibilitan una dualidad integrada: terreno adecuado para una aproximación a la realidad de la proyección de actividades prospectivas de yacimientos minerales sólidos y escenario en el que se pueden observar y valorar los efectos del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera.

La estructura organizativa de la práctica incluye 4 etapas, las que se pasan a describir a continuación:

Etapas 1.- Preparación previa y diseño del proyecto.

Esta etapa comienza con la organización de los estudiantes en equipos de trabajo de 4-5 miembros, cada uno de los cuales estará orientado por un tutor.

En esta etapa inicial se debe realizar una orientación cuidadosa hacia la búsqueda bibliográfica sobre la prospección y exploración de yacimientos minerales sólidos y la influencia negativa de la actividad geólogo-minera extractiva sobre el medio ambiente. Esto se fundamenta en la búsqueda bibliográfica preliminar general sobre estas temáticas y la recopilación de información previa existente sobre la región de estudio.

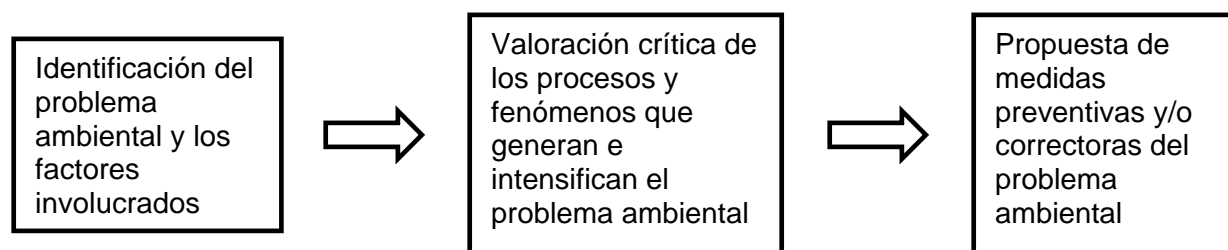
Cada equipo de trabajo deberá presentar el proyecto de investigación antes de pasar a la próxima etapa de la práctica.

Etapas 2.- Trabajos de campo y visitas.

En esta etapa se organizan todas las actividades prácticas fundamentales donde se integran las actividades profesionales vinculadas directamente con la prospección y exploración de yacimientos minerales y aspectos fundamentales del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera.

Por su significación para los objetivos de este trabajo solo se hará referencia en lo adelante a las actividades que se realizan con vistas a la detección de los factores que contribuyen al impacto ambiental de la actividad geólogo-minera en esta región y el papel activo que juegan los estudiantes con este fin.

De manera general, el estudiante deberá orientarse por el esquema siguiente para abordar el estudio de los problemas ambientales que se le presentarán:



Las investigaciones geólogo-ambientales que se realizarán están concebidas en dos subetapas: de reconocimiento y detallada.

Subetapa de reconocimiento.

I. Itinerario geológico regional

Este incluye un recorrido panorámico que comienza en una zona donde solo se han realizado investigaciones prospectivas anteriores con afectaciones insignificantes al medio ambiente y se transita paulatinamente hacia otras en las que se hacen evidentes las actividades antrópicas relacionadas con la explotación de yacimientos minerales con una elevada influencia negativa.

Este se convierte en un momento de trascendental importancia para que el estudiante pueda reconocer regionalmente los principales focos de impacto ambiental. Así, deben ser capaces de lograr perfilar los rasgos generales ambientalistas que caracterizan al territorio y localizar en el mapa topográfico a escala 1:25000 cada uno de estos puntos de interés medio-ambiental con una clasificación cualitativa preliminar. Esto sirve de base para la proyección de la etapa detallada de estas investigaciones geólogo-ambientales.

Subetapa detallada.

I. Visita a la cantera Santa Lucía.

Durante esta actividad los estudiantes deberán:

- Describir y caracterizar los procesos y fenómenos que ocurren en el ambiente superficial y que son expresión del deterioro del medio ambiente (deterioro de la vegetación, emisión de gases, residuos de la autocombustión de la pirita, etc.) (Figuras 1, 2 y 3).
- Predecir la posible ocurrencia de lluvias ácidas provocadas por la emisión de SO_2 y SO_3 a la atmósfera.
- Medir el pH de las aguas que circulan desde la cantera Santa Lucía, evaluando el grado de afectación del drenaje de mina ácido generado en esta.
- Recolectar muestras de rocas, suelos y aguas dirigidas a estudios geoquímico-ambientales.
- Caracterizar el "paisaje lunar" provocado por la actividad minera a "cielo abierto" (Figura 3).
- Determinar cualitativamente algunos metales pesados disueltos en las aguas ácidas.
- Describir los principales efectos que sobre la vegetación y los suelos se aprecian en el área de la cantera y en la región circundante (Figuras 2 y 3).



Figura 1- Arroyo que drena las aguas ácidas provenientes de la cantera Santa Lucía, con afectaciones notables a la vegetación



Figura 2- Salida de aguas extremadamente ácidas del socavón de la cantera Santa Lucía

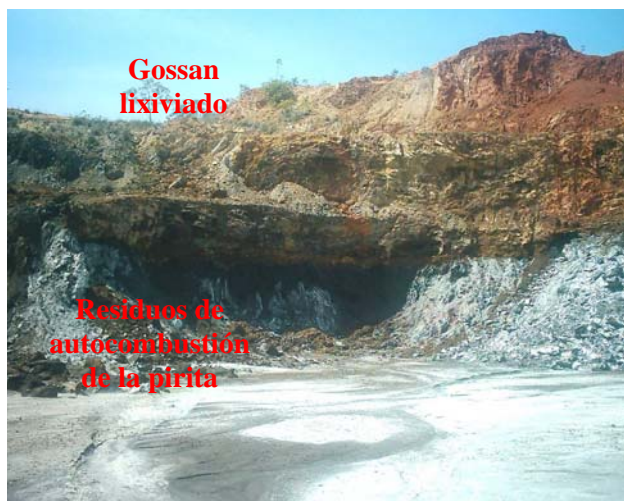


Figura 3- Gossan lixiviado que corona los residuos contaminantes de la autocombustión de la pirita en las paredes y piso de la cantera santa Lucía

II. Visita a mina Oro Castellano.

Durante esta actividad los estudiantes deberán:

- Caracterizar el “paisaje lunar” provocado por la actividad minera a “cielo abierto” (Figura 4)
- Describir el proceso tecnológico de “lixiviación en pilas”, haciendo énfasis en aquellos pasos de mayor riesgo de contaminación ambiental.
- Valorar la efectividad de las medidas que se proponen por la empresa para minimizar el riesgo de contaminación de las aguas, suelos y atmósfera.
- Describir los principales efectos que sobre la vegetación y los suelos se aprecian en el área de la cantera y en la región circundante (Figura 4)



Figura 4- Laboreo minero a “cielo abierto” en el que se ponen al descubierto la capas de mineralización sulfurosa en proceso de oxidación en la mina Oro Castellanos.

III. Visita a la Planta Sulfometales Patricio Lumumba.

Durante esta actividad los estudiante deberán:

- Describir las operaciones que se ejecutan actualmente en la fábrica y que pueden producir contaminación atmosférica (emisiones de SO_2 y SO_3 , emisiones de gases producidos por la combustión de combustibles fósiles, dispersión de aerosoles de compuestos de plomo, etc.) (Figura 5)
- Caracterizar cualitativamente los residuos acumulados en la escombrera de la fábrica, resultantes de la producción de H_2SO_4 por tostación de la pirita y sus posibles efectos sobre el drenaje ácido de mina y la contaminación de suelos y aguas por metales pesados (Figura 6)

- Valorar las afectaciones que se producen en el ecosistema costero dada la proximidad de la fábrica al mar.



Figura 5- Emisión de gases contaminantes por las chimeneas de la Planta Sulfometales



Figura 6- Escombrera en el patio de la Planta Sulfometales con residuos de mineral procesado para la producción de H_2SO_4

Etapas 3.- Procesamiento de la información.

Al procesar la información resultante de los estudios geólogo-ambientales se debe prestar atención especial a la utilización de las técnicas que con estos fines han sido diseñadas. Principalmente deben hacer uso de la representación en mapas y gráficos de los resultados obtenidos y recopilados de trabajos anteriores, con vistas a una generalización del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera en la región. También se recomienda la utilización de la matriz de Leopold para valorar el grado de impacto ambiental existente y como base para la propuesta de medidas correctoras.

Etapas 4.- Preparación y defensa del informe técnico.

Al preparar el informe técnico el estudiante debe dedicar un acápite a las investigaciones geólogo-ambientales, incorporando toda la información obtenida de los trabajos de campo e integrándola a la recopilada de trabajos anteriores.

Se explicará científicamente todo lo relacionado con los factores desencadenantes del impacto ambiental y las causas y consecuencias de los problemas ambientales. Cada equipo de trabajo propondrá un conjunto de medidas correctoras del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera en la región.

CONCLUSIONES

La experiencia acumulada en la formación ambiental de los estudiantes de la carrera de Geología y, en particular, el escenario en que se desarrolla la práctica laboral-investigativa de Yacimientos Minerales Sólidos garantiza:

1. La percepción y toma de conciencia de los problemas ambientales que acompañan a la actividad geólogo-minera vinculada con la prospección, exploración y explotación de yacimientos minerales sólidos.

2. La valoración de los factores desencadenantes de problemas ambientales y la adopción de medidas preventivas que minimicen el impacto ambiental.
3. La apreciación del papel que deben jugar las instituciones y organismos en el cumplimiento estricto de la Legislación Ambiental y en la corrección del impacto ambiental producido por la actividad geólogo-minera.
4. El papel protagónico que juegan los estudiantes al valorar críticamente y evaluar las causas y consecuencias de los problemas ambientales.
6. La evaluación sistemática del impacto ambiental y la adopción de medidas correctoras en la región minera Matahambre-Santa Lucía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Catalán, A., I. Bestard, I. Bobadilla., C. Ponsell, 1998. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente: Valoración y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (Barcelona, España), 6 (1): 52-63.
- Comisión Nacional Carrera de Geología, 1997. Plan de Estudios C perfeccionado.
- Cruz, E. M., O. Díaz., D. Cáceres, 2001. Un escenario de interdisciplinaridad: las prácticas de campo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (Barcelona, España), 9 (1): 49-56.
- Díaz, O., 1999. Diseño de modelos didácticos de prácticas en la carrera de Geología. Tesis de maestría Universidad de Pinar del Río.
- Díaz, S., 2006. Estrategia de la Carrera de Geología para la Formación Ambiental (Curso 2005-2006). Departamento de Geología. Universidad de Pinar del Río. Inédito.
- Espinet, B., 1999. Los problemas ambientales y la educación ambiental: una reflexión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (Barcelona, España), 7 (1): 2-7
- Lastra, J., E. Estévez, R. Pérez, 2005. Guía para la práctica de Prospección y Exploración de Yacimientos Minerales Sólidos. Departamento de Geología. Universidad de Pinar del Río. Inédito.