

# Community Building. Case Study: Monitoring Water Quality Discharge of Mining Operations of the *12 de Octubre Association* (Camilo Ponce Enríquez Canton)

Paola Romero, Dra<sup>1</sup>, Emilia Merino, Eng<sup>1</sup>, Samantha Jiménez, M.Sc.<sup>1</sup>, Alby Aguilar, M.Sc.<sup>1</sup>, Julio Acosta, M.Sc.<sup>1</sup>, Iker García, Dr<sup>1</sup>, Luis Jordá, Dr<sup>1</sup> and Iván Leiva, Eng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, plromero@espol.edu.ec, ecmerino@espol.edu.ec

*Abstract– This paper presents the results of the component: Monitoring plan of mining effluents in the mining area of Association of Miners community building project “Gestión del conocimiento geológico, minero-ambiental en beneficio del desarrollo productivo de la Asociación de Mineros Autónomos 12 de octubre (Cantón Camilo Ponce Enríquez) in which professors and students from the schools of Mining, Civil, and Geological engineering participated. The participation of students in projects of community building allow the students to serve as interns in their professional fields but on technical issues different to their coursework and get to know the societal demands, economics and environmental issues of their profession up-close. This will strengthen and gauge the current state of education within the disciplines and institutions. The most current results are search, selection, and synthesis, of the bibliographic and fieldwork information, hydro- chemical and environmental analysis of the water discharges of subterranean mines, and designs for sampling procedures as components of the monitoring plan. This Project has allowed for the collaboration between the university and the mining sector, specifically in performing activities that allow compliance with the current, national environmental legislation promoting ethical and professional responsibility for water conservation. Where the student results are reviewed jointly by the faculty and a representative of the Mining Association.*

*Keywords-- Mining, Community Building, Water Quality, Environmental Legislation, Monitoring*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.141>  
ISBN: 978-0-9822896-9-3  
ISSN: 2414-6390

# Vinculación con la Sociedad. Caso de Estudio: Monitoreo de la Calidad de las Descargas de Agua de las Labores Mineras de la Asociación 12 de Octubre (Cantón Camilo Ponce Enríquez)

Paola Romero, Dra<sup>1</sup>, Emilia Merino, Eng<sup>1</sup>, Samantha Jiménez, M.Sc.<sup>1</sup>, Alby Aguilar, M.Sc.<sup>1</sup>, Julio Acosta, M.Sc.<sup>1</sup>, Iker García, Dr<sup>1</sup>, Luis Jordá, Dr<sup>1</sup> and Iván Leiva, Eng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, plromero@espol.edu.ec, ecmerino@espol.edu.ec

**Resumen**– Este artículo presenta los resultados de la componente: Plan de monitoreo de efluentes mineros en el área de explotación de la Asociación de Mineros, del proyecto de vínculos con la sociedad: Gestión del conocimiento geológico, minero-ambiental en beneficio del desarrollo productivo de la Asociación de Mineros Autónomos 12 de octubre (Cantón Camilo Ponce Enríquez), donde participaron profesores y estudiantes de las carreras de Ingeniería de Minas, Civil y Geología. La participación de los estudiantes en proyectos de vinculación permite a los estudiantes realizar sus prácticas preprofesionales en temas de diferentes áreas técnicas de su currículo y conocer de cerca la demanda social, económica y ambiental de las áreas de conocimiento. Esto permite fortalecer y evidenciar el estado de los resultados de aprendizaje disciplinares e institucionales. Los resultados alcanzados hasta el momento son la búsqueda, selección, síntesis de la información bibliográfica y de campo, análisis hidroquímico y ambiental de las descargas de agua de las labores mineras subterráneas, elaboración de fichas y diseño de procedimientos de muestreo como insumos del plan de monitoreo. Este proyecto ha permitido el trabajo conjunto entre la universidad y el sector minero, específicamente en realizar actividades que permitan el cumplimiento de la legislación ambiental vigente en el país, promoviendo la responsabilidad ética y profesional para la conservación del recurso agua. Donde los resultados obtenidos por los estudiantes son supervisados y revisados por los tutores y el responsable técnico de la Asociación Minera.

**Palabras Claves**– Minería, Vinculación con la Sociedad, Calidad de Agua, Legislación Ambiental, Monitoreo.

## I. INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es presentar los resultados de la componente 4 del proyecto de vínculos con la comunidad: Gestión del conocimiento geológico, minero-ambiental en beneficio del desarrollo productivo de la Asociación de Mineros Autónomos 12 de octubre (Cantón Camilo Ponce Enríquez) (fig.1), ejecutado por la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la ESPOL. El objetivo de esta componente fue implementar un plan de monitoreo de efluentes mineros en el área de explotación de la Asociación de Mineros, para lo cual se realizaron estas actividades durante nueve meses, las cuales finalizaron en el mes de abril de 2016, con la finalidad de fortalecer la formación académica del estudiante y evaluar el alcance de los resultados de aprendizaje

de la carrera en las prácticas de vinculación, para contrastar con los evaluados en las asignaturas de las carreras de Ingeniería Civil y de Minas .

En esta componente participaron 13 estudiantes de la carrera de ingeniería civil, 3 estudiantes de ingeniería de minas, dos tutores responsables del seguimiento técnico, dos técnicos de la Asociación de Mineros y la directora del proyecto de vínculos, quien realizó el seguimiento para la verificación del cumplimiento de las actividades en los plazos establecidos.

Los proyectos de vínculos constituyen una importante herramienta para la medición de los Resultados de Aprendizaje Institucionales y Disciplinares, para esta componente se evaluaron los siguientes: RAI N°4. i): Reconocer la necesidad y tener la habilidad para involucrarse en el aprendizaje a lo largo de la vida, RAI N° 6. d): Tener la capacidad para trabajar como parte de un equipo multidisciplinario, y RAD e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, requerían haber aprobado previamente la materia Ingeniería Sanitaria II, que se encuentra en el nivel 400, II Término. Durante la realización de esta práctica se midió el resultado de aprendizaje disciplinar (RAD) de la carrera (e): Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería civil, específicamente en el área de sanitaria e hidrología.

Los estudiantes de la carrera de ingeniería de minas requerían haber aprobado previamente la materia Geohidrología de Minas que se encuentra en el nivel 400, I Término. Durante la realización de esta práctica se evaluó el resultado de aprendizaje disciplinar (RAD) de la carrera (e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en las áreas de perforación y voladuras, geotecnia, hidrogeología, explotaciones mineras, procesamiento mineral, evaluación de proyectos mineros y sistemas de gestión ambiental, que fue evaluado previamente en la materia Geohidrología de Minas.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.141>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

14<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

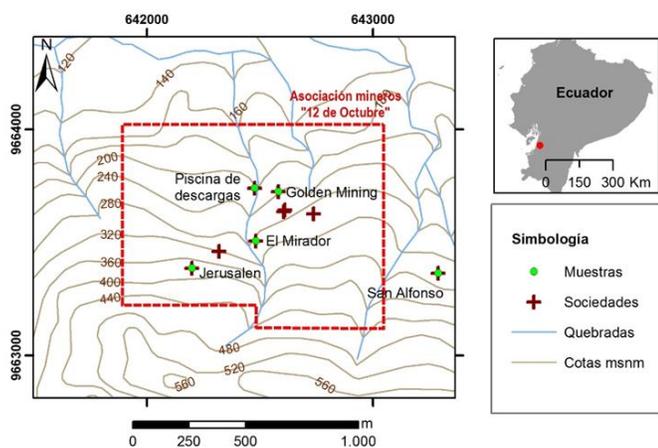


Figura 1. Área de estudio de la Asociación de Mineros 12 de Octubre.

## II. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo de esta componente se definieron los estudiantes responsables de ejecución por carrera, con sus respectivos tutores, indicando las actividades específicas a realizar como indica la tabla 1.

TABLA 1  
RESPONSABLES DE LAS ACTIVIDADES ESPECÍFICAS

Actividades específicas	Responsabilidad de los estudiantes por carrera
Revisión Bibliográfica (Investigaciones)	Ingeniería Civil y de Minas
Búsqueda de información climática	Ingeniería de Minas
Información geológica	Ingeniería de Minas
Información hidrológica	Ingeniería de Minas
Presentación de las investigaciones bibliográficas	Ingeniería Civil
Campaña de muestreo (elaboración de fichas de muestreo, procedimientos de muestreo, logística de muestreo)	Ingeniería Civil
Elaboración / procesamiento de datos de campo / análisis de resultados en base a la legislación ambiental del Ecuador	Ingeniería Civil
Levantamiento de fichas de control, identificación de mejores prácticas, elaboración de recomendaciones, y socialización de resultados	Ingeniería Civil y de Minas
Capacitación a mineros	Ingeniería Civil y de Minas
Informe de avance del proyecto individual	Ingeniería Civil y de Minas
Informe final del proyecto individual	Ingeniería Civil y de Minas

Durante 9 meses que duró la realización de esta componente, los estudiantes ejecutaron las siguientes actividades (fig.3):

1. Recopilación de información del estado actual del monitoreo de calidad de agua del efluente de minas.
2. Elaboración de un plan de monitoreo de calidad de agua.

3. Capacitación en el monitoreo de calidad de agua a los miembros de la Asociación.
4. Análisis de la calidad del efluente de agua de mina.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los principales conflictos socio ambientales relacionados con el sector minero, es la preocupación de la Comunidad por el recurso agua, en relación a su potencial contaminación por las actividades de explotación minera de las labores subterráneas y por las plantas de beneficio. Por lo cual la componente del monitoreo de la calidad de agua en este sector minero es una obligación legal y de responsabilidad social que se ampara en las siguientes referencias que fueron revisadas y analizadas por los estudiantes:

- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador RAAM (D. E. 121). Art. 45 [3]. Monitoreo ambiental interno (auto monitoreo). “Los titulares mineros deberán realizar el monitoreo ambiental interno del plan de manejo ambiental, principalmente de sus emisiones a la atmósfera, descargas líquidas y sólidas, rehabilitación de áreas afectadas, estabilidad de piscinas o tanques de relaves y escombreras, así como remediación de suelos contaminados.

Para tal efecto, se tomarán las muestras en los puntos de monitoreo, parámetros físico químicos según la actividad o fase minera y la frecuencia de las mediciones, identificados en el estudio de impacto ambiental y que constan en el programa de monitoreo del plan de manejo ambiental. En caso de ser necesario, el Ministerio del Ambiente aprobará u ordenará la ubicación de los puntos de monitoreo sobre la base de la situación ambiental del área de operaciones, que se modifiquen dichos puntos o se incrementen” [4,5, 6 y 7].

- Norma NTE INEN 1 108 del Agua Potable.
- Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Tabla 12 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce [8 y 9].
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador RAAM (D. E. 121). Art. 58. Capacitación ambiental. “Los titulares de derechos mineros están obligados a mantener programas de información, capacitación y concienciación ambiental permanentes de su personal a todo nivel, para incentivar acciones que minimicen el deterioro ambiental”.

Mediante el desarrollo de las actividades específicas en este proyecto y el análisis de los requerimientos legales arriba expuestos, los estudiantes estuvieron en la capacidad de proponer medidas de control y mitigación para el cuidado del

recurso agua, contribuyendo de forma relevante a garantizar no solo el cumplimiento legal, sino la conservación ambiental y la responsabilidad social con la comunidad.

Los estudiantes realizaron una descripción de las fuentes de agua y del manejo de las descargas de efluentes. Donde se observa que actualmente en la Asociación, las aguas que salen de las galerías (labores mineras subterráneas) son conducidas mediante manguera plástica hasta cuatro piscinas de decantación que existen en la parte baja junto al camino público, para disminuir la presencia de sólidos en el agua antes de su descarga final a los ríos (fig.2).



Figura 2. Piscinas de decantación del agua de las galerías.



Figura 3. Metodología empleada para el desarrollo de la componente de este proyecto.

La Asociación como parte del monitoreo en abril de 2010, realizó el análisis físico-químico de una muestra de agua tomada en la descarga de la última piscina de decantación, con la finalidad de evaluar si está por debajo los límites permisibles para su descarga final al río.

Donde se observó que del análisis comparativo entre los resultados y los límites permisibles se determina que el agua que se descarga al ambiente (Quebrada Fermín) se encuentra en condiciones físico-químicas aceptables; a excepción de los aceites y grasas que presentaron un valor de 9.4 mg/l, donde el límite permisible es de 0.3 mg/l.

Posteriormente los estudiantes realizaron el trabajo previo de diseño del muestreo y tomaron en campo muestras de agua para análisis de laboratorio y tomaron análisis insitu. Después

esta información fue analizada para evaluar la calidad de agua en función de la reglamentación y estándar de calidad en Ecuador [10, 11 y 12].

Las muestras de aguas para análisis químicos, fueron recolectadas en el mes de octubre del 2015 en puntos de entrada y descargas de aguas de minas. El estudio incluye un total de 9 muestreos de agua de las 4 sociedades mineras (San Alfonso, Jerusalén, El Mirador y Golden mining).

De las 8 muestras, cuatro fueron muestreadas en la salida de la mina (bocamina), tres en el interior de la mina a 150 y 300 m aproximadamente desde la bocamina y una en las piscinas hacia donde fluye todo el drenaje del agua de las sociedades mineras. La campaña de muestreo fue llevada a cabo en el mes de baja

precipitación, representando un período seco con condiciones de flujo mínimo.

Las mediciones de los parámetros de pH, Conductividad eléctrica (EC) y temperatura fueron medidos en campo mediante la sonda multi-paramétrica HATCH HQ40 D53. Las muestras de agua para medición de iones mayoritarios y metales pesados fueron almacenados a 4°C y transportados en botellas de polietileno de 1 litro sin previa filtración y preservación.

Las muestras fueron entregadas y analizadas en el laboratorio 24 horas antes del muestreo. Los iones mayoritarios ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) fueron determinados por espectroscopía de absorción atómica (AAS) y los metales pesados (Pb, Cr, Cu, Fe, As) fueron determinados por el laboratorio PSI mediante métodos avalados por organismos internacionales como la EPA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-SM).

Los resultados analíticos de las muestras del drenaje de las minas se muestran en la tabla 2 y el lugar en donde se tomaron las muestras se ilustran en la Fig. 1. A continuación se presentan el análisis de los resultados obtenido por los estudiantes.

La temperatura de las muestras, presentan valores entre 23.8°C y 26.4°C. El conocimiento de estas variaciones es fundamental debido a la influencia directa de este parámetro en el resto de los parámetros físico-químicos, como la conductividad eléctrica, y pH.

El valor de pH de las muestras varía por lo general entre 6,40 y 7,58, exceptuando la muestra tomada en la bocamina de la mina de Jerusalén (JERUB) cuyo pH es de 2.99. A excepción de esta última muestra; la mayoría de las muestras tienden a ser de naturaleza alcalina.

La conductividad eléctrica tiene un rango entre 212 a 2583  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . El menor valor pertenece al flujo entrante de la mina San Alfonso que se encuentra en la parte más alta de la explotación minera y cuya recarga se debe directamente a la precipitación.

El incremento de la conductividad eléctrica para el resto de muestras indica posiblemente un aumento de compuestos inorgánicos proveniente de la actividad minera.

El diagrama de Piper (fig.4) muestra que la mayoría de las descargas mineras son del tipo sulfatadas cálcica a excepción

del flujo entrante de la mina San Alfonso que es del tipo bicarbonatada cálcica.

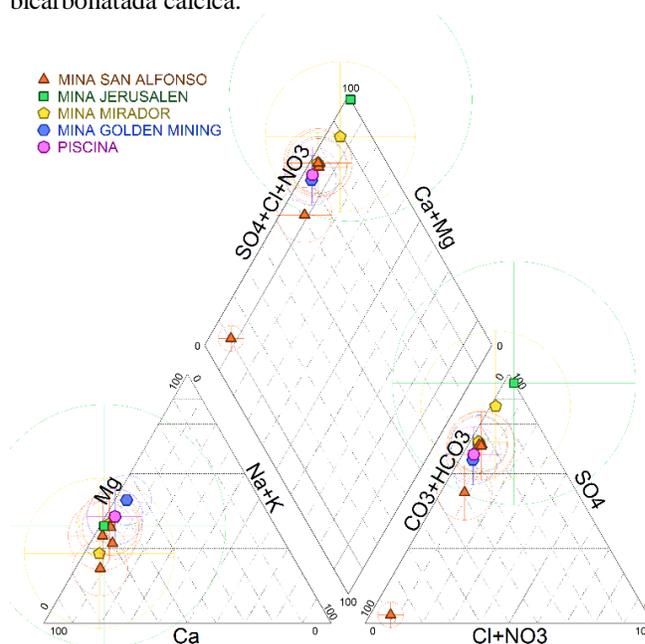


Figura 4. Diagrama de PIPER

El diagrama de Schöeller (fig.5) identifica curvas características del agua, donde se puede destacar comportamientos similares. Las concentraciones de iones mayoritarios entre PIE, GOLD, GOLDM300, MIRA, MIRA 150, SA presentan curvas similares entre sí, sin embargo, nuevamente se aprecia una diferencia entre SA (flujo entrante de mina San Alfonso) y el resto de muestras, donde el valor de concentración del ión sulfato (4 mg/l) es mucho menor que los valores de concentración de sulfatos del resto de muestras (rango: 190 a 1288 mg/l).

Este incremento de la concentración de sulfato es posiblemente debido a la existencia de un aporte de este anión propio de la disolución de rocas características del área, que tienen presencia de sulfuros, tales como la pirita y calcopirita.

Acorde al TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente) y al WHO (World Health Organization), el sulfato se encuentra por encima de los límites permisibles para consumo y uso doméstico; mientras que las concentraciones del resto de parámetros incluido los metales pesados se encuentran por debajo de los límites permisibles en algunos de los parámetros y en otros los resultados están siendo afectados por el límite de detección.

TABLA 2  
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO REALIZADOS INTITU Y EN LABORATORIO.

ID	pH	T	CE	SDT	OD	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Pb	Cr	Cu	Fe	As
	u.	°C	u-mhos	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
GOLDM	6,40	25,40	558,7	357,6	6,56	52,10	33,54	5,06	0,51	100,70	174,80	9,22	<0.2	<0.1	<0.10	0,01	<0.002
GOLDM300	6,60	24,40	627,3	401,5	6,44	73,75	35,49	5,29	0,51	91,53	214,20	7,80	<0.2	<0.1	<0.10	0,37	<0.002
MIRA	6,60	25,90	667,7	427,3	6,12	80,16	34,03	4,37	0,39	97,63	231,50	7,09	<0.2	<0.1	<0.10	0,78	<0.002
MIRA150	6,96	26,10	1787,3	1141,4	6,24	270,90	69,03	23,98	1,99	102,50	640,20	9,93	<0.2	<0.1	<0.10	0,04	<0.002
SA300	6,67	24,40	212,8	136,2	4,1	34,47	11,18	5,06	0,20	130,00	3,84	6,03	<0.2	<0.1	<0.10	0,01	<0.002
SA	7,58	23,90	1415,3	905,8	5,49	153,90	29,65	20,00	3,52	94,58	99,90	11,7	<0.2	<0.1	<0.10	0,11	<0.002
PIE	6,72	26,00	642,0	410,9	6,25	74,55	35,97	5,06	0,51	100,70	190,20	8,15	<0.2	<0.1	<0.10	0,36	<0.002
P4 E	6,79	25,60	687,3	420,4	4,85	86,57	35,00	5,75	0,51	105,60	252,20	12,4	<0.2	<0.1	<0.10	0,01	<0.002
P1 S	6,84	26,40	643,2	400,2	6,14	75,35	30,62	5,52	0,78	91,53	210,40	8,51	<0.2	<0.1	<0.10	0	<0.002
P4S	6,82	26,30	694,1	429,8	5,61	137,1	47,15	6,90	0,78	94,58	220,90	10,9	<0.2	<0.1	<0.10	0,04	<0.002
JERUB	2,99	23,80	2583,0	1633,9	6,23	320,6	127,6	8,51	0,78	0,61	1288,0	35,4	<0.2	<0.1	0,9	6,47	<0.002
Mínimo	2,99		212,80	136,20	4,10	34,47	29,65	4,37	0,20	0,61	3,84	6,03	-	-	0,90	0,00	-
Media	6,45		956,25	605,91	5,82	123,59	60,81	8,68	0,95	91,81	320,56	11,5	-	-	0,90	0,75	-
Máximo	7,58		2583,00	1633,90	6,56	320,60	127,60	23,98	3,52	130,00	1288,00	35,4	-	-	0,90	6,47	-
TULSMA (Libro VI- Anexo I Tabla 1)	9	-	-	-	6	-	-	200	-	-	400	250	0,05	0,05	1	1	0,05
WHO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,01	-	2	-	0,01

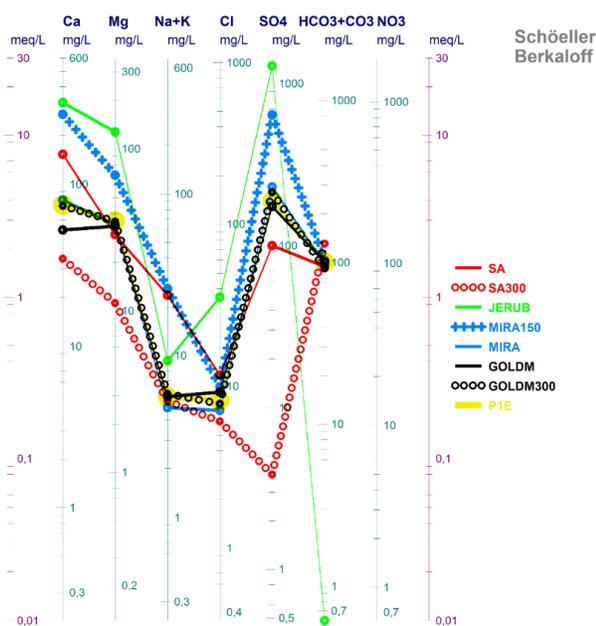


Figura 5. Diagrama de Schöeller

#### IV. CONCLUSIONES

Mediante este caso de estudio los estudiantes y profesores fueron capaces de trabajar en grupo y complementar las fortalezas entre las carreras de Ingeniería Civil y de Minas para el levantamiento de información, análisis de resultados sobre la

calidad del recurso agua y el monitoreo ambiental de ese recurso, contribuyendo al RAI N° 6. d): Tener la capacidad para trabajar como parte de un equipo multidisciplinario, donde se observa un nivel alto de desarrollo del 80%, en comparación con el RAI evaluado en las asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil que fue del 51%.

Esto ha permitido contrastar las mediciones obtenidas en las asignaturas con las mediciones obtenidas en la práctica de vinculación, para ambas carreras, el Resultado de Aprendizaje Institucional 4 (RAI 4), reconocimiento de la necesidad de, y la habilidad de comprometerse con el aprendizaje continuo, donde se evidencia que los estudiantes presentan un nivel alto de aprendizaje para los criterios 2. aprende de forma independiente, en el criterio 3. Usa diversas fuentes de información académica o profesionalmente reconocidas, criterio 4. Analiza validez y confiabilidad de información recopilada de las fuentes consultadas, donde se observa que demostraron capacidades desarrolladas de búsqueda y selección de la información más relevante, así como el manejo de referencias bibliográficas.

Mientras se observa un bajo nivel de desarrollo en los criterios 1. Identifica lo que requiere aprender y 5. Evalúa la forma como aprende. En la práctica de vinculación se estimó un 72% de estudiantes en ambas carreras que alcanzan un nivel alto de desarrollo en el RAI 4, mientras que en la evaluación de las carreras se alcanzó 67% en Ingeniería Civil y 38% en Ingeniería de Minas.

Los estudiantes tuvieron capacidad de procesamiento y análisis de resultados de la información hidroquímica y ambiental del sector, con lo cual establecieron fuentes de contaminación, tipo de agua y su calidad. Además, diseñaron previamente su campaña de muestreo antes de salir al campo, mediante el uso de fichas de muestreo, procedimientos y logística de muestreo, fortaleciendo el saber hacer, mediante la planificación previa del trabajo de campo que es fundamental en estas carreras.

Los estudiantes fueron capaces de identificar sus principales resultados, donde se destaca que: el tipo de agua de las descargas mineras es generalmente del tipo sulfatadas cálcica. Siendo el sulfato uno de los elementos contaminantes que se encuentra por encima de los límites permisibles para consumo y uso doméstico, acorde al TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente) y al WHO (World Health Organization). El mismo que no había sido identificado en el programa de monitoreo de la Asociación realizado en el mes de abril del 2010. La causa identificada con los altos niveles de sulfatos, es que están asociados a la mineralogía del sector, donde existen sulfuros, como la pirita, y la calcopirita.

Además, se observa que los estudiantes tienen habilidades y destrezas desarrolladas para el uso de equipos de monitoreo y muestreo, manejo de programa informáticos para evaluar el tipo y calidad de agua, promoviendo el saber hacer. Además, presentan un alto nivel de conocimiento y facilidad de aplicación de la legislación vigente para la calidad de agua, promoviendo el saber.

El RAD (e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en las áreas de perforación y voladuras, geotecnia, hidrogeología, explotaciones mineras, procesamiento mineral, evaluación de proyectos mineros y sistemas de gestión ambiental, que fue evaluado previamente en la materia Geohidrología de Minas, para la carrera de ingeniería de minas evidencia un nivel de alto desarrollo para los criterios de identificación del problema, causas y consecuencias, y en el criterio de evaluación de resultados, donde se observa que los resultados son correctos y claros, observando habilidades para manejo de programas informáticos para la tabulación y representación gráfica de los resultados.

En el RAD (e) se observa que el criterio de análisis crítico presenta un nivel bajo de aprendizaje, considerado en desarrollo, debido a que no se genera análisis integral de los resultados y su coherencia con el problema, además no se plantean soluciones claras a esta problemática.

El RAD (e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería civil, se puede observar un alto nivel de aprendizaje en los criterios de identificación del problema, causas y consecuencias, y en el criterio de evaluación de los

resultados se observa un nivel medio de aprendizaje, afectado por no presentar de forma clara los resultados y por su baja correlación con la problemática. Mientras el criterio de análisis crítico presenta un nivel bajo de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil como ocurre con los estudiantes de Ingeniería de Minas.

El RAD (e) evaluado en la práctica de vinculación alcanzó un alto desarrollo para los estudiantes de ambas carreras (77%), obteniendo similares resultados con los obtenidos en la evaluación de las asignaturas, donde se alcanzó 73% en Ingeniería Civil, y 80% en Ingeniería de Minas.

A nivel global se observa que los resultados de aprendizaje evaluados durante la práctica de vinculación obtuvieron un mayor porcentaje de estudiantes que alcanzaron un nivel alto de desarrollo, en comparación con las mediciones realizadas en las asignaturas, lo cual al contrastar ambos resultados puede justificarse debido a que la muestra de estudiantes utilizada para la evaluación de la práctica corresponden a los estudiantes que están en los últimos niveles de ambas carreras.

#### AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de vínculos actualmente está siendo realizado gracias al trabajo conjunto con los miembros de la Asociación de Mineros Autónomos 12 de Octubre, la Unidad de Vinculación con la Sociedad de la ESPOL, estudiantes y profesores de ESPOL que cumplen sus distintos roles en el desarrollo de este proyecto.

#### REFERENCIAS

- [1] LEY DE MINERÍA RO. NO. 517 DEL 29 DE ENERO DEL 2009.
- [2] REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MINERÍA. DECRETO EJECUTIVO NO. 119, RO NO. 67 DEL 16 DE NOVIEMBRE DEL 2009.
- [3] REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS EN LA REPÚBLICA DEL ECUADOR RAAM DECRETO EJECUTIVO NO. 121, RO NO. 67 DEL 16 DE NOVIEMBRE DEL 2009.
- [4] LEY PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.
- [5] REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, EN LO RELATIVO AL RECURSO AGUA.
- [6] REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR DESECHOS PELIGROSOS.
- [7] REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA. D.E. N° 3934, R.O. NO 999 DEL 30 DE JULIO DE 1996.
- [8] LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.- R.O. N° 245 DEL 30 DE JULIO DE 1999.
- [9] TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA). DECRETO EJECUTIVO NO 3399 PUBLICADO EN EL R.O NO 725 DEL 13 DE DICIEMBRE DEL 2002.
- [10] DECRETO EJECUTIVO NO. 1630. DECRETO EJECUTIVO NO. 1630, RO NO. 561 DEL 1 DE ABRIL DEL 2009.
- [11] LEY DE AGUAS. CODIFICACIÓN 2004 - 016
- [12] LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE, REGISTRO OFICIAL 418 DEL 10 DE SEPTIEMBRE DEL 2004.