

Aplicación de la metodología de aprendizaje basado en retos aplicado a estudiantes de dos asignaturas del segundo ciclo académico de Ingeniería en Geología

John Luis Manrique Carreño y Víctor Aurelio Sanmartín Gutiérrez

Title-Application of the methodology of learning based on challenges applied to students of two subjects of the second academic cycle of Engineering in Geology.

Abstract- This work shows how the students of the second academic cycle of the Geology Engineering career of UTPL has been carried out a project of Challenges Based Learning, in which interchange contents and the learning methodologies of two subjects, Crystallography and Mineralogy and Analytical Chemistry, the students learned to identify mineral samples in fluvial sediments, from the mineralogical and chemical point of view. They were organized in groups by assignment of roles, they took pictures from each activity and they realized a movie, using two social networks (Instagram and YouTube), they could visualize the results.

Index Terms- Learning based on challenges, roles, mineralogy, chemistry, social networks.

I. Introducción

En la Universidad Técnica Particular de Loja en la actualidad y caminando acorde con su modelo pedagógico se ha implementado una nueva metodología de aprendizaje basado en retos (ABR) en donde pueden interactuar profesores y sus estudiantes de diferentes secciones con sus respectivas asignaturas de un mismo nivel, entrelazando los conocimientos y la parte práctica y experimental para generar nuevas propuestas y de esta manera mejorar su formación académica, este trabajo es la extensión de un artículo presentado en CINAIC 2019 [1] (Manrique J. y Sanmartín V. 2019, pp.50-55). A la luz de la demanda de añadir nuevos componentes prácticos o nuevos métodos de aprendizaje al curriculum hay que tomar decisiones difíciles sobre qué curso (o conceptos, o métodos) deberían ser eliminados o comprimidos para conocer la necesidad contemporánea en el desarrollo profesional de nuestros estudiantes [2]. El cambio y la innovación en las prácticas del aula, tan necesarias para un desempeño profesional eficiente en los complejos escenarios educativos que estamos enfrentando en la actualidad [3]. Los estudiantes deben ser formados para desarrollar competencias que los preparen para enfrentar

un ambiente incierto, complejo y de posibilidades ilimitadas [4].

Los laboratorios ofrecen una excelente etapa con un ambiente centrado para aprendizaje el cual requiere un aprendizaje activo y colaborativo. En ellos los estudiantes se enfrentan a situaciones reales las cuales desarrollarán en su vida profesional.

Nosotros hablamos sobre el uso de grupos de trabajo como una parte efectiva del formato en el curso de Mineralogía Introductoria en la UBC [5].

En la carrera de Ingeniería en Geología se imparten dos cursos fundamentales en el segundo ciclo académico: Química Analítica y Cristalografía y Mineralogía. En esta última asignatura según [6], los resultados de aprendizaje están limitados y los estudiantes necesitan: saber, entender y poder hacer antes de tomar cursos posteriores como por ejemplo de petrología. En particular, deben: (1) conocer la constitución química y las propiedades de los minerales formadores de rocas comunes, (2) entender los esquemas comunes de clasificación de minerales y rocas, (3) entender cómo se pueden interpretar los minerales para inferir condiciones y procesos geológicos, (4) saber cómo usar una lupa de mano y un microscopio petrológico y (5) adquirir las habilidades necesarias para ser capaz de reconocer los minerales y realizar dibujos apropiados de ellos en espécimen de mano. Esto puede ser algo tedioso para los estudiantes de nuevas generaciones cuya forma de aprender no es similar a la de los profesores que dictan estas materias.

Para ello se planteó un proyecto de cátedra integradora, en la que se utiliza la metodología de ABR, con el fin de que los estudiantes pongan en práctica las competencias de las asignaturas Cristalografía y Mineralogía y Química Analítica, para identificar muestras de minerales en sedimentos fluviales, tanto desde el punto de vista mineralógico como desde el punto de vista químico; la idea es fomentar el trabajo en equipo, asignando diferentes responsabilidades a cada uno de los miembros, las mismas que serán descritas más adelante, con el fin de que sean ellos los generadores de su propio aprendizaje de manera autónoma, activa y colaborativa.

La metodología de ABR y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), hace que el estudiante confronte un reto de su entorno y requiere el análisis e investigación de conocimientos para generar propuestas. Se basa en el concepto de reto como factor clave para despertar el interés en los estudiantes en su propio aprendizaje [7].

I. Contexto

Aprendizaje Basado en Retos

Hoy en día los estudiantes pueden acceder a los recursos de la red con fines educativos en cualquier lugar, obteniendo una perspectiva más completa sobre los problemas mundiales de lo que antes era posible. Los educadores prestan cada vez más atención a los niveles de curiosidad y los deseos de sus alumnos para aprender algo nuevo y útil, con aplicaciones prácticas en el mundo real [8].

En este contexto, el aprendizaje basado en retos o desafíos ha emergido como un nuevo enfoque para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje creativo e innovador, ABR, como método de enseñanza y aprendizaje, incorpora tecnología, trabajo en equipo, aprendizaje autodirigido, aprendizaje entre pares, resolución de problemas del mundo real y aprendizaje reflexivo en sus actividades de aprendizaje, que pueden extenderse del aula a la comunidad local [8].

La empresa Apple llevó a cabo en 2008 el proyecto denominado "Apple Classrooms of Tomorrow-Today. En dicho proyecto se aplicó un método en el que el alumnado trabajaba en equipo, no solo entre los compañeros, sino también con profesorado y externos especialistas en el área de ámbito del trabajo. Apple denominó a este método Challenge Based Learning (CBL) [9].

Aprendizaje de materias técnicas en Geología

La instrucción efectiva puede mejorar nuestra capacidad para retener a los estudiantes en la especialización en geociencias y para elevar su nivel de experiencia en mineralogía, petrología y geoquímica (MPG) por ejemplo (Manduca, 2007). La investigación sobre el aprendizaje y la educación proporciona un marco para diseñar experiencias de aprendizaje en nuestras clases. Como comunidad, estamos bien posicionados para considerar los objetivos de la instrucción MPG y evaluar los materiales y métodos que utilizamos actualmente en nuestra enseñanza [10].

El aprendizaje en la carrera de Geología debe contener conocimientos sólidos en mineralogía y en química, que permita al futuro profesional desenvolverse en un mundo laboral competitivo, en donde el impacto ambiental cada vez es más analizado, aún más en sectores como la minería.

Es por lo anteriormente expuesto que, se decidió desarrollar este proyecto de cátedra integradora entre las asignaturas de Cristalografía y Mineralogía y Química Analítica.

II. Descripción

El proyecto se llevó a cabo con estudiantes de la Titulación de Ingeniería en Geología, del segundo ciclo académico quienes cursaron las asignaturas Cristalografía y Mineralogía y Química Analítica. Una vez matriculados los estudiantes, se decidió el número de grupos e integrantes de cada uno por Sección (A y B), determinándose 6 grupos en el A y 3 grupos en el B de 5 estudiantes cada uno, para un total de 45 alumnos, ya que A y B son las secciones que se disponen en ambas

asignaturas. En la sección A estaban matriculados 30 estudiantes y en la sección B, 15 estudiantes. Luego cada grupo está compuesto de 5 integrantes que desempeñaron los roles. Se empleó una encuesta en línea para asignar cinco roles por grupo, en función de las actividades que debían desempeñar en el proyecto para las dos asignaturas, con la siguiente pregunta: ¿En un grupo de trabajo qué rol te gustaría desempeñar? (elija en orden de preferencia, 5 el de mayor preferencia).

- Coordinador: Debe ser un líder nato. Se encarga de acoplar el trabajo de cada integrante del grupo y dirige al grupo en las tareas asignadas.
- Explorador: Le gusta el trabajo de campo. Responsable de la logística y materiales necesarios para el muestreo y coordina las actividades de muestreo y traslado de las muestras al laboratorio.
- Investigador: Tiene curiosidad por adquirir conocimientos. Busca información técnica-científica sobre el trabajo planteado y verifica resultados obtenidos en el transcurso del trabajo.
- Laboratorista: Le gusta el trabajo de laboratorio. Se encarga de coordinar el tratamiento físico de las muestras recolectadas y coordina todos los análisis químicos y mineralógicos.
- Presentador: Tiene capacidad de oratoria y transmitir la información. Se encarga de la divulgación visual de los resultados parciales y coordina la elaboración del video final del proyecto.

De esta manera los estudiantes escogieron los roles que más apreciaban en función de sus destrezas y habilidades. Como ya se ha mencionado, los grupos se ordenaron en función de los roles de cada alumno, de acuerdo con los resultados determinados en la encuesta, esto con el fin de que los jóvenes desempeñaran un rol afín en cada grupo.

Una vez conformados los grupos se procedió a indicarles los sitios de muestreo, en los que, con la colaboración de dos ayudantes de cátedra del séptimo ciclo de la carrera, cada grupo tomó una muestra de sedimentos fluviales (arenas) (ver figura 1) con el fin de realizar los diferentes ensayos experimentales en el laboratorio en ambas asignaturas. Esto permitió desarrollar habilidades y destrezas también en los estudiantes del ciclo académico más avanzado.



Figura 1. Toma de muestra de sedimentos fluviales.

El reto para todos los grupos fue el de analizar las muestras de sedimentos, para identificar las principales fases minerales en las muestras empleando las metodologías enseñadas a lo largo del curso de Cristalografía y Mineralogía, así como determinar la composición química de los sedimentos, empleando las metodologías enseñadas a lo largo del curso de Química Analítica.

En el transcurso del proyecto, cada grupo tomó fotos de los minerales y las cargaron en las cuentas creadas en Instagram, para visualizarlas no solo con los estudiantes y profesores de la carrera sino con el resto de los internautas. La foto de cada fracción estudiada (magnética y no magnética) con más “me gusta”, obtuvo la mayor puntuación en un rubro de evaluación en el plan docente. De esta forma cada grupo se esmeró en tomar la mejor foto y hacer la mejor descripción posible, adquiriendo conocimientos acerca de las propiedades físicas de los minerales, fórmula química, etc., como es el caso de la magnetita con un magnetismo fuerte y la hematita su color pardo-rojo [11]. (ver figuras 4 y 10).



Figura 2. Identificación de minerales en muestras de sedimentos.



Figura 3. Estudiantes analizando los difractogramas en sus computadoras para identificar las principales fases minerales.

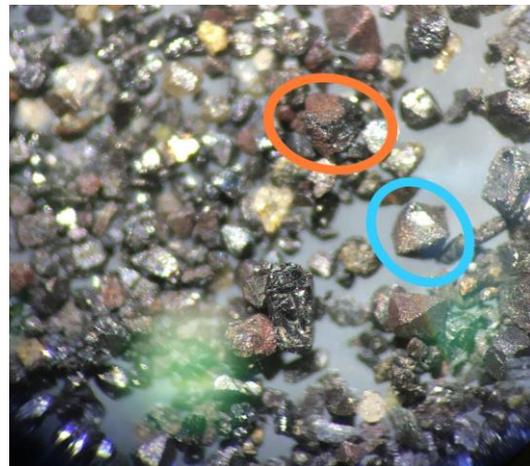


Figura 4. Presencia de magnetita (azul) y hematita (naranja).

En la figura 3, las muestras también fueron analizadas por la técnica denominada Difracción de rayos X (DRX), mediante el uso de un software libre llamado X'Pert Highscore, con el que los propios estudiantes determinaron las principales fases mineralógicas de las muestras, adquiriendo destrezas, habilidades y conocimientos en el campo de la Mineralogía, resolviendo un problema real con el uso de un software moderno. El método de difracción de rayos X de polvo cristalino es el único método analítico que es capaz de suministrar información cualitativa y cuantitativa sobre los compuestos presentes en una muestra sólida [12].

El proyecto también contempló a través de la asignatura de Química Analítica empleando digestiones ácidas de las muestras minerales, el análisis químico cualitativo utilizando reacciones clásicas de la marcha analítica de los metales de la clasificación del 1°, 2°, 3°, 4° y 5° grupos[13], y cuantitativo por medio de técnicas instrumentales como Fluorescencia de rayos X (FRX), con

Como citar este paper: Carreño, John Luis Manrique and Gutiérrez, Víctor Aurelio Sanmartín, "Application of the Challenge-Based Learning Methodology Applied to Students of Two Subjects of the Second Academic Cycle of Engineering in Geology" in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, pp. 29-35, Feb. 2021. doi: 10.1109/RITA.2021.3052480

este método se determina las concentraciones de los constituyentes de las muestras (que varían de mayoritarios a elementos vestigios). Aunque este método es usado para caracterizar minerales, también puede ser aplicado a distintos tipos de muestras [14]. y Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP OES) del Laboratorio de Geoquímica Analítica.

Para finalizar cada grupo de estudiantes grabó un video del proyecto realizado y fue cargado en YouTube, siguiendo la misma metodología que en el caso de las fotos en el Instagram, con el mayor número de “me gusta” mayor puntuación.

III. RESULTADOS

Al aplicar la encuesta en línea gratuita a los estudiantes para asignar los roles, se obtuvieron los siguientes resultados (ver figuras 5, 6, 7, 8 y 9) para el paralelo A, por ejemplo:

Un 30% de los estudiantes tuvieron afinidad con el rol de coordinador del grupo, un 32,6% con el rol de explorador, un 40% con el rol de investigador, un 35,48% con el rol de laboratorista y un 30% con el rol de presentador.

Se conformaron nueve grupos entre los dos paralelos para ambas asignaturas, en los cuales se encontraba en cada uno de ellos: un coordinador, un explorador, un investigador, un laboratorista y un presentador.

Las cualidades y actividades asignadas a cada rol sirvieron para que los estudiantes con esas aptitudes se desarrollaran mejor durante el desarrollo del proyecto, ya que tenían afinidad con esos roles escogidos.

3 ¿En grupo de trabajo qué rol te gustaría desempeñar? (elija en orden de preferencia, 5 el de mayor preferencia).

1) Coordinador: Debe ser un líder nato. Se encarga de acoplar el trabajo de cada integrante del grupo. Dirige al grupo en las tareas asignadas.

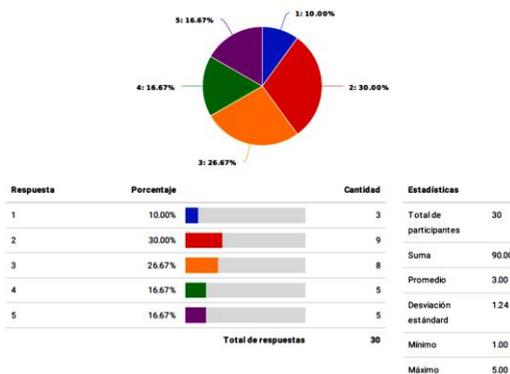


Figura 5. Resultados de encuesta para asignación de roles, tercera pregunta en el rol de Coordinador.

2) Explorador: Le gusta el trabajo de campo. Responsable de la logística y materiales necesarios para el muestreo. Coordina las actividades de muestreo y traslado de las muestras al laboratorio.

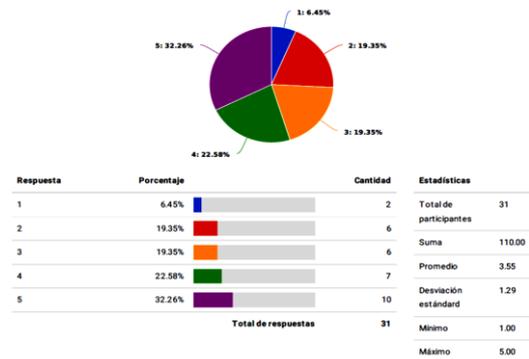


Figura 6. Resultados de encuesta para asignación de roles, tercera pregunta en el rol de Explorador.

3) Investigador: Tiene curiosidad por adquirir conocimientos. Busca información técnica-científica sobre el trabajo planteado. Verificar resultados obtenidos en el transcurso del trabajo.

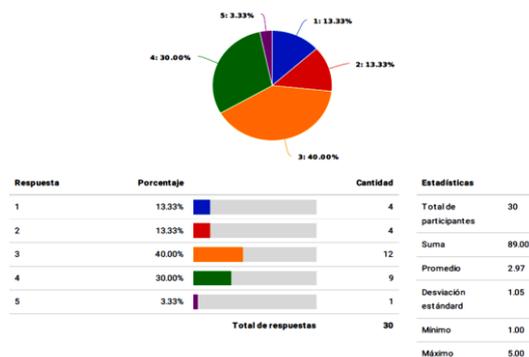


Figura 7. Resultados de encuesta para asignación de roles, tercera pregunta en el rol de Investigador.

Hay que destacar que los roles de explorador y laboratorista, fueron los más escogidos por los estudiantes en las encuestas, con un 40% y un 35,48% respectivamente, como ya se mencionó antes, esto fue muy importante ya que se notan las aspiraciones de los estudiantes, en cuanto al aprendizaje de las actividades que tienen que ver con la toma de muestras naturales, tratamiento físico o acondicionamiento de las mismas y análisis tanto químicos como mineralógicos en el laboratorio, competencias específicas de ambas asignaturas.

Como citar este paper: Carreño, John Luis Manrique and Gutiérrez, Víctor Aurelio Sanmartín, "Application of the Challenge-Based Learning Methodology Applied to Students of Two Subjects of the Second Academic Cycle of Engineering in Geology" in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, pp. 29-35, Feb. 2021. doi: 10.1109/RITA.2021.3052480

4) Laboratorista: Le gusta el trabajo de laboratorio. Se encarga de coordinar el tratamiento físico de las muestras recolectadas. Coordina todos los análisis químicos y mineralógicos.

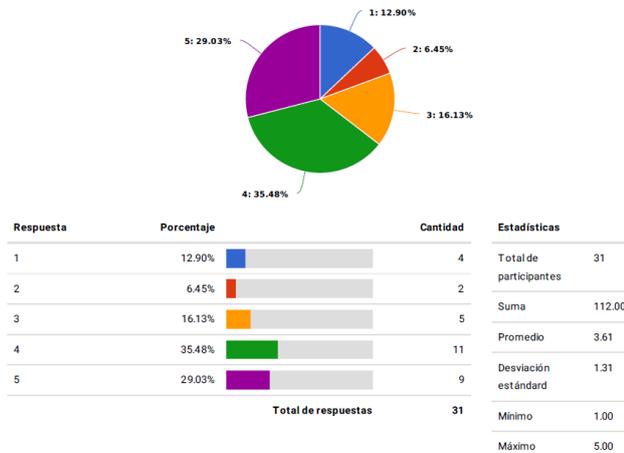


Figura 8. Resultados de encuesta para asignación de roles, tercera pregunta en el rol de Laboratorista.

5) Presentador: Tiene capacidad de oratoria y transmitir la información. Se encarga de la divulgación visual de los resultados parciales. Coordina la elaboración del video final del proyecto.

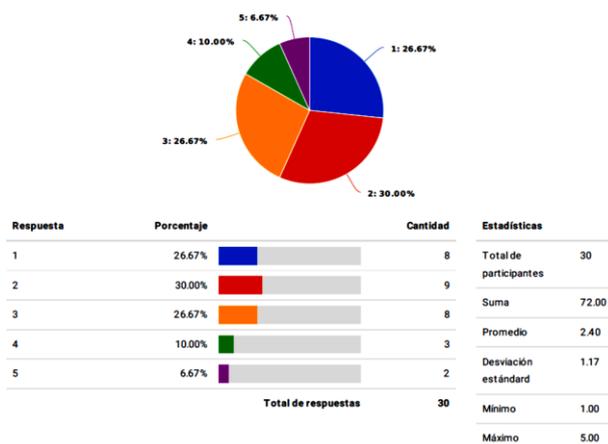


Figura 9. Resultados de encuesta para asignación de roles, tercera pregunta en el rol de Presentador.

Asumiendo los roles cada grupo asumió el reto de analizar las muestras desde el punto de vista mineralógico como químico, en distintas actividades, prácticas planificadas y organizadas por ambos docentes. De esta manera pudieron adquirir competencias específicas que les permitió resolver el problema con un enfoque pedagógico distinto.

Los estudiantes analizaron los minerales presentes en las muestras a través de los difractogramas, usando un software libre. Esto permitió que ellos mismos pudiesen preparar las muestras, analizar, e interpretar los resultados por si solos.

Uno de los aspectos más novedosos del proyecto fue la toma de fotografías de los minerales, empleando los microscopios o lupas binoculares del laboratorio de Mineralogía, y posteriormente publicarlas en una cuenta de la red social Instagram, llamada Mineralandia, con el fin de visualizar el trabajo llevado a cabo por cada grupo. Esto indujo en los estudiantes la capacidad de investigar acerca

de las principales propiedades físicas de los minerales en dos fracciones: magnéticas y diamagnéticas (ver figura 12).

En esta cuenta de Instagram los estudiantes cargaron fotografías de sus proyectos, las cuales se sometieron a votación pública y las fotos con más visualizaciones o “me gusta”, obtuvieron puntos en la evaluación de la asignatura Cristalografía y Mineralogía. A continuación, se encuentra el enlace web de la cuenta <https://www.instagram.com/?hl=es-la>

También se cargaron contenidos teóricos sobre mineralogía, propiedades físicas, clasificación de minerales, entre otros, con el fin de brindarles otro recurso educativo a los estudiantes y al público en general.



Figura 10. Presencia de magnetita y hematita pseudomagnetita.

Dentro de la Química Analítica se incluye el Análisis Químico que es la parte práctica que aplica los métodos de análisis para resolver problemas relativos a la composición y naturaleza química de la materia [15]. En la asignatura Química Analítica los estudiantes prepararon las muestras magnética y diamagnética, luego procedieron a realizar la digestión ácida de las mismas; determinaron algunos metales de forma cualitativa (ver figura 11) mediante reacciones sencillas y rápidas como método de diagnóstico preliminar, los reactivos especiales actúan sobre muy pocas especies químicas y se emplean para ensayos de identificación o reconocimiento[15], y cuantitativa por medio de Fluorescencia de rayos X (FRX), es un análisis rápido, simultáneo y multielemental, que es una técnica versátil, de análisis no destructivo y de uso común para la determinación de elementos mayoritarios y minoritarios en muestras ambientales y minerales[16]. y Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP OES). La instrumentación con plasma acoplado inductivamente (ICP) permite análisis rápidos, simultáneos y multielementales, obteniéndose límites de detección bajos, a concentraciones de $\mu\text{g L}^{-1}$ [17]. La espectroscopia de emisión de plasma de acoplamiento inductivo se lo utiliza principalmente para análisis cualitativo y cuantitativo de muestras que están disueltas en disolventes acuosos u orgánicos [18].

Como citar este paper: Carreño, John Luis Manrique and Gutiérrez, Víctor Aurelio Sanmartín, "Application of the Challenge-Based Learning Methodology Applied to Students of Two Subjects of the Second Academic Cycle of Engineering in Geology" in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, pp. 29-35, Feb. 2021. doi: 10.1109/RITA.2021.3052480

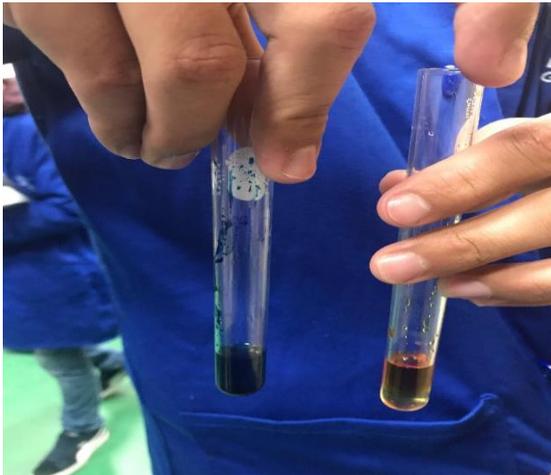


Figura 11. Reconocimiento cualitativo de cationes.

Con el equipo de Fluorescencia de rayos X (FRX) mediante el método de medición Mining Light Elements, determinaron el contenido de los constituyentes químicos en forma de óxidos presentes de cada una de las muestras magnética y diamagnética (ver figura 12 y 13).



Figura 12. Preparación de la muestra para FRX.



Figura 13. Lectura de la muestra por FRX.

Con el equipo de Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP OES), con las muestras digeridas magnética y diamagnética, en la solución, se analizaron cationes como cromo (Cr), vanadio (V) y cobalto (Co) y en las soluciones diluidas con un factor de dilución de 2000, se analizaron hierro (Fe) y titanio (Ti), (ver tablas 2 y 3), (ver figuras 14 y 15 y tablas I y II).

Tabla I. Concentración de cationes en la fracción magnética

Fracción Magnética					
Catión	Cr	V	Co	Fe	Ti
Conc. ppm	104,8	173,46	5,54		
Conc. %				53,88	3,09

La fracción magnética es aquella que tiene mayor susceptibilidad frente a un campo magnético como un imán de mano, en ella se concentra principalmente el mineral magnetita. Mientras que la fracción diamagnética presenta menor susceptibilidad magnética.

Tabla II. Concentración de cationes en la fracción diamagnética

Fracción Diamagnética					
Catión	Cr	V	Co	Fe	Ti
Conc. ppm	128,2	449,2	5,58		
Conc. %				1,05	3,2



Figura 14. Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP OES).

Como citar este paper: Carreño, John Luis Manrique and Gutiérrez, Víctor Aurelio Sanmartín, "Application of the Challenge-Based Learning Methodology Applied to Students of Two Subjects of the Second Academic Cycle of Engineering in Geology" in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, pp. 29-35, Feb. 2021. doi: 10.1109/RITA.2021.3052480

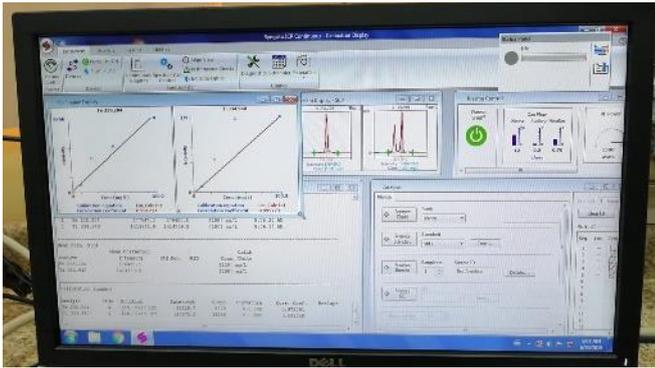


Figura 15. Lectura en el Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP OES).

Los estudiantes presentaron todo su trabajo desde el muestreo y cada una de las metodologías seguidas en cada actividad desarrollada y sus respectivos resultados a través de un video que lo podemos observar en el siguiente link: <https://www.youtube.com/watch?v=RvINREmpgLA>

Este proyecto motivó a los estudiantes ya que, de una forma práctica e innovadora, pudieron resolver un reto y lo más importante lograron adquirir competencias específicas en ambas asignaturas, empleando técnicas de laboratorio y visualizando sus resultados a través de dos redes sociales.

Así mismo, en comparación al año anterior cuyo promedio de aprobación en ambas asignaturas fue del 52%, una vez aplicado este proyecto de innovación educativa, el porcentaje promedio de aprobación alcanzó un 72%. Esto es una evidencia del impacto que tuvo en los estudiantes y como logró mejorar el rendimiento académico.

IV. Conclusiones

El proyecto de aprendizaje basado en retos aplicado a los estudiantes del segundo ciclo de la carrera de Ingeniería en Geología, cursantes de las asignaturas Cristalografía y Mineralogía y Química Analítica, pudo desarrollarse como un proyecto de cátedra integradora, mediante el cual los estudiantes adquirieron competencias específicas de ambas materias, de una forma innovadora.

Lo innovador del proyecto fue el desarrollo de actividades fuera del aula, el trabajo se lo realizó con sedimentos fluviales de diferentes zonas de la cuenca de la ciudad de Loja, esto les permitió a los estudiantes desarrollar competencias como el muestreo de campo y los diferentes ensayos de laboratorio con muestras minerales naturales, despertando en ellos la creatividad y a la vez el ser muy críticos [4].

La visualización de los resultados del proyecto en dos redes sociales permitió una motivación adicional en los alumnos, para desarrollar el proyecto y resolver el reto.

La aplicación de este proyecto de innovación educativa, tuvo un impacto en el índice de aprobación promedio de ambas asignaturas, comparándolas con las del año anterior, ya que pasó de un 52% a un 72%.

Este tipo de proyectos puede replicarse en otras asignaturas de otros ciclos académicos de la carrera, en la cual los estudiantes deben organizarse en función de unos

roles preestablecidos los cuales cumplan con las actividades inherentes al proyecto y que permitan adquirir las competencias específicas de cada componente académico.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue llevado a cabo con la colaboración y financiamiento del Vicerrectorado Académico de la Universidad Técnica Particular de Loja y se agradece la colaboración de los ayudantes de cátedra Luis Quezada y Wladimir Carrión del séptimo ciclo de la carrera de Ingeniería en Geología y Minas.

REFERENCIAS

- [1] Manrique, J. y Sanmartín, V. Proyecto de aprendizaje basado en retos aplicado a los estudiantes del 2do ciclo académico de Ingeniería en Geología. Actas del V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación CINAIC, 2019. 9-11 Oct 2019, Madrid, España. Page(s) 50-55. DOI <http://dx.doi.org/10.26754/CINAIC.2019.0011>
- [2] Darby, D. et al. (2004). Integration of New Methods into Teaching Mineralogy. Journal of Geoscience Education. Volume 52, Issue 1, pp. 23-30, DOI: 10.5408/1089-9995-52.1.23
- [3] Marzábal A., Rocha A. y Toledo B. (2014). Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias. Parte I: sistemas de representación implícita en la epistemología profesional. Revista Educación Química. Volumen. 26, Issue 2, pp. 117-126.
- [4] Olivares S., Lopez M., y Valdez J. (2017). Aprendizaje basado en retos: una experiencia para enfrentar problemas de salud pública. ELSEVIER. Volumen. 19, Issue 3, pp. 230-237.
- [5] Dohaney, J. et al. (2012). Successful Curriculum Development and Evaluation of Group Work in an Introductory Mineralogy Laboratory. Journal of Geoscience Education. Volume 60, Issue 1, pp. 21-33, DOI: 10.5408/10-212.1
- [6] Boyle, A. (2007). Using Alignment and Reflection to Improve Student Learning. Elements. Volumen. 3, Issue 2, pp. 113-117.
- [7] Fundación Carlos Slim. (2016). Aprendizaje Basado en Retos – ABR. Recuperado de <https://capacitateparaempleo.org/assets/2vw4234.pdf> 07 Jun 2019.
- [8] Johnson, L.F., Adams, S. (2011). Challenge Based Learning: The Report From the Implementation Project. The New Media Consortium, Austin, Texas.
- [9] Fidalgo A., Sein-Echaluce M.L. y García F.J.(2017). Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria. Revista Iberoamericana de Informática Educativa, Volumen 25, pp. 1-8.
- [10] Manduca, C. (2007). Improving Instruction in Mineralogy, Petrology, and Geochemistry—Lessons from Research on Learning. Elements. Volumen. 3, Issue 2, pp. 95-100.
- [11] SUSAETA S.A. (2002). Atlas Ilustrado de los Minerales. SUSAETA EDICIONES S.A. Madrid España, pp. 149, 184.
- [12] Skoog D. y Leary J. (1996). Análisis Instrumental. Mc Graw Hill, Madrid, pp. 443-444.
- [13] Burriel F., Lucena F., Arribas S. y Hernandez J. (2008). Química Analítica Cualitativa, PARNINFO, Madrid, pp. 751-793.
- [14] D'Angelo J. et al. (2002). Análisis sin patrones por medio FRX-RS de pequeñas cantidades muestras minerales. SARX 2000, link <https://www.researchgate.net/publication/281650145>
- [15] Collao M. et al. (2011). Laboratori N°1 Analisis Cualitativo de Cationes. Universidad Tecnológica de Chile INACAP, link <https://www.academia.edu/8521116/>
- [16] Marguí E. et al. (2011). Aplicación de la técnica de espectrometría de rayos-X en el estudio de la dispersión de metales en áreas mineras. Boletín Geológico y Minero, Volumen122, Issue (2), Pp.273-286
- [17] Calderill C. (2018). Avances en la determinación de metales basados en la técnica de análisis en flujo multijeringa e impresión 3D. Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Valears , pp. 21,22.
- [18] Skoog D., Holler J. y Nieman T. (2003). Principios de Análisis Instrumental. Mc Graw Hill, Madrid, pp. 258,259

Como citar este paper: Carreño, John Luis Manrique and Gutiérrez, Víctor Aurelio Sanmartín, "Application of the Challenge-Based Learning Methodology Applied to Students of Two Subjects of the Second Academic Cycle of Engineering in Geology" in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, pp. 29-35, Feb. 2021. doi: 10.1109/RITA.2021.3052480



John Manrique es licenciado en Geoquímica por la Universidad Central de Venezuela en 2009, obtuvo la Maestría en Geoquímica por la misma universidad en 2014. Desde el año 2016 desarrolla su labor docente e investigador en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil. Participa y coordina proyectos de vinculación, de innovación e investigación en el área de prospección geoquímica de minerales

radiactivos y elementos asociados, así como en metalurgia de vanadio, geoquímica ambiental y mineralogía. Desde 2019 es doctorando de la Universidad Politécnica de Madrid – España.



Víctor Sanmartín es Ingeniero Químico por la Universidad de Guayaquil Ecuador en 1989, obtuvo la Maestría en Gestión Productiva Universitaria por la Universidad Técnica Particular de Loja en 2008. Desde el año 1989 desarrolla su labor de docencia e investigación en el Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil. Sus áreas de interés son en Beneficio de Minerales, Química General y Química Analítica.