
Geología Estructural, Aprendizaje. Discusion

Analysis and Discussion of Learning Difficulties, Case of Structural Geology

GUILLERMO A CAMARGO-C

Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, A.A 14490, Bogota, Colombia

E-mail: gacamargoc@unal.edu.co

CAMARGO-C, G.A. (2009): Geología Estructural, Aprendizaje. Discusion.- GEOLOGÍA COLOMBIANA, 34, pp. 67-73, Bogotá.
--

RESUMEN

La práctica profesional y docente permite establecer algunas de las principales dificultades de aprendizaje que presentan los estudiantes en el área de Geología Estructural de la carrera de Geología, muchas de las cuales son comunes a todas las ramas de esta ciencia. Aquellas de primer orden y de carácter más general son: el paso de la noción al concepto y de lo abstracto a lo concreto, ambos reflejados en la dificultad para resolver problemas y comprender fenómenos directamente en el campo. Dificultades específicas tienen que ver con el manejo de la tercera y cuarta dimensión, el análisis de información derivada de textos y artículos científicos y la adecuada valoración y pertinencia de los datos de campo y su registro. Los anteriores elementos generan dificultades de orden comunicativo (explicar un termino o fenómeno específico) lo que a su vez conlleva con frecuencia a una falta de claridad dentro y fuera de la comunidad científica sobre ciertos fenómenos y modelos propuestos. Se proponen soluciones parciales que pueden llevarse a la práctica como: -establecer una clara distinción entre ideas, observaciones, hipótesis, teorías, modelos y su papel en la construcción de nuestro conocimiento geológico (epistemología), lo cual conlleva a tener mayor claridad sobre los alcances de algunos conceptos básicos y modelos geológicos, -transmitir constantemente al estudiante la necesidad e importancia de la argumentación lógica, -insistir sobre la interrelación con otras ciencias y entre las distintas ramas de la geología y -motivar e incentivar el papel de las múltiples observaciones e hipótesis. Las anteriores prácticas sin duda facilitarán al estudiante la transición de lo abstracto a lo concreto y disminuirá el choque entre la teoría a la práctica. Esta discusión pretende motivar y promover la reflexión que los docentes podemos hacer acerca de nuestra labor en cualquier área de la geología.

Palabras Clave: Geología Estructural, aprendizaje, pedagogía, docencia.

ABSTRACT

The professional and the academic experience in the university allow establishing some of the main learning difficulties shown by students in the area of Structural Geology, many of which are common to geology. First order general difficulties are: the passing from notion to concept and from abstract to concrete both observed in problem solving, particularly during field works. More specific problems arise from using third and fourth dimension, analysis of information obtained from academic texts and scientific papers and the adequate valuation of the importance of field data and its adequate record. These previous elements generate communicative problems which derive, inside and outside of the scientific community, in a lack of understanding about certain geologic phenomena and proposed models. Some partial solutions are presented such as: establishing a clear distinction among ideas, observations, hypothesis, theories, models and their role in the building of the geological knowledge; transmitting to the students about the importance of logical argumentation; insisting on the interrelation with other branches of the geology and other sciences and motivate the role of multiple observations and hypothesis. Practice of the previous elements will help students to move from abstract to concrete and the shock between theory and practice will be diminished. This discussion is intended to motivate and promote the reflexion teachers can make about our work in any area of geology.

Key words: Structural Geology, learning,

INTRODUCCION

De un modo general podemos decir que las dificultades de aprendizaje en cualquier área de la ciencia pueden tener su origen en: el profesor, el estudiante, el tema en cuestión, aspectos externos varios, o una mezcla de ellos. Aun conociendo lo altamente complejo que puede ser este aspecto, es posible establecer que en un área de la Geología como lo es la Geología Estructural, los estudiantes presentan algunas dificultades de aprendizaje que se hacen evidentes cuando se trata de analizar algunos de sus conceptos básicos y particularmente cuando se trabaja directamente en el campo. El objetivo del presente trabajo es presentar algunas reflexiones sobre las principales dificultades de aprendizaje presentadas por estudiantes en los cursos de Geología Estructural y plantear algunas propuestas de solución de estas dificultades. El análisis se basa en información que se extiende desde la labor docente en la universidad con base en la interacción con los estudiantes, la experiencia laboral y desde luego mis propias experiencias de aprendizaje en la etapa estudiantil y profesional. El análisis asume que si se analiza cuidadosamente el desempeño de los estudiantes durante los cursos teóricos, talleres y particularmente en el campo, es posible definir cuales son los problemas más comunes de aprendizaje. El concepto de “falla geológica” será usado para elaborar el análisis y la discusión del tema. El conocer la naturaleza de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y abrir una discusión al respecto es una parte importante de nuestra labor docente y puede, además, ser una forma de promover y motivar entre los docentes una reflexión sobre nuestra labor e incrementar el deseo de investigar lo que sucede en nuestras aulas con respecto a la interacción profesor-estudiante-conocimiento (CAMARGO 1998, 2002).

DESCRIPCION Y ANALISIS DE LAS DIFICULTADES

Aunque estas dificultades se interrelacionan unas con otras, son de carácter más general: la falta de claridad conceptual (paso de la noción al concepto), y el reconocimiento, estudio, análisis e interpretación de estructuras en labores de campo (paso de lo abstracto a lo concreto). Las dificultades anteriores generan a su vez dificultades para la explicación de términos o fenómenos específicos, análisis e integración de información geológica y correlación de eventos. Se hace evidente la falta de claridad sobre el papel de las ideas, observaciones, hipótesis, teorías y modelos.

Claridad conceptual (dificultad para pasar de la noción al concepto)

La idea de una “Falla Geológica” conlleva un concepto relativamente sencillo que la gran mayoría de los estudiantes, si no todos, pueden describir con palabras de una manera relativamente correcta, ya que es parte de los programas académicos desde el primer semestre. Con base en la experiencia individual del estudiante, el

concepto de “falla geológica” tal vez no presente para algunos una dificultad muy grande; sin embargo, desde el punto de vista práctico puede llegar a ser altamente complejo como puede inferirse a manera de ejemplo al estudiar fallas y zonas de falla que afectan el flanco W de la Cordillera Central y el Valle del Río Cauca (CAMARGO 2007). Los gráficos de textos antiguos y nuevos así como algunos sitios educativos en Internet, nos muestran los principales tipos de fallas y su movimiento relativo con base en dos bloques o esquemas simples. Esos sencillos esquemas en ciertos conceptos geológico-estructurales pretenden mostrar la esencia sobre-simplificada de un fenómeno geológico que puede llegar a ser altamente complejo. Es posible que este tema sea desarrollado de tal manera debido a lo complicado que resultaría el presentar las enormes complejidades “conceptuales” que un termino “aparentemente” tan simple conlleva. Una muestra fotográfica en el salón de clases es suficiente para, al menos, mostrar lo complejo del tema y aspectos íntimamente relacionados con su génesis, evolución, geometría y cinemática, entre otros. Una forma de definir esta dificultad puede ser la de pasar de la noción al concepto.

Análisis e interpretación de estructuras en labores de campo (dificultad para pasar de lo abstracto a lo concreto)

Para ejemplificarlo se plantea un problema específico de definir en el campo la presencia de una falla geológica. Aspectos como la naturaleza de la falla, criterios de definición, grado de exposición, claridad de su trazo, control geomorfológico y muchos otros factores hacen que enfrentarse al problema directamente en el campo genere diferentes grados de desconcierto en un número importante de estudiantes. La explicación del desconcierto puede ser extremadamente variada y compleja e involucra incluso elementos cognitivos personales, lo cual se puede determinar al observar las variadas reacciones que tienen los estudiantes frente al problema. La dificultad de aprendizaje puede ser producida fundamentalmente por una mezcla entre la complejidad misma del fenómeno y probablemente la sobresimplificada presentación conceptual del tema por parte de los textos y por ende, en cierta forma, por nuestras limitaciones docentes en lo conceptual y en lo pedagógico. Lo importante es que se presenta una falta de comprensión del fenómeno natural. Hay dificultades para comprender el fenómeno y por lo tanto para establecer un camino de solución basado en la argumentación. Podemos decir que hay un hecho claro ante los ojos de los estudiantes, sin embargo, recurre a preguntar que es lo que los demás o el profesor “ven”. Aquí vemos un gran temor a ver con nuestros propios ojos.

Los esquemas de los textos pueden parecer para los estudiantes, en mayor o menor medida, abstractos. No por ello se puede culpar a los libros, ni considerar que sean errores didácticos. Por lo tanto, es el maestro quien

tiene que hacer que ese gráfico y su concepto asociado “aparentemente” abstractos, no lo sean así para el estudiante y para ello puede hacer uso de las alternativas didácticas y/o metodológicas que considere convenientes y oportunas. Esta dificultad podría definirse como la falta de entrenamiento para pasar de lo abstracto a lo concreto. Esta y la anterior dificultad se encuentran íntimamente asociadas al manejo conceptual tridimensional de las estructuras y sus modificaciones en el tiempo (cuarta dimensión).

Papel de las ideas, observaciones, hipótesis, teorías y modelos

Interacción con los estudiantes en diversos ambientes académicos permite establecer que existe un variado grado de incertidumbre acerca del significado de las ideas, observaciones, hipótesis, teorías y uso de modelos geológicos, todos comunes en la literatura científica. Lo que para algunos es una verdad absoluta suele ser para otros solo conjeturas o simplemente hipótesis que en algunos casos no resisten una contra-argumentación. Se hace necesario aprender a discutir los esquemas preconcebidos, mitos y verdades establecidas. Sucede con frecuencia que se usan proposiciones que no han pasado todavía la prueba de fuego, es decir no han sido sometidas a contrastación. Esto es común en algunos estudiantes al tratar de establecer una explicación de un fenómeno involucrando ideas que han tomado como verdaderas, sin que lo sean y sin haberlas analizado suficientemente dentro del problema mismo para ver su pertinencia. Se podría incluso decir que jugamos con cierta libertad a pasar de lo particular a lo universal y viceversa sin comprender la naturaleza de la reflexión.

Correlación de eventos e integración de información

Este aspecto es de vital importancia porque significa analizar información de diferente índole (incluso fuera del área específica de la geología estructural) para poder explicar un fenómeno específico. Cuando los estudiantes salen al campo, siempre tendrán que observar el paisaje y sobre este tratar de encontrar una explicación lógica del contexto geológico implícito. En esta labor el estudiante necesita integrar un número importante de diferentes observaciones sobre múltiples elementos que proveen importante información geológica. Por ejemplo, los tipos de rocas, composición, estructuras, grado de erosión y meteorización etc). Como vemos, son muchos los elementos involucrados; sin embargo, un número importante de estudiantes no pareciera estar acostumbrado a integrar distintas disciplinas geológicas para resolver interrogantes específicos. Es nuestra labor hacer comprender al estudiante que cuando estudia una asignatura cualquiera, en este caso geología estructural, es necesario que aprenda a encontrar el máximo número de interrelaciones con las demás áreas geológicas y que en la medida en que aprenda a correlacionar eventos geológicos diversos está fortaleciendo su capacidad de solucionar problemas.

De hecho muchos problemas geológico-estructurales se pueden resolver tomando y correlacionando información de otras disciplinas geológicas como la estratigrafía, petrografía, geoquímica, paleontología, geomorfología, geología física, etc. El mismo caso del reconocimiento y análisis de una falla geológica puede servir como ejemplo para mostrar que en muchas ocasiones ésta puede ser definida y analizada usando cualquiera de las ramas de la Geología mencionadas.

Valoración de la información de campo y su registro

Esta situación se presenta muy seguramente porque no existe una plena consciencia del significado de los datos y cómo nos pueden servir para ayudar en la interpretación geológica de una estructura en particular. El aprender a tomar estos datos en el campo es un aspecto que hay que cultivar con la práctica. El caso de la falla geológica puede ser mencionado para explicar como el estudiante que enfrenta la situación en el campo no advierte con certeza la necesidad de acercarse a observar detenidamente el fenómeno y comenzar a analizar el tipo de información que puede obtener para fortalecer sus argumentos al respecto. Se hace por lo tanto necesario motivar al estudiante para que sus interpretaciones tengan la mayor cantidad de datos observados y medidos y un menor número de suposiciones. Curiosamente es común observar a los alumnos haciendo exactamente lo contrario. Se comienza a especular con las primeras observaciones, sin antes percibir que hace falta observar el fenómeno desde diversos ángulos y a diferentes escalas. Esto lleva a trabajar con pre-concepciones las cuales con frecuencia nos llevan a obviar datos que no encajan en el modelo que tenemos en mente.

Dificultades comunicativas

Aquí se presentan algunas ideas acerca de la comunicación entre estudiantes, el respeto por las ideas ajenas y madurez para enfrentar el proceso de apropiación del conocimiento. Este es un problema complejo y una forma de contribuir en su solución tiene que ver con el diseño de alguna forma de trabajo que responsabilice más al estudiante y que existan los espacios para que presente sus ideas para ser debatidas entre ellos mismos con libertad y respeto. Una forma puede ser mediante la elaboración de una guía didáctica que pretenda orientar al estudiante en la construcción de su propio conocimiento. Aunque este método puede generar mucha discusión e incluso rechazo, puede sin embargo, apoyar el aprendizaje desde otros ángulos.

Esta guía debe proveer un marco o soporte pedagógico y didáctico que estimule en el estudiante un trabajo mucho más personal y productivo. Adicionalmente, puede proporcionar las siguientes bondades: Claridad en el derrotero y las metas a alcanzar, presenta una idea clara sobre los contenidos, la secuencia y dificultades durante el recorrido, provee como verificar la calidad del trabajo

desempeñado, motiva al estudiante para apropiarse del proyecto de aprendizaje y desarrollo implícitos en el curso, señala como ha de ser el trabajo de los alumnos para realizar con mayor éxito el aprendizaje y la formación, incentiva la autonomía del estudiante en la búsqueda y elaboración del conocimiento y plantea cómo se debe hacer la evaluación, señala las dificultades y orienta para su superación. Complementariamente para enfrentar estas dificultades es posible realizar el denominado "seminario investigativo o mesa redonda". Esta actividad permite que los estudiantes se vean enfrentados a una actividad que les exige disciplina, responsabilidad y gran concentración. De este ejercicio se entrena al estudiante a manejar una discusión, a dar la palabra de manera ordenada y a discutir y calificar ideas y no a personas.

Papel de la Epistemología

Considero que algunas de las dificultades previamente expuestas se presentan en parte porque se desconoce en cierta medida las bases epistemológicas, es decir la forma como el conocimiento se construye y se modifica en el tiempo (PIAGET 1972, BARRAGÁN 1997, BEDOYA & GÓMEZ 1997). Además, se observa con frecuencia que no hay total claridad acerca del significado de las observaciones, hechos, teorías, hipótesis, modelos, etc. lo cual se extiende en alguna medida a nosotros los profesores. Lo anterior supone que nosotros los profesores debemos en lo posible prepararnos para que los estudiantes comprendan la importancia de este tipo de conocimiento. Si conociéramos cómo los grandes adelantos en el conocimiento geológico se han llevado a cabo, como ha sido el pensamiento de nuestros precursores de la ciencia y como se sigue construyendo conocimiento hoy en día, estaríamos preparados para ser mejores observadores.

Creo que en todo lo mencionado la argumentación cumple un papel de gran importancia. Si los estudiantes fueran conscientes del papel del conocimiento y del papel de su formación profesional, al estar parados frente al afloramiento con algo que al parecer es una Falla Geológica, deberían intentar llegar a una respuesta por sus propios medios, con base en el conocimiento que han obtenido de sus estudios. Por ello tratarían simplemente de hacer observaciones que les permita generar argumentos acerca de la naturaleza de ese fenómeno geológico en cuestión. Es importante que el estudiante conozca cuál es el estado del conocimiento acerca de un aspecto dado y cual es la naturaleza de este conocimiento. Lo anterior me lleva a pensar sobre la importancia de alimentar nuestra posibilidad de generar teorías sobre lo que conocemos, nuestras propias teorías para así poder someterlas a contraste y construir conocimiento.

Es necesario que el estudiante conozca, eso sí con cierto detalle, el papel, por ejemplo de los modelos en la construcción de conocimiento. A menudo estos modelos son deliberadamente sobre-simplificados para ser comprensibles y para enfatizar las características más

importantes del proceso. Si los estudiantes comprenden el significado de las observaciones y como estas derivan mas adelante en modelos, estos pueden construir un concepto mucho más realístico del fenómeno y quedan mejor capacitados para generar discusión y análisis. Esto aplica con cierta claridad cuando se escucha hablar de los modelos evolutivos de algún territorio de nuestro país, en donde pareciera que el conocimiento estuviese ya debidamente estructurado, indiscutible y del cual ya se sabe como funciona. El problema aquí, desde el punto de vista pedagógico, es que no hay proceso formador ya que se está haciendo que el estudiante aprenda productos ya terminados.

Al hablar de lo empírico, es decir lo resultante de nuestra propia experimentación, nos introducimos en una problemática aún abierta. Sin querer discutirla a fondo vale la pena mencionar que aquí nos enfrentamos a un aspecto muy importante acerca del cual en forma implícita nos involucramos cuando tenemos que interpretar lo que vemos, es decir cuando hacemos observaciones acerca de las cosas. KUHN (1962) rechaza una clara distinción entre teoría y observación porque las cosas que notamos y las formas en que vemos o al menos en que las describimos en gran parte están determinadas por nuestros modelos y problemas. Según Kuhn las relaciones entre observaciones e hipótesis o teorías pueden diferir en paradigmas sucesivos; es decir, cada paradigma en su propio momento ayuda a fijar lo que cuenta como evidencia o prueba. De manera que parte de lo que Kuhn escribe es congruente con una idea de realidad a la que construimos diferentes representaciones. Un paradigma y su teoría asociada ofrecen diferentes maneras de ver el mundo. POPPER (1934) nos ayuda a comprender esta problemática al decirnos que existen errores que se generan directamente durante la práctica de la experimentación, dentro de los cuales está la observación. Para POPPER (1934), las teorías no son nunca verificables empíricamente, y solo admite un sistema científico o empírico si es susceptible de ser contrastado por la experiencia. Además, aceptamos una teoría con preferencia a otras no por justificación experimental sino a la que se mantiene mejor en competición con las demás teorías, la más apta para sobrevivir, y esta será la que a la vez sea contrastable y que también haya resistido las contrastaciones mas exigentes. Los anteriores planteamientos de índole filosófico son solo algunos de los muchos que existen y de los cuales no existe acuerdo entre la comunidad científica, por lo tanto sólo son presentados como un ejemplo de una problemática de orden filosófico mas amplia y compleja.

DISCUSION

No han sido pocas las veces en que los estudiantes estando parados frente a una falla geológica no han sido capaces de reconocerla, de definirla, o de comprender su presencia. Parte de la respuesta reside en la función

orientadora del maestro quien debe brindar a los estudiantes la confianza necesaria para que estos puedan expresar con libertad y sin temor sus ideas. Estos deberían generar su propia teoría acerca de lo que observan. Al confrontar lo que estudian en los libros con lo que ve en la realidad (en el campo) aprenderá el significado de "falla", proceso que necesariamente se debe llevar a cabo a través de un esfuerzo netamente personal y gradual. Esta gradualidad sugiere que el concepto de falla seguirá estructurándose en la mente del estudiante y de hecho lo seguirá haciendo durante su vida profesional.

Las dificultades de aprendizaje descritas muestran, en la práctica, una clara relación, de la cual se presentan a continuación algunas consideraciones. La importancia del conocimiento epistemológico radica en que por intermedio de este podemos conocer como han surgido y evolucionado los conceptos que hoy en día consideramos válidos para conocer y entender alguna parte del mundo en que vivimos. Los estudiantes no conocen, en general, la epistemología de las ramas de la ciencia que estudian en la universidad debido a que posiblemente los docentes no hemos insistido suficientemente en su importancia. El área de Geología Estructural está sujeta a un carácter interpretativo comparativamente fuerte debido a que, por una parte se basa con frecuencia en información reducida y parcializada y por otro lado está sometida a un grado importante de incertidumbre conceptual, no solo por el carácter complejo del fenómeno en cuestión, sino porque su interpretación depende de muchos factores de orden personal como lo son la escuela, la experiencia y los prejuicios propios de quien la realiza. La Geología es una ciencia cuyo principal laboratorio es la naturaleza y tiene un carácter histórico muy fuerte que la diferencia de ciencias experimentales como la ingeniería. Tal vez, un adecuado conocimiento de las diferencias entre estas dos ciencias, en cuanto a cómo su conocimiento se construye, podría reducir las dificultades de orden técnico-comunicativo entre sus profesionales.

También puede resultar provechoso asumir estrategias de tipo metodológico y didáctico cuyos conceptos básicos pueden encontrarse no solo en un gran número de publicaciones especializadas (ELOISA 1988, 1990, ELOISA & TORRES 1988, OROZCO 1994, RESTREPO 1994 y SANTANILLA 1990) sino también en el Internet. Aún así, lo más importante es llegar a implementarlas en forma correcta y eficiente. Para ello se necesita tener muy bien argumentadas las estrategias y estar convencidos de su efectividad. Una forma relativamente fácil y formativa de contribuir a resolver el problema es motivar, incitar y transmitir constantemente a los estudiantes la necesidad de argumentar de una manera lógica. Los estudiantes

deberían saber que el decir si hay o no una falla ahí al frente, es decir la respuesta "sí o no", no tiene mucha importancia como proceso formador. El estudiante debería, sin apresurarse, hacer observaciones cada vez más cuidadosas y tratar de llegar a una respuesta por sus propios medios haciendo uso de todos sus conocimientos. El profesor mas que calificar el "sí" o el "no", debe prestar mucha atención (independiente del "sí" o "no") al proceso argumentativo usado por el estudiante. Por lo tanto se hace necesario mostrar la necesidad de fortalecernos (nosotros los docentes) en nuestro discurso epistemológico, al menos en las áreas del conocimiento que tenemos a cargo en la Universidad. Si los estudiantes conocieran las bases epistemológicas, o si esos conceptos fueran incorporados a un curso en particular, ellos comprenderían mejor los fenómenos geológicos involucrados. Esto implica que un concepto puede ser comprendido de una mejor manera si se conoce la forma como ese concepto fue generado y como evolucionó en el tiempo hasta llegar a la forma como lo conocemos hoy en día.

Creo que los estudiantes llegan a los últimos semestres de su carrera con aquellos denominados sentimientos de convicción de que algunos fenómenos son de una u otra forma, o de tal naturaleza y pareciera que fuese algo tan cierto y sólido que no muestran la más mínima intención de someter sus conceptos a contrastación. Para nosotros los docentes es posible tratar de definir cuáles son las principales ideas que los estudiantes traen consigo antes de estudiar un problema específico. Lo anterior hace parte de lo que algunos llaman las teorías de los estudiantes. Si nos esforzamos en conocerlas entonces estaremos atacando el problema de saber cuales son aquellas premisas singulares, o experiencias subjetivas, o sentimientos de convicción que ellos tienen. Es ahí donde, con el poder de la argumentación, podemos colaborarles de una forma valiosa, si desde luego, les hacemos reflexionar sobre la naturaleza de su propio conocimiento. De esta forma podemos hacer más viable que el estudiante tenga la capacidad de resolver problemas atípicos, diferentes que aquellos que se analizan en los ejemplos básicos.

Aquí se pueden presentar ejemplos concretos en los que con frecuencia nos enfrascamos debido a este problema en particular. En labores de campo es muy común porque a la hora de inferir una solución se toman en consideración con mucha frecuencia enunciados cuyo carácter empírico está aún por resolver. HEMPEL (1988) considera que un sistema teórico sin interpretación empírica es incapaz de ponerse a prueba y así no puede constituir una teoría de fenómenos empíricos; diremos de sus términos así como de sus conceptos, que carecen de relevancia empírica.

Una explicación más de la problemática anteriormente expuesta puede residir en la calidad de nuestra educación preuniversitaria que con frecuencia parece despojarnos de la posibilidad de construir nuestro propio mundo de conceptos y nos ahoga de información ya establecida, única, incuestionable e inmodificable. Este es un aspecto que tiene que ver con la función de la universidad, del docente y de la educación en general (TUNNERMANN 1994, DELORS 1996, PÁRAMO 1986). Esto significa que no estamos formando individuos con consciencia suficientemente crítica y autos reflexivos. En estos casos los docentes tenemos el reto de orientar debidamente a los estudiantes al respecto. Se hace necesario que conozcamos de la mejor forma el significado de ciencia, observaciones, hechos, hipótesis, teorías, modelos y leyes dentro del área específica del conocimiento que enseñamos. En general, para mejorar la función orientadora del maestro éste requiere mayor preparación conceptual, pedagógica y técnica además de filosófica (epistemológica). Desde el punto de vista de la academia se sugiere que los cursos de campo estén enlazados conceptualmente en cuanto a niveles cada vez más exigentes de observación y análisis, con intenso manejo cartográfico tridimensional. Se sugiere que los cursos de Geología Estructural deberían ubicarse en la carrera de Geología en semestres mas avanzados en donde el estudiante ya conozca aspectos petrográficos y estratigráficos lo cual facilitaría la comprensión de muchos fenómenos.

El lector interesado en ensayos filosóficos sobre temas relacionados con las problemáticas planteadas en este trabajo se remite al texto de ALBRITTON (1970).

CONCLUSIONES

Las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la Geología Estructural son de diversa naturaleza. Parte de nuestra labor debe ser el definir dichas dificultades y tratar de buscar, mediante la experimentación, la forma de solucionarlas. En la práctica esto puede sonar muy idealista; sin embargo, el realizar este tipo de labor hace que la experiencia docente se vuelva más dinámica e interesante. Las dificultades mas generales se relacionan con el paso de noción al concepto y de lo abstracto a lo concreto, ambos reflejados en la dificultad de comprender fenómenos directamente en el campo. El manejo de la tercera y cuarta dimensión parece ser uno de los factores de mayor influencia al igual que los distintos grados de incertidumbre conceptual sobre fenómenos en particular, lo cual desemboca en falta de claridad dentro y fuera de la comunidad científica sobre ciertos fenómenos y modelos propuestos. Soluciones relativas pueden llevarse a la práctica si enfatizamos

sobre las complejidades conceptuales mismas de los diversos fenómenos, razón por la cual más pedagógica y didáctica debe ser nuestra labor como docentes para llevar desde un principio al estudiante de lo más sencillo a lo más complejo y así intentar minimizar el choque entre lo abstracto y lo concreto mediante ejercicios de campo debidamente diseñados. El establecer una clara distinción entre ideas, observaciones, hipótesis, teorías, modelos y su papel en la construcción de nuestro conocimiento geológico (epistemología) se hace necesario si deseamos tener mayor claridad sobre los alcances de algunos conceptos básicos y modelos geológicos propuestos. Insistir en la argumentación lógica, interrelación entre las distintas ramas de la geología y otras ciencias e incentivar el papel de las múltiples observaciones e hipótesis son elementos integrales necesarios dentro del proceso educativo.

Se desea que el estudiante tenga la capacidad de resolver problemas atípicos, diferentes que aquellos que se analizan en los ejemplos comunes. En la práctica jugamos con cierta libertad a pasar de lo particular a lo universal y viceversa sin comprender la naturaleza de la reflexión.

Es importante para todos nosotros el aprender a descubrir y discutir los esquemas preconcebidos, mitos y verdades establecidas. En el caso de la falla geológica los estudiantes deberían tener muy claro que el decir "si hay o no" una falla no tiene mucha importancia como proceso formador. El estudiante debería, sin apresurarse, hacer observaciones cada vez más cuidadosas y tratar de llegar a una respuesta por sus propios medios haciendo uso de todos sus conocimientos. Lo importante es el proceso argumentativo usado por el estudiante. De manera general, podría decirse que las dificultades de aprendizaje presentadas pueden ser extrapoladas a otras áreas de la geología al igual que sus propuestas de mejoramiento. Conceptos filosóficos acerca del conocimiento científico pueden servir de apoyo adicional para comprender mejor algunas dificultades inherentes al proceso cognoscitivo.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece de manera especial a José Francisco Rodríguez, profesor de filosofía y Epistemología de la Universidad del Rosario, por su apoyo y motivación durante el curso de Especialización en Docencia Universitaria y sus comentarios sobre una versión inicial de este trabajo. A John Jairo Aristizábal por sus valiosos comentarios y sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRITTON., Jr. 1970. Filosofía de la Geología, Editor Claude

- Albritton Jr.
- BARRAGÁN, H. L., 1997. Epistemología. Editor: Universidad Santo Tomás. Santafé de Bogotá.
- BEDOYA, I., & GÓMEZ, M., 1997. Epistemología y pedagogía. Ensayo histórico crítico sobre el objeto y métodos pedagógicos. Ecoe ediciones. Santafé de Bogotá.
- CAMARGO, G.A., 1998. Acerca del sentido de Pertenencia. IV Congreso Nacional de Profesores de la Universidad Nacional. Memorias.
- CAMARGO, G.A., 2002. Papel de la Epistemología en la Enseñabilidad de la Metodología de la Investigación. Revista Uni-Pluri/Versidad. Memoria II Simposio de Enseñabilidad de la Metodología de la Investigación. Vol. 2, No. 3.
- CAMARGO, G.A., 2007. Ejemplos de roca y zonas de falla en los Andes Colombianos. Revista Boletín de Geología, UIS, Vol. 29, No. 1.p. 41-49.
- DELORS J., 1996. La educación encierra un tesoro. Informe a la Unesco de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI, presidida por Jacques Delors. Grupo Santillana de Ediciones, S.A. Madrid, España.
- ELOISA, V. M., 1988. La investigación en el aula, una alternativa. Investigación Educativa (DIE-CEP). 2, No. 5 Junio. p. 99-107.
- ELOISA, V. M. y Torres, M, N., 1988. Algunas reflexiones en torno a la pedagogía. Arte y conocimiento, No 7. p. 7-14.
- HEMPEL, K., 1988. Fundamentos de la Formación de conceptos en ciencia empírica. Editorial Alianza.
- KUHN, T., 1962. La Estructura de las Revoluciones Científicas. Octava reimpresión (FCE, Argentina) 2004. 219 p.
- OROZCO, S. L., 1994. El destino de la docencia. Hacia la imaginación o la decadencia. En ICFES, Reinención de la Universidad, Santafé de Bogotá, ICFES, p.83-96.
- PÁRAMO, R. G., 1986. Universidad, ciencia y poder en el siglo XIX. En Reflexiones universitarias, Universidad: Historia e investigación, Publicaciones Universidad Central, Bogotá. p. 93-103.
- PIAGET, J., 1972. Naturaleza y métodos de la Epistemología. Editorial Proteo. Buenos Aires.
- POPPER, K., 1934. La lógica de la Investigación Científica. Primera Reimpresión. México: Editorial Iberoamericana, 1996. 451 p.
- RESTREPO, F. G., 1994. Educación, futuro imperfecto, en ICFES, Reinención de la Universidad, Santafé de Bogotá, ICFES, 1994, p.69-81.
- SANTANILLA, E., 1990. La participación y la comunicación en el aula de clase. En M.Torres y L. J Caballero, Conocer para transformar: Una experiencia de investigación-acción participativa (67-94). Manizales: FES-CINDE.
- TUNNERMANN, C., 1994. La Universidad de cara al siglo XXI. En Icfes, Reinención de la Universidad, Santafé de Bogotá, ICFES, p. 3-45.

Manuscrito recibido Septiembre 2009; aceptado Diciembre 2009.