

EPISTEMOLOGIA E HISTORIA DE LA GEOLOGIA COMO FUENTES PARA LA SELECCION Y ORGANIZACION DEL CURRÍCULUM

Epistemology and the History of Science: a contribution to didactic planning. Continental drift

Maurício Compiani (1) y Pedro Wagner Gonçalves (2)

RESUMEN

Nos referimos a la naturaleza del conocimiento geológico para seleccionar y organizar los contenidos y relaciones de una disciplina de Introducción a la Geología. Esta disciplina forma parte de un acercamiento de la Geología a los estudiantes de Biología. Trabajamos con la Geología como una ciencia histórica e interpretativa, de modo que la Geología ayuda a entender el medio ambiente como un proceso histórico global (lo que implica un estudio sobre el tiempo y el espacio y la composición de toda la Tierra y de sus partes).

Tratamos algunos problemas relativos a las Geociencias y a las conceptualizaciones geológicas desde estos puntos de vista. Intentamos recuperar el carácter científico de la Geología: su importancia metodológica, histórica y epistemológica por medio de actividades de campo y estudios regionales. Ponemos especial atención en la importancia del trabajo del profesor.

ABSTRACT

We look at the nature of geologic knowledge in order to select and organize the contents and approaches of a discipline of Introductory Geology. We accept a geologic approach in the discipline to the Biology students. We work with geology as an historical and interpretative science, geology facilitates to understand environment upon the global historical processes (it encloses studies about time, space and composition of the whole the Earth and its parts).

We treat some problems concerning geosciences and geologic choosings and the differences of these guidelines. We try to recuperate the scientific character of geology: its methodological, historical and epistemological relevance by means of field activities and regional studies. This opens environmental perspectives and possibilities of relations among different sciences. We emphasize the importance of teacher works.

Palabras clave: Enseñanza de la Geología, Epistemología, Geología General, Currículum.

Keywords: Geology Teaching, Epistemology, Introductory Geology, Curriculum.

SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL CURRÍCULUM

A menudo cuando se habla de enseñar, ciencias por ejemplo, muchos suponen que los contenidos que se han de transmitir ya están claros, que basta con adoptar un libro de texto, olvidando la riqueza que hay en la práctica escolar: de hecho, cuando enseñamos, hacemos siempre reinterpretaciones y seleccionamos los contenidos de los programas en función de nuestras ideas y expectativas con respecto a las nuevas clases. Estamos de acuerdo con Del Carmen (1994) en que tales decisiones deben ser explícitas para que haya una reflexión sistemática que permita fundamentar y evaluar constantemente las posiciones tomadas.

En verdad, lo que está en juego es la concepción de lo que es el profesor. Defendemos la posición del profesor investigador que discute en clase sus propios supuestos pedagógicos, su actuación y las consecuencias de ella. Es decir, una de las formas más efectivas para que un maestro enseñe es que practique la investigación de modo abierto y creador (Gil & Carvalho, 1992). Su tarea no puede ser la de un mero técnico que aplica "los proyectos o libros de texto ejemplares", elaborados y probados por educadores de despacho, porque se admite el carácter singular, dinámico y variable de cada contexto escolar, del aula y del maestro (Pérez, 1986). Y es más: como la mayor parte de los maestros no aprendió esa postura investigadora, la iniciación del profesorado en investigación se hará con el ejercicio efectivo, por ser una necesidad de primer orden.

(1) E.mail: compiani@IGE.UNICAMP.BR

(2) E.mail: pedrog@IGE.UNICAMP.BR

Area de Educação Aplicada às Geociências. Instituto de Geociências - UNICAMP. CP. 6152 - 13081-970 Campinas - SP. Brasil

Uno de los problemas más complejos que un docente afronta en la escuela se deriva de que la enseñanza está directamente vinculada a la comprensión de la naturaleza de los contenidos. Otras cuestiones se desprenden de la anterior: la elaboración de unidades didácticas, la definición de actividades y procedimientos de aprendizaje, la planificación y evaluación de posibles interacciones que habría que fomentar para favorecer el proceso de enseñanza/aprendizaje. En este artículo vamos a detenernos únicamente en el primer problema (la naturaleza de los contenidos vinculados a la enseñanza de la Geología); utilizaremos el ejemplo de nuestras actividades mancomunadas de investigación y enseñanza, principalmente para la asignatura "Elementos de Geología" (Introducción a la Geología, para alumnos del curso de Biología). No pretendemos ofrecer una respuesta categórica a este punto. Hemos intentado articular varias fuentes de información para dar respuestas provisionales que forman parte de un proceso de reelaboración continua, como una investigación científica basada en supuestos que se reformulan a lo largo del tiempo y a medida que se reciben nuevas informaciones. Probablemente, la principal vertiente creadora de opciones para los contenidos sea la experiencia de los maestros (adquirida en sus campos de investigación específicos y en la actividad empírica con los alumnos); tal experiencia orienta la búsqueda de conexiones entre la investigación y la enseñanza, entre la teoría y la práctica.

RESUMEN DE LOS ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La renovación de la enseñanza de la Geología en Brasil remonta a los años 60; ocurrió principalmente cuando se hizo la adaptación brasileña de los proyectos norteamericanos que planteaban una innovación en la enseñanza de las ciencias. Hasta entonces la Geología se estudiaba fundamentalmente en el marco de la Historia Natural (en la enseñanza media y superior) y en los recién creados, en esa época, cursos de Geología en las Universidades, con lo cual se buscaba atender a las nuevas necesidades de trabajo cualificado para la explotación de recursos minerales (principalmente petróleo). El País pasaba por un crecimiento industrial y urbano que había empezado durante la Segunda Guerra Mundial, acentuándose en los años 60 y 70. Tanto a nivel medio como superior podemos decir, de forma simplificada, que la enseñanza de la Geología era tradicional en su metodología y programas. La adaptación de los proyectos desarrollados por el Earth Science Curriculum Project (ESCP) aportó una delimitación distinta para el contenido y otro enfoque para la enseñanza.

La divulgación y aplicación del ESCP en el país se dio en clima de colaboración con miras a mejorar la enseñanza de las ciencias experimentales (en el marco de la ayuda norteamericana a los países de América Latina).

Los proyectos aplicados (Matemáticas, Física, Química, Biología y Ciencias de la Tierra) valoraban la actividad de laboratorio, la inducción como método científico general para todas las ciencias naturales y experimentales y el uso de material didáctico como catalizador del perfeccionamiento de la enseñanza; por consiguiente descalificaban el trabajo del profesor como mediador del saber para el alumno. Es difícil determinar el resultado global de tales proyectos porque no se hizo una evaluación sistemática que, a lo largo de las décadas, se han dejado abandonados a su propia suerte.

A pesar de haber faltado una evaluación consistente de aquellos proyectos y de la crítica sistemática a que se los sometió durante los años 1980, se pueden señalar algunos aspectos cualitativos. Uno de los más relevantes es la fuerte y persistente influencia de tales proyectos hasta la fecha. En los programas y proyectos tendentes a mejorar la enseñanza de las ciencias matemáticas, físicas, etc. notamos una profunda huella de los currícula innovadores de los años 60 (principalmente en cuanto a los contenidos programáticos). Las Geociencias no son la excepción.

Sin gran sistematización pero tratando de practicar reflexivamente la enseñanza/investigación en geociencias, estamos haciendo una evaluación de nuestra práctica que tiene su origen en el ESCP y, como pretendemos mostrar, hoy nos dedicamos a buscar caminos con orientaciones epistemológicas originales y distintas a las del ESCP.

¿CUÁLES SON LOS PUNTOS PROGRAMÁTICOS CRUCIALES QUE GUARDAN ESTRECHA RELACIÓN CON LOS PROBLEMAS HISTÓRICOS Y EPISTEMOLÓGICOS?

El currículum de Elementos de Geología es el enlace de diversos componentes, cuyo equilibrio difiere según las características de los profesores, de los alumnos y de la interacción que se entabla entre ellos en el ambiente escolar a cada semestre lectivo. Dichos componentes se pueden dividir en dos grupos que se entretajan en la práctica diaria de la asignatura (aquí los separamos para facilitar la exposición): primero, desde la perspectiva educativa y pedagógica, la evaluación sistemática es un elemento que fomenta el cambio y el perfeccionamiento de la asignatura, el elemento propulsor estratégico del perfeccionamiento de los profesores; segundo, desde la perspectiva del contenido específico, el objetivo de las acciones es transmitir una imagen global e histórica de la naturaleza; por eso el esfuerzo que busca construir tal imagen pasa por los modos de ordenar los contenidos según su lógica interna (parte del aspecto epistemológico), por el intento de humanizar el conocimiento científico (caracterización de la producción de conocimiento en su contexto histórico y natural), y por el intento de construir los cimientos de la metaciencia en combinación con las explicaciones ofrecidas para el estudio de los procesos terrestres (teoría de la tectónica de placas, riesgos e impactos ambientales, cambio climático global).

Algunos geólogos han escrito sobre la necesidad de ensanchar el enfoque para la enseñanza de Geociencias para incluir y realzar la relación entre los procesos terrestres y las cuestiones sociales, tecnológicas y ambientales (Italia - Consiglio Nazionale Delle Ricerche, 1988; Pedemonte & Bezzi, 1989; Carpenter, 1990; Compiani & Paschoale, 1990; Compiani, 1990a y 1995; Mayer & Armstrong, 1990; Brooks, 1991; Mayer, 1991 y 1995; Mayer et al., 1992; Alvarez et al., 1992). Nuestro trabajo se inscribe en esa corriente y, en ese marco, la ampliación del concepto de educación (nos referimos aquí a la Geología, específicamente) está basada, de un lado, en el análisis epistemológico de la estructura interna de la Geología y, del otro, en el análisis histórico y sociológico que permite un enlace mejor entre la enseñanza y los problemas reales del mundo para formar alumnos socialmente participativos.

Desde el punto de vista epistemológico pensamos que los alumnos deben aprender los conceptos fundamentales, su valor explicativo y su función dentro de la "arquitectura geológica". Tal "arquitectura" expresa un modo de leer el mundo, una concepción del mundo vinculada ideológicamente, puesto que atribuye valores culturales y morales a la naturaleza (más detalles en Paschoale, 1990). Cada ciencia observa, organiza y explica la realidad de modo particular; por eso, en su proceso de obtención de conocimientos, las ciencias necesitan construir un sistema de conceptos y normas que las estructuran. Así, como los quehaceres de cada ciencia son específicos, cada una de ellas se vuelca sobre la naturaleza de modo particular. En el caso de la Geología, sus rasgos arquitectónicos más marcados son su carácter histórico y su naturaleza interpretativa que tiene formas particulares de obtener informaciones y relatar sus resultados. Pero hay límites claros para transponer la práctica científica a la práctica escolar, a pesar de no ser determinantes absolutos, porque se deben enlazar con la función primera de la escuela que es formar ciudadanos. Tal función pone en evidencia el lado histórico y sociológico y eso le añade dos ingredientes más que se deben tener en cuenta en la práctica escolar: los aspectos psicopedagógicos y socioculturales.

Así, de modo genérico para los distintos niveles de la enseñanza no universitaria, a la Geología le toca contribuir con la apropiación material del planeta, discutir y fundamentar valores (estéticos, éticos, morales, ideológicos, etc.) implícitos en esta apropiación y sus consecuencias sociales y ambientales; debemos profundizar algo de lo cual sabemos muy poco: el papel del marco social (visto como agente geológico) sobre el proceso general de desarrollo histórico de la Tierra. Hay que poner de manifiesto las hondas relaciones entre lo social y lo económico, la ética y la política, la ciencia y la técnica y el entorno social y natural, relaciones que se deben inscribir en su contexto histórico. Hay que aclarar el carácter de fuerza productiva y destructiva de las ciencias, capaces de revolucionar los métodos de producción y por otra parte, de provocar alteraciones ambientales a nivel planetario (p. ej. el

efecto invernadero). Es fundamental desarrollar en los alumnos actitudes (ante las ciencias y su imagen pública) que los capaciten para valorar los beneficios prácticos y para tomar conciencia de las limitaciones y daños derivados de las aplicaciones del conocimiento científico.

PROBLEMAS TEÓRICOS DEL CONOCIMIENTO DE LA TIERRA

Volvamos a nuestro problema de cómo elegir y organizar los contenidos que se han de enseñar, lo cual, como se sabe, no es una tarea fácil y objetiva, por estar cargada de valores imbuidos de formas particulares de entender las ciencias y sus implicaciones sociales. Se podría aducir que la enseñanza de las ciencias, Geociencias y Geología en particular, debería regirse por una coherencia programática y metodológica que integrara las teorías geológicas transmitidas en la enseñanza, las concepciones filosóficas que buscan explicar la Geología y su base teórica y una explicación en su contexto histórico que sostuviera las metaexplicaciones firmadas.

A ese tipo de argumentación acuden a veces los filósofos y/o los historiadores de la Ciencia, quienes buscan explicar y mostrar la efectividad y la utilidad de estas dos áreas del conocimiento para la enseñanza de las ciencias. Incluso los autores que resaltan la importancia de la coherencia teórica en el sentido de formar una imagen más correcta de la ciencia y del trabajo de los investigadores, a veces mencionan la dificultad de alcanzar esa meta y, al final, acaban por mostrar que la imagen de la ciencia que se difunde en la enseñanza es incoherente porque mezcla nociones contradictorias entre sí. Esto se puede entender como una confusión en la construcción metodológica de la ciencia (combinación de distintos puntos de vista de cómo el conocimiento opera lógicamente), pero tal vez valga la pena preguntarse cuáles son las posibles razones de dichas "confusiones" (aunque sea para dar una respuesta inicial y provisional).

Si separamos los momentos de producción, reflexión y difusión del conocimiento científico, parte de la "confusión" empieza a quedar clara: 1) hay un momento en que los investigadores expertos en diversas ramas de las ciencias y técnicas producen conocimiento; 2) otro momento en que filósofos, filósofos o historiadores de la Ciencia reflexionan sobre cómo se produce la Ciencia, y 3) hay además un tercer momento en que se da la mediación de los profesores de ciencias quienes divulgan los conocimientos científicos y los modos de producirlos. Parece haber zanjadas entre uno y otro momento y tal vez no sea difícil comprender algunas de las razones involucradas. El investigador especializado usa diversos procedimientos cognitivos para describir, analizar y explicar la porción del mundo que se dedica a estudiar; los filósofos, filósofos e historiadores de la Ciencia tratan de encontrar los nexos racionales o causales que expliquen cómo los investigadores han trabajado y han elaborado determinadas explicaciones

y/o previsiones. Entre los dos grupos hay contextos culturales y metodológicos bastante distintos, de tal modo que podemos afirmar que el segundo grupo **crea las formas de trabajo de los investigadores** por más que sean coherentes y tengan sustentación empírica. En el tercer grupo, el buen maestro de ciencias conoce el modo de trabajo de los investigadores y lo que ellos han publicado, y a la vez trata de crear un lenguaje y una explicación que sus alumnos puedan comprender: en su esfuerzo mediador el maestro compone una imagen entresacada de diversas fuentes y por consiguiente genera una imagen de la Ciencia y de su producción.

Además de estos problemas que involucran a todas las ciencias y también a su enseñanza, en términos geológicos la cuestión parece abultarse y adquiere contornos más indefinidos. La Geología no presenta nítidas corrientes teóricas y metodológicas claramente diferenciadas que puedan articular conexiones metodológicas de enseñanza de Geología (como ocurre con la ciencias humanas y como sucedió, en cierto modo, en la época del debate entre neptunistas *versus* plutonistas).

Los trabajos geológicos parecen regirse por la teoría tectónica de placas, pero cuando nos ponemos a analizar campos específicos del conocimiento, las tareas que se proponen a los geólogos son extremadamente específicas y pierden la referencia de una teoría general; ese problema se agranda cuando imaginamos incluir ramas tales como meteorología, oceanografía, etc. en las geociencias, por eso el texto de Potapova, 1968, en algunos aspectos resulta muy actual.

En consecuencia, algunos desafíos iniciales se plantean a los profesores de Geología: primero, deben tratar de establecer un concepto general de ciencia geológica (buscando recuperar el carácter global e integrador que deben asumir los estudios de la Tierra); segundo, deben encontrar formas de analizar el contenido y el enfoque del mensaje implícito en el concepto formulado, buscando disminuir las incongruencias y las deficiencias internas, es decir, necesitan una formulación de origen filosófico que permita analizar las ideas y las relaciones entre teorías, observaciones, interpretaciones, etc.; tercero, deben establecer un método para transmitir ese conocimiento de acuerdo con las características de sus alumnos; cuarto, obviamente, tienen que estar al tanto de los nuevos conocimientos producidos en las diversas ramas de la investigación, para actualizar las actividades educativas.

Las tareas planteadas parecen desafíos inalcanzables. Para nosotros, el primer paso es definir criterios para preparar las clases. En su signatura el profesor ¿adoptará un enfoque de Geociencias o más bien geológico? ¿Adoptará algunas ideas básicas que funcionen como hilo conductor de todo el proceso de enseñanza / aprendizaje? ¿Elegirá además algunos conceptos estructurales?

EL INTENTO DE FUSIONAR LOS SUPUESTOS VINCULADOS A LA CONCEPCIÓN DE CIENCIA CON UN ENFOQUE EDUCATIVO

Con respecto al enfoque de la asignatura, las directrices didácticas que se pueden delinear en Geociencias o en Geología son distintas. La principal diferencia es que las Geociencias implican un enfoque integrado o interdisciplinario. Para su aplicación por lo general se usan los estudios del medio, por ser un procedimiento que presenta una serie de ventajas, entre las cuales la posibilidad de unificación y de interrelación, que incluye todo lo que existe sobre el tema: materia, energía, espacio y tiempo se plantean a través de un estudio que enfoca la investigación del medio en donde el estudiante vive, en la Tierra. Además de la Astronomía, Geología, Geografía, Oceanografía y Meteorología, otras tantas ramas de las Geociencias se benefician de su incorporación a un curso que las vincula con el mundo real y realza sus similitudes más que sus diferencias.

Aquí debemos señalar un aspecto importante: el ESCP buscó las similitudes entre las ciencias experimentales para estructurar su contenido por los diversos objetos de estudio de las Ciencias de la Tierra (atmósfera, hidrosfera, corteza y esferas internas de la Tierra, espacio estrellar). Esto indujo a un reduccionismo metodológico: la suposición de que todas las ciencias trabajan con el mismo conjunto de métodos (bajo la hegemonía del método inductivo). Así se acercó a los libros tradicionales de Geología, porque éstos se presentan estructurados según el objeto de investigación de la Geología: estudian la corteza, los estratos internos de la Tierra, procesos y productos geológicos, pero no se ocupan de formar una **noción global de toda la historia de la Tierra** (aún cuando tratan de geología histórica). Si el "Investigating of the Earth" se organizara a partir del medio natural en que vive el hombre (la Tierra) el libro podría buscar la unidad, la integración de ciencias con objetos de estudio tan distintos.

La búsqueda de la actividad interdisciplinaria, dentro de un curso con libro guía, sólo fue posible por la existencia de una metodología común que se podía transferir de un dominio a otro sin importar el contenido específico. Señalamos que un gran desafío para una nueva experiencia con este enfoque es no desdeñar contenidos y objetos de estudio distintos en las Ciencias de la Tierra. El meollo de este artículo no estriba en discutir el método del redescubrimiento, pero hay que señalar que guarda importante conexión con el análisis coherente realizado por el equipo del ESCP en cuanto a caracterizar la naturaleza de los contenidos de ciencias y las opciones educativas acometidas por el proyecto que ellos propusieron.

Anguita (1994) sugiere que las Geociencias pueden integrar varios tipos de análisis comunes a las ciencias modernas (mejor que un enfoque de Geología): teoría de sistemas, teoría de catástrofes y física de sistemas complejos o física del caos. El enfoque de Geología no plantea una perspectiva in-

terdisciplinaria, sino más bien lo que podemos llamar un enfoque de contenido específico. Eso no significa que no sea posible dar un tratamiento más enlazado e integrado de la Geología con otras ciencias, pero será ella la que definirá la perspectiva de las cuestiones que se han de enseñar, es decir que las demás ciencias se acoplan mediante una relación de dependencia con respecto a la Geología.

El estudio de los procesos terrestres empieza a hacerse en función de los registros "fijados" principalmente en la litosfera. Esto significa que los procesos que ocurren en la atmósfera no se estudian en forma autónoma a partir de la propia atmósfera actual, sino a partir del registro rocoso dejado por una atmósfera pretérita. En el enfoque de Geología (basado en Potapova, 1968) el estudio de las esferas materiales y sus relaciones mutuas constituyen una comprensión más amplia del desarrollo histórico de la Tierra basada en estudios de procesos pasados registrados en la litosfera. Las esferas materiales no se estudian en forma autónoma como en Geociencias. El objeto de estudio es el proceso geológico, no las partes de la Tierra. Los métodos descriptivos e históricos de Geología a lo largo del curso ponen en marcha el proceso de cognición. Y por eso normalmente las actividades de campo adquieren un carácter casi definidor de los defensores del enfoque de Geología, por su importancia epistemológica y metodológica.

Frodeman (1995) expuso la cuestión correctamente, como lo había hecho Potapova (1968): la Geología no es una ciencia derivada de otras o que se pueda reducir a sus aspectos físicos, químicos o biológicos, porque estas ciencias experimentales se distinguen por sus metas, problemas y preocupaciones centrales. La Geología se acerca a las ciencias como la historia humana o la cosmología: debe descifrar **formas fijadas** (las cuales, en última instancia, están en el campo, en los afloramientos rocosos). Para interpretar señales "fijadas" la analogía es un método estratégico de procedimiento intelectual, los parámetros usados en las interpretaciones son hipotéticos (como lo señalaron Gruza & Romanovsky, 1975), y no podría ser de otro modo cuando operamos con sistemas abiertos y con diversas escalas de tiempo y de espacio.

En consecuencia, el campo no es sólo un laboratorio natural sino también un laboratorio cuyas variables se modifican a cada momento de su configuración. Es el sitio estratégico en donde se realiza un conjunto de operaciones intelectuales: procesos inductivos, deductivos y abductivos se combinan para seleccionar y organizar observaciones e interpretaciones, para aplicar informaciones de diversas fuentes (supuestos, hipótesis, teorías) que se cotejan y se representan. La visión y la representación visual adquieren un papel significativo en la organización de informaciones y en las reflexiones realizadas por analogía. La meta o la cuestión analizada guían tales acciones y dan coherencia a la explicación histórica elaborada.

Señalamos que un elemento central del ESCP consiste en delimitar el "locus" de la actividad edu-

cativa dentro del aula transformada en laboratorio. En primera instancia esto parece derivarse de la reducción que sufrió la metodología científica: el método inductivo, aplicado en las ciencias experimentales en general, debía operar según los parámetros definidos por los autores del proyecto, y no admitía la entrada insidiosa de "datos" externos (como los provenientes del campo). Haciendo una segunda observación, debemos tener en cuenta que tal perspectiva y delimitación espacial guarda estrecha conexión con la propuesta educativa de ese libro guía: el método del redescubrimiento.

Si nos parece bastante difícil conciliar en el mismo curso el enfoque de Geociencias con el de Geología, en cuanto a adoptar ideas básicas o conceptos estructurales se puede decir que no es muy problemático utilizarlos en el mismo curso. Tales conceptos e ideas básicas en gran parte serán diferentes para el enfoque de Geociencias o de Geología. Las ideas básicas son distintas de los temas unificadores de origen bruneriano. Estos últimos se referían a conceptos y procedimientos supuestamente universales de los procesos de la Ciencia que sería importante aprender para transmitirlos a todos los sectores de la vida. Ahora bien, las ideas básicas son las actitudes, habilidades, principios y valores más importantes de una materia a la cual atraviesan como si fueran temas universales, que orientan los intereses del curso pero no lo estructuran, porque ese papel les cabe a los conceptos estructurales.

A modo de ejemplo, cuando organizamos la asignatura de Elementos de Geología para los estudiantes de Biología, nuestra actividad docente se guía por algunas ideas básicas que estimamos importantes desde el punto de vista social, metodológico y epistemológico (Compiani, 1990b, Compiani et al, 1992 y Gonçalves, 1994):

- **Entender la Ciencia como investigación.** La Ciencia es una actividad de búsqueda y construcción de conocimientos, dentro de un contexto histórico, cuyo repertorio evoluciona a través de conceptos relativos sobre el mundo, limitados por el desarrollo científico, socioeconómico y por las concepciones de la Ciencia en cada momento histórico.

- **Entender la enseñanza como investigación.** Toda situación de enseñanza se puede enfocar como una experiencia desde la cual el profesor puede producir conocimientos científicos y pedagógicos. Hay una relación dinámica entre práctica docente, conocimiento construido y conocimiento enseñado que estructura la enseñanza y el aprendizaje.

- **Acentuar en la enseñanza de Geología el enfoque de los problemas ambientales.** La Geología es una de las ciencias que puede ayudar a comprender mejor los fenómenos naturales a escala espacial de la Tierra entera y en la escala temporal de todo su proceso de desarrollo histórico. La actual crisis ambiental puede recibir un aporte decisivo del conocimiento geológico, pues puede modificar la noción de equilibrio ambiental para discernir mejor los recursos ambientales y la ocupación del territorio.

- Acentuar en la enseñanza el aporte de la Geología a la comprensión de la apropiación de la naturaleza por el hombre. La Geología ayuda a estructurar el concepto de naturaleza de modo más amplio, histórico, y pone de manifiesto los vínculos entre la esfera de la producción social y las demás esferas terrestres. Facilita el entendimiento de la apropiación de la naturaleza por los hombres, cosa que se puede comprender desde los conceptos de tiempo y espacio geológico, dinámica interna y externa de los procesos geológicos.

Los conceptos estructurales son abstracciones, definiciones, generalizaciones, es decir, contenidos que los alumnos tienen que asimilar; forman parte de la estructura de una de las ciencias en estudio, son metas alcanzables mediante la instrucción. Su principal función didáctica es la de organizar y estructurar los demás conceptos de una materia. Pertenecen a un contexto y es difícil transferirlos a otras situaciones. Es importante definirlos bien en un contexto de experiencia e interacción. Como sugerencia, en Geología corresponden a temas histórica y epistemológicamente relevantes para la organización del conocimiento de la Tierra. A continuación listamos los conceptos estructurales que estimamos más importantes para su desarrollo en la asignatura Elementos de Geología.

- Espacio, representación visual y mapas

Cualquier estudio de la Tierra se basa en algún tipo de noción espacial. En el caso de Elementos de Geología la noción se explota desde un prisma instrumental y desde las representaciones del espacio tridimensional. El estudio es básicamente cartográfico. Hay que resaltar que la cartografía estratigráfica y geológica se ha constituido por y para los estudios de la Tierra. En la segunda mitad del Siglo XVIII, la mineralogía y la geognosis alcanzaron el estatus de conocimiento científico a medida en que se desarrollaba la clasificación litológica, se cristalizaba la extensión lateral de los estratos, y se fortalecía la noción neptunista sobre el origen de las rocas, porque tales elementos se representaron en mapas estratigráficos (o geognósticos).

Desde el prisma de su importancia para la organización del conocimiento, dominar el instrumental cartográfico es uno de los pasos para estructurar el conocimiento sobre la naturaleza, algo que los alumnos de Introducción a la Geología empiezan a adquirir, porque por lo general llegan a la universidad sin tener noción de cartografía (en Brasil).

- Tiempo, escala temporal, medición del tiempo geológico

Las actividades que se desprenden del tiempo geológico se pueden entender como un desglose y arreglo secuencial que se rige más por la combinación lógica cognitiva que por la secuencia histórica moderna del desarrollo de tales conceptos y explicaciones. La relevancia de cada uno de ellos es significativa y vistos en conjunto expresan una serie de métodos históricos usados en Geología (que podemos denominar actualismo).

La superposición de estratos remite a los estu-

• dios de Steno en Toscana, los cuales, desde la mirada de los geólogos de hoy, suenan sencillos y elementales, pero desde el punto de vista histórico resultan un hallazgo crucial y básico para elaborar la historia de la naturaleza. Su integración en los estudios de la Tierra, en el mundo occidental, fue relativamente rápida (considerando los medios de comunicación del Siglo XVII), lo cual denota su importancia para establecer la secuencia de los eventos naturales. La aceptación del concepto por los alumnos resulta rápida, pero su formulación verbal es algo excesivamente simplista: "lo que está abajo es más antiguo". Una interpretación más precisa y metodológica requiere una experiencia más extensa y profunda.

La correlación geológica combina diversos modos de clasificación y ordenamiento, pasa por la clasificación de tipos litológicos (con las formulaciones wernerianas del Siglo XVIII), pero sólo alcanza un estatus más pleno con el ordenamiento temporal de los fósiles. Los alumnos tienen dificultad en establecer correlaciones, la actividad en campo parece estratégica para llegar a una comprensión más clara, pero probablemente sólo el ejercicio que coordina la actividad en el campo con la del aula pueda brindarles su desarrollo pleno. Alumnos de Introducción a la Geología aprenden a reconocer el concepto, pero tienen dificultad en aplicarlo. La intersección de estructuras juega un papel básico a la hora de ordenar los eventos, y a pesar de las controversias históricas relativas a su aceptación al final del Siglo XVIII, la mirada moderna la acepta y la aplica rápidamente.

La datación radiométrica sostiene la densificación de la noción de tiempo: el tiempo profundo es el concepto central, su base en la desintegración radioactiva es secundaria porque introduce una cuña que abre la posibilidad de estudiar el ambiente en permanente cambio.

- Composición material de los cuerpos naturales

Los materiales terrestres dan el sostén para operar con los procesos naturales y sus relaciones energéticas que se estudian desde el punto de vista del tiempo geológico. El primer contacto de los alumnos con los materiales terrestres sucede en el campo, donde se presentan las nociones de distintos tipos de rocas y las características de algunos minerales abundantes en la región y acto seguido (en este primer contacto de los alumnos con el campo) se reconoce la explotación de los recursos minerales.

Damos una introducción al reconocimiento de minerales como: cuarzo, microclina, plagioclasa, moscovita, biotita y piroxeno. El estudio mineralógico se centra en las rocas con granulometría gruesa (granitos y migmatitas). Tal estudio se relaciona directamente con la génesis de las rocas visitadas, comparando diferentes granulometrías (basaltos y diabasas con granitos), la presencia de estructuras (principalmente en las tillitas, pizarras y ritmitas), su apilamiento estratigráfico (por relaciones de superposición, correlación e intersección) y caracterización de su génesis (principalmente de las rocas

asociadas a depósitos periglaciares). En términos de mineralogía y petrografía más tarde se afianza el estudio con actividades en el aula, aunque sin profundizar en la clasificación mineralógica o petrográfica. Otros materiales terrestres se estudian dentro de temas específicos. Las características de la atmósfera y de la hidrosfera se presentan en sus rasgos generales, y se resaltan los cambios de energía y materia, dentro de cada esfera, preparando el estudio histórico de tales esferas para comprender el ciclo geobioquímico del carbono.

- Historia geológica de Campinas, estratigrafía de la Formación Itararé

El tema se desarrolla básicamente en el campo como Geología regional, y por lo tanto opera con amplia gama de nociones y conceptos geológicos para interpretar la Formación Itararé.¹ Desde la concepción de Geología como ciencia histórica, el tema desempeña un papel central basado en la actividad de campo. Partiendo de la corteza terrestre como lugar más inmediato para obtener informaciones sobre la historia del planeta, no se limita a capacitar al alumno para realizar un conjunto de procedimientos de campo: lo pone delante de un conjunto sintético de informaciones potenciales porque en el campo el alumno opera con diversos instantes diacrónicos que se le ofrecen de inmediato a los sentidos y a partir de las observaciones, de las interpretaciones y juicios previos, debe formular una explicación plausible del problema (origen y evolución geológica regional).

- Geología y ambiente

La región de Campinas es una de las unidades de estudio de la asignatura. La geología de la ciudad es un tema importante al cual deben dedicarse los alumnos, intentando comprender los problemas del crecimiento urbano, las transformaciones demográficas, la producción y el consumo de energía por parte de los establecimientos agroindustriales y las relaciones con el medio natural. Cuando hablamos de geología de la ciudad nos referimos a algo muy diferente de las preocupaciones planteadas en los artículos de enseñanza de geología de las publicaciones europeas. Nuestro enfoque abarca la geología aplicada al ambiente, principalmente a los problemas ambientales derivados del crecimiento urbano acelerado y desordenado.

CONSIDERACIONES FINALES

Desde el punto de vista epistemológico hemos optado por el enfoque de Geología, entendida como una ciencia histórica de la naturaleza que se caracteriza por ser interpretativa y narrativa. Esto reafirma la actividad de campo como uno de los núcleos centrales para comprender el potencial y las aportaciones de esta ciencia al entendimiento de las relaciones

entre la naturaleza y la sociedad organizada por el trabajo. Una de las consecuencias de dicho enfoque fue la valoración de la geología regional por razones epistemológicas y educativas: resaltamos la importancia de conocer la región en donde los alumnos viven.

Admitimos que el curriculum es mucho más que un listado de temas: en verdad es un conjunto de acciones educativas con miras al aprendizaje de un todo coherente de asuntos estudiados desde cierto prisma; en nuestro caso impulsamos el aprendizaje de instrumentos que permitan a los estudiantes interpretar la historia de la Tierra. La opción por Geología o Geociencias es una tarea de cada maestro. Valoramos el trabajo del profesor que debe tratar de organizar el contenido de su asignatura y las actividades pedagógicas, aunque cree contradicciones con respecto a la imagen de ciencia que transmite con su trabajo. Además asumimos que las aportaciones de la filosofía y la historia de la ciencia deben abordarse dentro de los propios temas (incluyendo la selección de contenido, enfoques, etc.): no se deben tratar como un cuerpo de conocimientos paralelo a los temas propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, R.; Berjillos, P.; García de la Torre, E.; Pedrinaci, E.; Sequeiros, L. (1992) Treinta razones para aprender más geología en la educación secundaria. In: *Simp. Ens. Geol.*, VII. Compostela, 1992. I.C.E., Compostela, 231-240.
- Anguita, F. (1994). Geología, Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Naturaleza: paisaje de un aprendizaje global. *Enseñanza de las Ciencias*. 12, 1, 15-21.
- Brooks, M. (1991). Why should Geology be taught in our schools. *Teaching Earth Sciences*. 6, 53-54.
- Carpenter, J.R. (1990). Importance of Earth Science in the Precollege Curriculum. *J. Geological Education*. 38, 445-451.
- Compiani, M. (1990a). Geologia pra que te quero no ensino de ciências, *Educação & Sociedade*. Campinas, 36, 100-117.
- Compiani, M. (1990b). Em busca de novos temas unificados para a disciplina "Elementos de Geologia". In: *Cong. Bras. Geol.*, 36, Natal, 1990. SBG. 1, 517-528.
- Compiani, M. (1993). Fieldwork teaching in the training of pre-college science teachers. In: *Int. Conf. On Geoscience Education and Training*, Southampton, 1993.: AGID-IUGS, 1995. (en prensa)
- Compiani, M. & Paschoale, C. (1990). Geologia como forma de conhecimento sintético e histórico sobre o planeta e sua adequação ao ensino de Ciências. In: *Simp. Ens. Geo.*, VI. Universidad de la Laguna, Tenerife, 21-34.
- Compiani, M.; Gonçalves, P.W.; Lima, C.V. & Tanaka, M.O. (1992). A integração pesquisa e ensino através de estudos ambientais para alunos de biologia. In: *Simp. Ens. Geol.*, VII. Santiago de Compostela.
- Cuello, A. (1988) La Geología como área interdisciplinar. *Henares, Rev. de Geología*; Madrid, 2:367-387.
- Del Carmen, L. (1994). La importancia del análisis y secuenciación de los contenidos educativos en el diseño del curriculum y en la práctica de la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 2, 2 y 3, 325-332.

¹ Parte de la región de Campinas está sobre el Altiplano Atlántico (complejo de rocas magmáticas y metamórficas precámbricas); otra parte está sobre la Depresión Periférica (rocas sedimentarias y magmáticas asociadas a la macroestructura continental de la Cuenca Sedimentaria del río Paraná). En Campinas hay afloramientos significativos de la Cuenca Sedimentaria del Paraná: la Formación Itararé (sedimentos periglaciares depositados en ambiente subártico de la glaciación pérmico carbonífera) y la Formación Serra Geral (con predominancia de diabasas basálticas cretácicas).

- Frodeman, R. (1995). Geological reasoning: geology as an interpretative and historical science. *GSA Bulletin*, 107, 8, 960-968.
- Gil, D. & Carvalho, A.M.P. (1992). *Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de ciencias*. 76p. (mimeografiado)
- Gonçalves, P.W. (1994). *Relatório técnico do projeto em busca da integração pesquisa e ensino na disciplina Elementos de Geologia do IG-UNICAMP: uma comparação entre estudantes do período diurno e noturno*. Campinas: Instituto de Geociências/Universidade de Campinas, 71p. (mimeografiado)
- Gruza, V.V. & Romanovskiy, S.I. (1975) The principle of actualism and logic in understanding the geologic past. *Internat. Geology Rev.*, Washington, 17, 2, 167-173.
- Italia-Consiglio nazionale di ricerca. (1988). *Il ruolo delle scienze della Terra nei curricula del biennio della scuola secondaria superiore*. Modena: Mucchi SpA, 69 p.
- Mayer, V.J. (1991) Earth-systems science, a planetary perspective. *The Science Teacher*. 58, 1, 34-39.
- Mayer, V.J. (1995) The future of geoscience in the pre-college curriculum. In: *Int. Conf. on Geoscience Education and Training*, Southampton, 1993. Southampton: AGID-IUGS.
- Mayer, V.J. & Armstrong, R.E. (1990). What every 17-year old should know about planet Earth: the report of Conference of Educators and Geoscientists. *Science Education*, 74, 2, 155-165.
- Mayer, V.J.; Armstrong, R.E.; Barrow, L.H.; Brown, S.M.; Crowder, J.N.; Fortner, R.W.; Graham, M.; Hoyt, W.; Humphris, E.; Jax, D.W.; Shay, E.L. & Shropshire K.L. (1992). The role of planet Earth in the new science curriculum. *J. Geological Education*, 40, 66-73.
- Paschoale, C. (1990). Geologia e engenharia. In: *Simposio especialização em ensino de Geociências no 3º GRAU: Avaliação de sua influência na prática docente*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 164-168.
- Pedemonte, G.M. & Bezzi, A. (1989). Geology and Society in education: a multi-faceted problem calling for broader research prospects. In: *Intern. Geol. Congres.*, 28, Washington-DC. (mimeografiado)
- Pérez, A. (1986). Más sobre la formación del profesorado. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 139.
- Potapova, M.S. (1968) Geology as an historical science of nature. In: *Interaction of sciences in the study of the Earth*. Moscú: Progress Publisher, 117-126. ■