

LA HISTORIA DE LA GEOLOGÍA Y SU POTENCIAL EDUCATIVO: UNA REFLEXIÓN DESDE AMÉRICA LATINA

The History of Geology and its educational potential: a reflexion from Latin America

Silvia F. de M. Figueirôa y M. Margaret Lopes(*)

RESUMEN

Este artículo trata sobre las relaciones entre las tendencias historiográficas actuales en Sociología de la Ciencia y los procesos de enseñanza en las ciencias geológicas. Muestra lo poco que se ha avanzado en la introducción de la historia de las ciencias geológicas en la enseñanza -como se desprende del análisis de las estructuras organizadoras del currículum o de la selección de los contenidos y metodologías específicas de ciertas disciplinas-. Todo esto se aborda desde una vertiente innovadora apenas utilizada en el campo de las ciencias geológicas. Se muestra también cómo estamos actuando en el establecimiento de estos paisajes conceptuales para contribuir a mejorar nuestros esfuerzos para superar la presente situación de crisis dominante en las ciencias geológicas.

ABSTRACT

This paper points out the relations between the recent historiographical trends such as the Social Studies of Science and education in geological sciences. By means of innovative approaches already existing in the field of geological sciences, this article shows how far it has been advanced in the instrumentalization towards the introduction of history of geological sciences in teaching - as underlying organizing structures of curriculum or in the selection of contents and methodologies which are specific to certain disciplines. It demonstrates also how we are proceeding to establish those conceptual landmarks so as to contribute to improve in our efforts to deal with the present situation of crisis dominating the geological sciences.

Palabras clave: Enseñanza de la Geología, Sociología de la Ciencia, Epistemología, Historia de la Geología.

Keywords: Geology Teaching, Sciences Sociology, Epistemology, History of Geology.

INTRODUCCIÓN

Las preocupaciones más sistemáticas referentes a las relaciones entre Historia, Filosofía de la ciencia y Educación científica aparecen sobre todo a partir de la postguerra por los años cuarenta. Este interés surge en buena medida como reacción a las consecuencias del maridaje entre Ciencia y Tecnología y también como reacción a las consecuencias sociales de las actividades bélicas que llevan a la bomba atómica.

De forma general el propósito de la educación científica era contribuir a la formación de una conciencia ciudadana sobre las implicaciones sociales y tecnológicas de la ciencia. James B. Conant, Presidente de la Universidad de Harvard argumentaba, por ejemplo, que una comprensión correcta de lo que él llamaba de "la táctica y la estrategia de la ciencia" era un componente esencial en la educación del futuro ciudadano (apud Collins y Shapin,

1989). Para él, un entendimiento realista de las prácticas experimentales era de vital importancia para el estudiante. Para que la democracia funcionase, el ciudadano tendría que colocarse en una posición en que no sólo pudiese conocer el producto de la actividad de los científicos, sino también dominar los medios por los cuales el conocimiento científico es creado y evaluado¹. Un ciudadano ignorante estaría, por consiguiente, abdicando de sus derechos de ciudadanía (Collins y Shapin, op.cit.).

Durante el encuentro anual en 1950, la *American Association of Physics Teachers* realizó el simposio titulado "Use of Historical Material in Elementary and Advanced Instruction". En esta ocasión el profesor I. Bernard Cohen presentó su extenso trabajo "A sense of history in science"² donde sugería la utilidad de la Historia de la Ciencia en la enseñanza y daba diversas recomendaciones, incluso en lo relacionado con el cuidado en la selección de los libros y artículos.

(*) Área de Educación Aplicada a Geociencias. Inst. Geociências/UNICAMP. C.P. 6152 13081-970 Campinas-SP, BRASIL

¹ Conant (1948), vol. 1, p. vii; e Conant (1967), p. 8-12; apud Collins & Shapin, 1989.

² Cohen, I. B.. *A sense of history in science*. American Journal of Physics, vol.18, n.6, 1950.

ENSEÑANZA E HISTORIA DE LA CIENCIA: UNA RETROSPECTIVA

Desde entonces, y de forma particularmente intensa en la última década, creció el interés por la discusión de las relaciones, beneficios y posibilidades de la aplicación práctica de la historia y filosofía de la ciencia a la educación científica (Pomeroy, 1993). Diversos autores reconocieron la importancia y el papel que la Historia de la ciencia puede desempeñar en el proceso educativo, ya sea en la formación de los propios científicos, o en la de los ciudadanos en general. En este sentido, el excelente artículo de Matthews (1994) es un marco de referencia actual para iniciar una reflexión sobre la importancia de las relaciones entre la historia y la enseñanza de la Geología. En su amplia revisión bibliográfica sobre las relaciones entre historia, filosofía y sociología de la ciencia, currículo, formación del profesorado y los procesos de aprendizaje, este autor describe diversas experiencias educativas, propuestas o en experimentación, en varios países del mundo. También se refiere a las controversias presentes en el área, además de apuntar a los diversos aspectos a través de los cuales aquellos que defienden una versión contextual de la enseñanza de la ciencia, consideran que la historia, filosofía y sociología de la ciencia pueden contribuir a superar la "bien conocida crisis contemporánea de la enseñanza de las ciencias, reflejada en la huida del aula de ciencias, tanto de profesores como de estudiantes, y en la alarmante cifra de analfabetismo científico" (Matthews, op.cit.). Aspectos de esa contribución serían:

"Humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos; hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así las capacidades del pensamiento crítico; contribuir a una comprensión mayor de los contenidos científicos; contribuir a superar el "mar de sinsentidos" en que un comentarista dijo se habían engolfado las clases de ciencias, donde se recitaban fórmulas y ecuaciones, pero donde pocos conocían su significado; mejorar la formación del profesorado contribuyendo al desarrollo de una epistemología de la ciencia más rica y más auténtica, esto es, a un mejor conocimiento de la estructura de la ciencia y su lugar en el marco intelectual de las cosas" (Matthews, op.cit.).

Para que se pueda avanzar en el sentido de las proposiciones de Matthews se considera necesario insistir en dos puntos cruciales de ese debate. Por un lado, la necesidad de la incorporación radical de los estudios de Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia, ya sea como estructurantes y organizadores de los currícula, o como criterio para la selección de los contenidos y metodologías específicos de las disciplinas. Por otro, cuando pensamos en la importancia de los diversos papeles que la enseñanza de historia de las ciencias en general o de una disciplina en particular puede cumplir, tenemos

claro desde el principio a qué o a cuáles concepciones de historia de las ciencias nos estamos refiriendo. Es necesario resaltar de inmediato que uno de los problemas centrales, cuando se estudian disciplinas, es exactamente tener clarificado en qué sentido es legítimo relacionar genealógicamente actividades, obras, autores que podrían haber contribuido a su desarrollo (Toulmin, 1977). Y en el caso de Ciencias Geológicas es significativo cómo los historiadores y filósofos de las ciencias frecuentemente sucumben a la ilusión de que la especialidad de la cual se ocupan siempre existió, seleccionando contenidos de una variedad de textos pertenecientes a épocas diversas y a campos de conocimientos heterogéneos para construir sus líneas de desarrollo de su objeto imaginario, relegando al anecdótico o a la fábula todo aquello que no consideran correcto, como resalta Rossi (1979) en su estudio sobre fósiles.

Sabemos que tanto las repetidas historias de los grandes descubrimientos, de las invenciones geniales de los padres (en general nunca de las madres) de las ciencias, como la costumbre de convertir los patrones de racionalidad contemporánea en criterios de juicio absolutos en las controversias del pasado o las reconstrucciones anacrónicas e idealizadas de hechos con importancia histórica, basadas en la supuesta legitimidad de las prácticas contemporáneas, terminan silenciando y empobreciendo la historia y la ciencia.

Tendencias más recientes de la historiografía de la ciencia rompieron, metodológica y conceptualmente, con estas concepciones. Una nueva visión de la Ciencia y de la Tecnología ha sido formulada, cada vez más detalladamente, desde hace poco más de 20 años por los llamados 'Estudios Sociales de la Ciencia' (Social Studies of Science - SSS) o 'Nueva Historia y Sociología de la Ciencia' (NHS), los cuales surgieron de los trabajos de Barry Barnes, David Bloor, Steven Shapin, Harry Collins, Michael Mulkay, o de los estudios de Bruno Latour y Michael Callon de la Escuela de París, o de Martin Rudwick (1972; 1985) y Roy Porter (1977), para el caso específico de Geociencias. Esas investigaciones mostraron que la imagen pública de la ciencia es mucho más una "ideología de la ciencia" (Mulkay, 1979) que refuerza el estatus epistemológicamente superior del conocimiento científico, aumenta el poder político de los científicos y eleva la posición social de los mismos, que un espejo fiel de su práctica. En el mismo sentido podemos considerar los trabajos incluidos bajo la denominación genérica de "Ciencias & Imperios" (Petitjean et al., 1992, Mackenzie, 1990, Stafford, 1989).

Sin detenernos aquí en la variedad y en las particularidades de esos estudios³, cabe resaltar además que estos nuevos abordajes se interesaron más por analizar el proceso de construcción del conocimiento que de sus productos terminados. Más que buscar criterios formales de demarcación y legiti-

³ Vessuri (1991).

mación, los estudios sociales de la ciencia se proponen explicar de manera causal la existencia de todo tipo de conocimiento. Entendiendo que, por principio, todas las posibles expresiones de la producción de conocimiento son fenómenos sociales, estos nuevos estudios no se limitan a hacer referencias a la influencia de posibles factores sociales externos en la actividad científica. De forma similar buscan explicar todo tipo de conocimiento y creencias sin emitir juicios de valor sobre su veracidad, falsedad, racionalidad o irracionalidad.

LOS ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y SUS RELACIONES CON LA EDUCACIÓN EN GEOCIENCIAS

A continuación pasamos a comentar los principales aspectos de los SSS y su interés para la enseñanza de ciencias en general, ya apuntados por otros autores (cf. Collins y Shapin, op.cit.; Kelly et al., 1993), en lo que se refiere más específicamente a la enseñanza de Geociencias.

La NHS difiere del modelo recibido (inductivo-deductivista) principalmente al rechazar que la observación y la experimentación, competentes y sin interferencias, sean suficientes para revelar hechos verdaderos, no ambiguos y repetibles sobre el mundo natural. El nuevo enfoque sostiene que el modo en que una afirmación científica se percibe como verdadera, no ambigua y repetible, es un proceso social y, por consiguiente, puede ser estudiada de forma empírica. Un "mismo" aspecto del mundo natural puede ser interpretado de manera diferente cuando es observado en tiempos o lugares distintos, aunque sean empleados métodos científicos similares. Esto significa que, en cualquier período, el amplio consenso dentro de la comunidad científica sobre la interpretación del mundo natural viene condicionado por la organización social de la ciencia, no siendo un reflejo pasivo de la naturaleza. De vez en cuando ese amplio consenso se transforma por completo. Desde esa perspectiva, no es sorprendente la existencia de distintas instancias de quiebra de consenso, o mejor, no es sorprendente que científicos frecuentemente diverjan sobre las áreas de investigación emergentes (Collins y Shapin, op.cit.).

Mucho antes de que Cuvier (1769-1832) -en el inicio de la Zoología Comparada- estableciese los principios básicos de la Paleontología moderna de subordinación de caracteres y de la necesaria interdependencia entre estructura y función que un sistema orgánico manifiesta anatómicamente, las "lapi-des sui generis" fueron objeto de grandes investigaciones y discusiones teóricas, frecuentemente reducidas en los manuales de historia de la Paleontología a anécdotas o fábulas. Desde el enfo-

que tradicional de la Paleontología moderna la interpretación de los fósiles en el siglo XVI es considerada como una historia de fracasos. Rudwick (1972) cuestiona, sin embargo, que nos corresponda hacer tales juicios. Desde un punto de vista histórico renovador, estos fracasos aparentes pueden ser más reveladores que las más obvias historias de éxitos de la ciencia.

En el contexto de una perspectiva más amplia y global que el de la ciencia geológica posdarwiniana, entre mediados del siglo XVII y mediados del siglo XVIII "los fósiles" fueron interpretados como "hechos" de naturaleza muy heterogénea. Sustituir una clasificación apoyada en la aplicación del término fósil a todo aquello que compartía la característica de "pétreo", por la definición moderna de los fósiles como restos o marcas de organismos que vivieron en la Tierra en el pasado, implicó tanto "distinguir entre lo inorgánico y lo orgánico" (Rudwick, op.cit.), cuanto aceptar el presupuesto de que aquellos curiosos objetos pudiesen ser explicados recurriéndose a su origen, interpretándolos justamente como vestigios o huellas y como archivos de la vida del pasado. Basados en presupuestos teóricos vinculados estrechamente a filosofías más generales, aristotélicas o neoplatónicas, durante mucho tiempo los naturalistas habían podido explicarlos sin necesidad de ver en ellos documentos de la historia de la tierra o resultados de la acción del tiempo.

¿En qué medida nuestros cursos de paleontología recuperan la historia de esa ciencia? Y cuando lo hacen, ¿consideran las perspectivas innovadoras que Rudwick y Rossi, entre otros, señalaron hace dos décadas? O por lo menos ¿discuten que, además de las historias oficiales, de carácter reduccionista y mitificador difundidas por la mayoría de los libros de texto, existen otras?. ¿Cuando mencionamos a Cuvier y sus trabajos pioneros de clasificación de los grandes mamíferos fósiles, acaso recordamos que el *Megatherium* del "Paraguay"⁴, en realidad, fue enviado de la Argentina para el Gabinete de Historia Natural de Madrid y de éste para el de París⁵? Ese fósil fue una de las piezas clave que contribuyó a que Cuvier tuviese una visión catastrofista de la historia de la Tierra, al confirmar la existencia de especies extintas (Pelayo, 1992).

¿Por qué no discutir las relaciones entre los viajes de exploración científica, los museos y la consolidación de las Ciencias Naturales?. Como propone Latour (1987) más que maravillarnos o sorprendernos con las diferencias cognitivas que se dieron en ese proceso, debemos estar atentos a la movilización general del mundo, que reunió inmensas colecciones a partir de los grandes viajes de exploración y que constituyó la base sobre la cual se forjó la Historia Natural.

⁴ Cuvier, G. *Notice sur le squelette d'une très-grande espèce de Quadrupède inconnue jusqu'à présent, trouvé au Paraguay, et déposé au Cabinet d'Histoire Naturelle de Madrid. Magasin Encyclopédique, 2me. année, vol. 1, p. 303-310. (1796); apud Rudwick (1972)*

⁵ "Descubrimiento del Megaterio en Buenos Aires (1788)". *Archivo de Indias, 12-2-6-5. (Barreiro, 1992).*

Ese entendimiento de la Historia permite enriquecer el tratamiento didáctico de algunas teorías, así como el planteamiento de problemas históricos como estrategia de enseñanza y aprendizaje, aquí ejemplificadas en el caso de la paleontología. En ese desarrollo histórico, es posible redimensionar los significados de “pasajes claves” en la Historia de las ciencias geológicas, ya no vinculadas y explicadas únicamente en función de cambios en el esquema cognitivo, sin admitir necesariamente que el establecimiento y el mantenimiento del consenso sobre el mundo natural son frutos de un proceso de negociación de significados y de una conquista social. Conquistas esas que, muchas veces, en el caso de las ciencias naturales, particularmente en el siglo XIX, llegaron a incluir procesos de dominación política.

Y aquí nuevamente la geología nos muestra algún ejemplo. Sir Roderick Murchison, figura eminente en ciencias geológicas por sus contribuciones a la Estratigrafía, se vió envuelto por violentas controversias con Adam Sedgwick y parte de la comunidad científica británica (Rudwick, 1985; Secord, 1986). Sus cargos directivos en varias sociedades científicas, su posición oficial como Director General del *Geological Survey* británico y su amplia influencia política y social hicieron de él una conexión crucial entre la estructura descentralizada de la ciencia británica y el gobierno imperial. Desde su posición privilegiada maniobró para institucionalizar las ciencias naturales como un componente integral tanto de la administración imperial como de la política extranjera. Como interpreta Stafford (op.cit.), “los científicos británicos exportaron sus disciplinas al gigantesco laboratorio de las colonias, donde ellos prosperaron realizando prospecciones de recursos naturales e impulsando el desarrollo económico. (...) Así, la Geología y la Geografía dotaron a sus practicantes de nuevas herramientas de administración y desarrollo, instrumentos de expansión y métodos de interpretación del mundo, y en este contexto el papel de Murchison ilustra ambos lados de esa situación, pues él fue un negociador clave”.

Casos como éste revelan las relaciones intrínsecas entre Geología y sociedad en la producción del conocimiento científico, al mismo tiempo que “humanizan” al científico al mostrarlo como una persona común, con intereses personales y científicos, ambiciones, poder político, etc. Las biografías de nuestros “grandes hombres” deben ser desmitificadas y pueden constituirse en interesantes ejercicios de investigación para nuestros alumnos a través de la comparación, por ejemplo, entre los documentos oficiales y los privados, como sugiere el motivador artículo de Porter “Charles Lyell: the public and private faces of science” (1982). Este autor muestra, a partir del análisis detallado de la correspondencia entre Lyell y su hermana, que su perfil psicológico, con trazos nítidamente megalomaniacos, posibilitó y aun incentivó la contribución fundamental que Lyell legó a la Geología moderna. Según confesó a su hermana, Lyell se creía llamado a

la “misión de librar a la ciencia de Moisés”. Pero con el fin de garantizar las ventajas monetarias y de relevancia social que le vendrían del hecho de tener el cargo de profesor titular de Geología en el *King's College* (1831), aceptó la exigencia impuesta por el obispo Edward Coplestone de no contradecir el Diluvio durante sus clases.

Inspirados en mayor o menor grado en esas nuevas corrientes de pensamiento un movimiento de historiadores, filósofos, sociólogos, físicos, médicos, biólogos y geólogos se ha consolidado en los últimos diez años en América Latina, agrupándose en torno a la *Sociedad Latino Americana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*. Este movimiento asume creativamente estas nuevas corrientes de pensamiento y las integra en una perspectiva de motivación propia para definir sus objetos de estudio, tales como la formación de tradiciones científicas nacionales y las contradicciones de los procesos de confrontación, contextualización e integración de las ciencias occidentales en países fuera del eje nortatlántico.

En el contexto de los imperios Portugués y Español en América Latina, una activa corriente de historiadores de la ciencia españoles hicieron contribuciones fundamentales a la profundización conceptual y metodológica del entendimiento de las ciencias modernas, de sus consecuencias en el mantenimiento de los imperios ultramarinos, y de cómo se produjo la aclimatación de esas ciencias en las colonias, quedando atenta al vasto y rico conocimiento local de la naturaleza (Lafuente et al., 1993).

En el ámbito específico de las ciencias geológicas en América Latina y más particularmente en Brasil y Venezuela, todo un esfuerzo fue realizado desde el final de la década de los 80 para la consolidación de la Historia de la Geología, tanto en el campo disciplinar autónomo, destacando la importancia de esa área para la enseñanza y la formación profesional, como en la propia reflexión teórica y metodológica sobre la Geología en sí misma que ese tipo de investigación propicia. La variedad de temas estudiados incluye: la historia de la minería (Castillo, 1992; Serrano, 1994), los polémicos intercambios entre viajeros y geólogos extranjeros en América Latina y su contribución al proceso de institucionalización de las ciencias geológicas en varios países (Espinosa, 1994; Lopes, 1994. Rubinovitch, 1994), las relaciones entre literatura y geología (Santana, 1994) o el papel activo de los científicos locales en el desarrollo de las actividades científicas en esos países, que no actuaron como meros receptores pasivos de una ciencia producida afuera, sino como agentes e interlocutores, aunque muchas veces en relaciones desequilibradas (Urbani, 1994; Figueiró, 1994; Lopes, 1992).

Un material consistente está siendo producido y comienza a incorporarse a nuestras actividades de enseñanza. El desarrollo y las inversiones en la minería en el reino de Nueva España, que en el siglo XVIII superaban los de toda la América española y casi se igualaban a los del resto del mundo (García,

1991), ya se pueden analizar y contextualizar dentro de los marcos, de un lado, de la "mundialización" de la ciencia europea que exportó el modelo de la Academia de minas de Freiberg de Sajonia a otros países, inclusive al Real Seminario de Minería (1792) y, de otro, por la dinámica de las reformas borbónicas y del papel significativo de las élites españolas y criollas (Rubinovich, 1991 y 1992).

La propia historia de los "descubrimientos" científicos podrá ser mejor contada -y comprendida- si a ella incorporamos nuestros países ibéricos y latinoamericanos, hasta hoy aún considerados exclusivamente como reductos del atraso científico y del oscurantismo religioso. Los trabajos de Espinosa (1985, 1987) sobre los descubrimientos del platino en Nueva Granada, o de Rubinovich (op.cit.) sobre el controvertido descubrimiento del vanadio por Andrés Manuel del Río permiten, al mismo tiempo, revelar actividades científicas que antes ni siquiera se sospechaba e iluminar el propio proceso más amplio de investigación y de prioridades en la ciencia.

Un tema siempre atrayente y fundamental como el de la deriva continental y la tectónica de placas ofrece interesantes posibilidades. Al ser abordado a través de un tratamiento histórico que exponga los debates de la época y las disputas en vez de presentar a Alfred Wegener (como lo hacen ciertos libros-texto) como un visionario incomprendido, podrá mostrarlo como un científico bastante bien informado sobre la teoría anterior de los puentes continentales, así como de los problemas del "rompecabezas" geológico que se debía resolver. En su concepción de la deriva continental⁶ incorporó, incluso, los estudios de Hermann von Ihering, (naturalista alemán radicado en Brasil y director del Museo Paulista) relativos a los moluscos del sudeste suramericano⁷, que se articulaban claramente en la defensa de una teoría de "puentes continentales" (Lopes y Figueirôa, 1990) - lo que muestra la ampliación del debate científico, a pesar de las desigualdades entre interlocutores, hasta más allá de los límites normalmente establecidos por la visión eurocéntrica de la Historia de las Ciencias-.

Las perspectivas hasta aquí discutidas apuntan también a la importancia del uso de fuentes originales en la enseñanza. No solamente de libros o textos de época, sino de los propios "documentos primarios" de las ciencias geológicas, es decir, los fósiles, las rocas, los minerales -en suma, las colecciones- con sus etiquetas, procesos de constitución y organización, adquisición y comercio⁸. Su uso como fuente histórica ya está siendo subrayado desde hace varios años por diversos autores, entre ellos H. Torrens, ya sea en su artículo "The importance of geological specimens and collections as sources for the history of geology" (1990), como en sus trabajos sobre Mary Anning (Torrens y Taylor, 1989).

Y aquí surgen no sólo nuevos documentos sino también nuevos personajes como las mujeres, que se suman al restante de los siempre desconsiderados personajes de las regiones periféricas que citamos anteriormente. La cuestión del género, emergente en los estudios de historia de la ciencia, ya cuenta con contribuciones interesantes en nuestro campo disciplinar (Torrens, 1985; Turner, 1994; Lopes, 1992; Creese e Creese, 1994; Brice e Figueirôa, 1993). El papel de la enseñanza, en áreas como Geología, que aun atraen más hombres que mujeres, es fundamental en la revelación de las marcas de género que están presentes en la actividad científica y que son inseparables de las culturas en las cuales se desarrolla la investigación, pero que persisten enmascaradas bajo el discurso de la objetividad, de la racionalidad y de la neutralidad de la ciencia (Longino, 1990, apud Kelly et al., 1993).

CONCLUSIÓN

Nos hemos extendido aquí en precisar esas cuestiones porque consideramos que ya tenemos instrumentos no sólo para introducir la Historia de la Geología en la enseñanza, sino también para establecer sus horizontes conceptuales y hacerlo de forma que se avance en la contribución para superar la situación de crisis que atraviesan las Geociencias. Y por creer firmemente en eso, tanto el "Curso de Especialización en Enseñanza de Geociencias" que el Área de Educación Aplicada a Geociencias del Instituto de Geociencia de la Universidad Estadual de Campinas está ofreciendo regularmente desde 1984, como su programa de Maestría en Educación en Geociencias (con inicio programado para 1997) incorporan de forma inseparable, en los planos curriculares y metodológico, la Historia y la Teoría de las Geociencias (Figueirôa e Lopes, 1993).

Así, la enseñanza de la Historia de las Ciencias, y de la Geología en particular, puede desempeñar un papel aun mayor que el mero esclarecimiento de conceptos, si tenemos en cuenta nuestras realidades de países periféricos (o semi-periféricos), condicionados por el colonialismo político-económico y cultural y por el subdesarrollo. Al proporcionar una visión más integrada de nuestra cultura y de nuestra historia en la recuperación de nuestro pasado científico, se permitiría llegar a una formación de profesionales y de ciudadanos, más de acuerdo con lo que somos y pretendemos ser. Contribuiría a entender el presente técnico-científico y a disponer de elementos realistas para trazar políticas científico-tecnológicas, de recursos minerales o ambientales para intervenir, modificar y mejorar nuestra realidad.

⁶ Schwarzbach, M. Alfred Wegener - The Father of Continental Drift. *Wisconsin*. 1986. 236p.

⁷ Ihering, H. von *Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé Supérieur de l'Argentine*. In: *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, série III, tomo VII, 1907*. 611p.

⁸ *International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO) 1991, "Museums and Collections in the History of Geological Sciences"*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brice, W. R. y Figueirôa, S. F. de M. (1994). Charles Frederic Hartt and nineteenth century geological exploration in Brazil: the human cost. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Castillo M., M. (1992). Ensayos en las minas de mercurio de Chilapa (México) 1671-1681. trabajos de Gonzalo Suárez de San Martín. *Quipu*. 9 (1), 7-16.
- Collins, H. y Shapin, S. (1989). Experiment, science teaching, and the New History and Sociology of Science. In: Shortland, M. & Warwick, A. *Teaching the history of science*. BSHS: Blackwell. London. p.67-79.
- Creese, M. R. S. y Creese, T. M. (1994). British women who contributed to research in the geological sciences in the nineteenth century. *British Journal for the History of Science*. 27, 23-54.
- Espinosa B., A. (1985). Nuevos datos sobre el descubrimiento del platino y su metalurgia en la Nueva Granada en el siglo XVIII. *Quipu*. 2 (1), 7-21.
- Espinosa B., A. (1987). El descubrimiento del platino y su metalurgia en la Nueva Granada en el siglo XVIII: nuevos datos de los archivos colombianos. *Quipu*. 4 (3), 401-411.
- Espinosa B., A. (1994). Las expediciones geológicas en el norte de Suramérica y sus contribuciones. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Figueirôa, S. F. de M. (1994). Geological sciences in Brazil: scientific relations in its institutionalization process. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (1993). Relações entre Geociências, seu ensino, sua história e seu público. *Cadernos IG/UNICAMP*. 3 (2), 83-95.
- Figueirôa, S. M. de y Lopes, M. M. (orgs.) (1994). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges*. UNICAMP/IG. Campinas.
- García de L., P. (1991). El Real Seminario de Minería: cuna de la ciencia e independencia em México. *Técnica y Humanismo*, 63, 16-21.
- Kelly, G. J. et al (1993). Science education in sociocultural context: perspectives from the sociology of science. *Science Education*. 77 (2), 207-220.
- Lafuente, A.; Elena, A. y Ortega, M. L. (orgs.) (1993). *Mundialización de la ciencia y cultura nacional*. Doce Calles. Madrid.
- Latour, B. (1987). *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Univ. Press. England.
- Lopes, M. M. (1992). Brazilian museums of natural history and international exchanges in the transition to the 20th century. In: Petitjean, P. et al. (eds.). *Science and empires*. Kluwer Acad. Press. Amsterdam.
- Lopes, M. M. (1994). Contribution to the study on the North-American presence in Geology in Brazil: the National Museum third Section (1876 to 1890). In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Lopes, M. M. y Figueirôa, S. F. de M. (1990). Reactions to continental drift in Brazil in the beginning of the 20th century. In: INHIGEO SYMP., 15, 1990, Beijing. *Abstracts...* Beijing.
- Mackenzie, J. (editor), *Imperialism and the natural world*, Manchester: Manchester Univ. Press, 1990
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*. 12 (2), 255-277.
- Mulkay, M. (1979). *Science and the sociology of knowledge*. George Allen & Unwin. London. (Controversies in Sociology, 8).
- Pelayo, F. (1992). Vertebrates paleontology in Spanish colonial America: from giants to megatherium. In: *Symp. Esforskung und Erschliessung Amerikas im Spiegel der Naturgeschichte*, Viena.
- Pomeroy, D. (1993). Implications of teacher's beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*. 77 (3), 261-278.
- Porter, R. (1977). *The making of geology* (earth science in Britain, 1660-1815). Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Porter, R. (1982). Charles Lyell: the public and private faces of science. *Janus*. LXIX (1-2), 29-50.
- Rossi, P. (1979). *I segni del tempo: storia della Terra e storia delle nazioni da Hooke a Vico*. Feltrinelli Ed. Milano.
- Rubinovich K., R. (1991). Andrés Manuel del Río: primer catedrático en Mineralogía. *Técnica y Humanismo*, 63, 32-42.
- Rubinovich K., R. (1992). Andrés Manuel del Río y sus Elementos de Orictognosia de 1795-1805. In: del Río, A. M.. *Elementos de Orictognosia 1795-1805*. UNAM. México.
- Rubinovich K., R. (1994). La obra geológica de Humboldt en México. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Rudwick, M. (1985). *The great devonian controversy: the shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists*. Univ. Chicago Press. Chicago.
- Rudwick, M. J. S. (1972). *The meaning of fossils: episodes in the history of palaeontology*. The University of Chicago Press. Chicago and London.
- Santana, J. C. B. de (1994). "Os sertões": literature connected to geology in the end of 19th century in Brazil. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Secord, J. (1986). *Controversy in Victorian geology: the Cambrian-Silurian dispute*. Princeton Univ. Press. Princeton.
- Serrano, C. (1994). Transferencia de tecnología y relaciones de intercambio. Caso de estudio: la amalgamación y las escuelas de minería en la colonia. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Stafford, R. A. (1989). *Scientist of empire: Sir Roderick Murchison, scientific exploration and Victorian imperialism*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Torrens, H. S. (1985). Women in geology. 2 - Etheldred Bennett. *Open Earth*, 21.
- Torrens, H. S. (1990). The importance of geological specimens and collections as sources for the history of geology. In: Lopes, M. M. y Figueirôa, S. F. de M. (orgs.) (1990). *O conhecimento geológico na América Latina: questões de história e teoria*. IG/UNICAMP. Campinas.
- Torrens, H. S. y Taylor, M. A. (1989). Saleswoman to a new science: Mary Anning and the fossil fish *Squaloraja* from the Lias of Lyme Regis. *Bull. The Dorset Nat. Hist. and Archaeol. Soc.*
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana*. Alianza Editorial. Madrid.
- Turner, S. (1994). Women in palaeontology in Australia. In: BRANAGAN, D. F.; McNALLY; G. H. (orgs.). (1994). *Useful and curious geological enquiries beyond the world* (Pacific-Asia historical themes). Intern. Com.. Hist. Geol. Sciences. Sidney.
- Urbani, F. (1994). Mariano Eduardo de Rivero y Ustariz (1798-1857): pionero de la mineralogía y geoquímica de Venezuela. In: Figueirôa, S. F. de M. y Lopes, M. M. (orgs.). *Geological sciences in Latin America: scientific relations and exchanges* (papers presented at the 18th INHIGEO Symp., Campinas, SP, Brazil, July 19-25, 1993). IG/UNICAMP. Campinas.
- Vessuri, H. M. C. (1991). Perspectivas recientes en el estudio social de la ciencia. *Interciencia*. 16 (2), 60-68. ■