DESDE LAS LAGUNAS EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA INICIAL DE PROFESORES DE GEOLOGIA Y QUÍMICA HACIA LA INOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA CONTEXTUALIZADA

Mª Carmo Serrano* e Isabel P.Martins**

*Escola Secundária José Estevão Aveiro-PORTUGAL.

**Dep. de Didáctica e Tecnologia Educativa. Universidade de Aveiro 3810 Aveiro-PORTUGAL. Projecto PI/15/94 do Instituto de Inovação Educacional

INTRODUCCIÓN

profesores.

La formación de profesores de Ciencias en su área de especialización y en Pedagogía, es, considerada hoy en día, fundamental para la formación en didáctica y reconocida como un criterio de competencia profesional (Shulman, 1986; Cochran, de Ruiter y King, 1993; Sanders, Borko e Lockard, 1993). Las nuevas propuestas curriculares para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, por ejemplo las de vertiente CTS, que son cada vez más exigentes en el sentido de formación científica de los profesores, influenciaron el cambio de rumbo en la investigación sobre la formación de profesores. De una investigación centrada en como hacer aprender mejor (como por ejemplo, estudios en el área de cambios conceptuales), se pasó, en los últimos años, a una investigación más preocupada sobre qué es lo que el profesor sabe y más recientemente todavía sobre cómo es que el profesor sabe. Es en esta línea que se insiere el estudio que hicimos y que en parte vamos a dar a conocer en esta comunicación. Previamente, y para justificar nuestro estudio, haremos una comparación sucinta entre la enseñanza tradicional de Ciencias y la enseñanza de Ciencias de vertiente CTS, recordando sus principales diferencias y previendo los desafíos y exigencias que las propuestas innovadoras establecen en la educación de

LA ENSEÑANZA CONTEXTUALIZADA Y LOS DESAFÍOS QUE PRESENTA A LOS PROFESORES

Las experiencias en la enseñanza CTS, fueron realizadas en varios países y muchos de los resultados alcanzados, indican que es una apuesta con futuro y una via prometedora de una mayor motivación de los alumnos y una mejor preparación de estos para dar soluciones más cabales a los problemas científico-tecnológicos del mundo contemporáneo y al desarrollo de formas de pensamiento más trabajadas (Gardner, 1994; Hurd, 1994; Layton, 1994; Millar, 1996; Solomon, 1993; Yager, 1992). Comparativamente, puede decirse que:

- 1. La enseñanza tradicional se concentra básicamente en el aprendizaje de los conceptos y de los procesos, tanto para el desarrollo de la creatividad y de las actitudes (cuantos más conceptos se conozcan, más positivas serán las actitudes para enfrentar las Ciencias), como en la utilización posterior para responder a situaciones-problema del día a día. En la enseñanza CTS, en contextos reales, sin embargo, el aprendizaje de los conceptos y de los procesos es la meta. El punto de partida son situaciones-problema de contextos reales cuya solución se intenta alcanzar. En este modelo el aprendizaje de los conceptos y de los procesos aparece como una necesidad que los alumnos sienten de encontrar la respuesta. En ese proceso de construcción de conceptos, los alumnos desarrollan la creatividad y las actitudes de interés y por eso, la motivación para el aprendizaje de las Ciencias.
- 2. La enseñanza tradicional se fundamenta en programas disciplinares estructurados por áreas de conocimiento. En la enseñanza de las Ciencias en contexto no son excluidas las diferentes disciplinas; sin embargo, la elección de problemas reales como punto de partida para el aprendizaje y la diversidad de dimensiones a explorar para que su comprensión sea aumentada , llevará a que, de acuerdo con la disciplina, el profesor opte por privilegiar algunas de estas dimensiones en detrimento de otras. En la enseñanza tradicional cuando los alumnos enfrentan situaciones-problema, estas son simplificaciones de la realidad en que las variables son aisladas unas de otras para que sean mejor entendidas (Millar, 1996). En la enseñanza en contexto, se pretende que el alumno pueda tener, una imagen más global del problema que aquella que la disciplina le proporciona. Cada vez más los problemas reales necesitan de la intervención de dominios variados y por eso complementarios. Son escasos aquellos en que una visión puramente disciplinar es suficiente para interpretarlos.

Para que los profesores puedan poner en práctica estas propuestas innovadoras es necesario no solo que sepan los conceptos, si no también que comprendan cual es la función de su disciplina en la educación global de los alumnos y además que sean capaces de identificar temas/problemas interdisciplinares útiles para ampliar su educación científica (Santos, 1994). Además del dominio de los conocimientos científicos, hoy en día, se insiste cada vez más, en la necesidad que los profesores tienen de ser conscientes de sus ideas sobre *el que es enseñar Ciencias*, saber analizarlas y criticarlas. Estas ideas previas o pensamiento espontáneo, se desarrollan a partir de

los modelos de educación a los que habrán estado sometidos mientras eran alumnos y son de dificil transformación (Carvalho y Gil-Pérez, 1993). En este caso, son referidos los modelos de tendencia fuertemente disciplinar, así como la organización tradicional de currículos y la falta de recursos didácticos concebidos desde una perspectiva flexible, como un obstáculo para la ejecución de estas innovaciones.

Las reformas curriculares actuales parecen, sin embargo, indisociables de las reformas de la formación de profesores (Rutherford y Ahlgren, 1990). Para justificar propuestas de intervención en este sentido, es urgente contestar la formación de profesores de Ciencias, analizar y legitimar los programas de formación, principalmente los de la formación inicial, por la importancia que tienen en el desarrollo profesional y también porque ha sido el área menos contestada (Fensham y Northfield, 1993). Hay que realizar estudios empíricos que permitan identificar y caracterizar la naturaleza de los principales bloqueos.

EL PROBLEMA

En el contexto de las Ciencias, la importancia de la Geología es un fenómeno muy reciente, y es verdad que desde hace poco tiempo únicamente las llamadas Ciencias exactas y experimentales (Matemáticas, Física y Química) adquirieron notoriedad pública. Tal vez por esto, a nivel mundial, la inserción de contenidos y métodos de Geología en los currículos de la educación básica y secundaria ha sido muy limitada. Sin embargo, informaciones de 65 representaciones de varios países en la I Conferencia Internacional de Educación en Geología, realizada em Southampton en Abril de 1993, revelaron que el aprendizaje de la Geología comienza a adquirir una relevancia cada vez mayor a nivel mundial (King, Orion y Thompson, 1995). Esta modificación no es ajena, probablemente, al hecho de que los problemas que surgen a escala del globo puedan ser objeto de estudio de la Geología y además al reconocimiento de que ciertos conceptos específicos de esta asignatura permiten desarrollar competencias fundamentales en la comprensión de estos problemas.

La degradación del planeta en que vivimos, sistema que engloba sub-sistemas físicos, químicos y biológicos que interactúan, asume diversos aspectos (pluridisciplinares y muchas veces de cariz transnacional). Por ejemplo: la degradación de la capa de ozono, el eventual calentamiento global de la Tierra, la destrucción de los suelos con la consecuente desertificación de vastas áreas del globo, la contaminación de las aguas y del suelo, y la degradación del patrimonio arquitectónico. Es necesario y urgente asegurar una Tierra que sea habitable y productiva para las generaciones futuras y por eso es importante encontrar resoluciones concertadas a nivel político. En la educación básica y secundaria es donde todos los ciudadanos, y entre ellos aquellos que llegarán a tener poder decisivo (políticos, empresarios, científicos, etc.), podrán aprender, en contexto formal, los conceptos fundamentales que les permitan desarrollar una actitud comprensiva frente al funcionamiento global del sistema Tierra, precursora del desarrollo de competencias en la toma de decisiones. Además de los contenidos, hay aspectos científicos de la Geología que son objeto de estudio y que más que en otras disciplinas, permiten ser conscientes de la gravedad y complejidad de problemas, entre los que se destacan:

- 1. La dimensión tiempo geológico, cuya unidad es el millón de años, podrá darnos la percepción de que la reversibilidad de las transformaciones cuando existe, no se compadece con nuestro tiempo de vida: lo que destruimos en un año puede tardar millones de años en reconstruirse;
- 2. La diversidad de *escalas con las que el geólogo trabaja* (del ångstrom al millar de kilómetros) que obliga a hacer, en cada interpretación, un esfuerzo necesario para la integración de los varios subsistemas de la Tierra con sistemas más abrangentes que alcanzan el propio universo;
- 3. La interacción entre sistemas que en el sentido geológico puede asumir aspectos dramáticos. Cuando se perturba un sistema, tiene o puede tener, antes o después, implicaciones en otros sistemas en diferentes zonas del globo. Esto nos hace comprender que hay problemas de cada país que son de todos, lo que exige soluciones colectivas. El futuro de la Tierra a escala global, dependerá, de la comprensión de estas interacciones y de los procesos subyacentes. El International Council of Scientific Unions creó en 1996 el proyecto International Geosphere biosphere Program-A Study Global change (IGBP) cuyo objetivo era describir e comprender los procesos interactivos físicos, químicos y biológicos que regulan el sistema Tierra, el único que es capaz de tener vida, los cambios que en él se producen y la forma en que estos procesos están siendo influenciados por la acción humana (Fyfe, 1989, p.90).

Todo esto parece credibilizar la exigencia de los currículos escolares en atribuir mayor importancia a la Geología.

Los currículos de Química y Geología de la Educación Secundaria en Portugal, tal como en muchos otros piases, apelan al estudio de situaciones problemáticas que relacionan la Ciencia con la sociedad. Un tema de gran actualidad que ha llegado a asumirse como una importante y muchas veces polémica fuente de problemas que exige una intervención social, es el de la degradación y conservación del patrimonio arquitectónico edificado. Sin embargo, es importante que tal intervención sea racional, consciente y equilibrada lo que necesitará siempre de una interpretación científica adecuada.

La degradación de monumentos, que resulta de la alteración de las rocas con que se construyen, es un proceso natural y lento. La aceleración de este proceso es un problema creado por la humanidad, que resulta, a posteriori, de la industrialización y del crecimiento de las ciudades. Esta mentalización ha movilizado la opinión pública nacional e internacional, haciéndose patente por la importancia que le conceden los *mass-media* y las revistas de especialidad científica y educativa. Estas últimas presentan actualmente propuestas de estrategias de educación en que la protección del patrimonio cultural arquitectónico es motivo para el aprendizaje de conceptos científicos principalmente a través de clases de campo (Borrows, 1994; Dove, 1994; Robinson, 1994).

El estudio empírico que realizamos pretendió identificar lagunas en la formación científica de los futuros profesores (FP) de Geología (92) y de Química (30), totalizando 122 (N=122), al final de su educación escolar, relacionadas con la interpretación adecuada de situaciones-problema de *Degradación y Conservación del Patrimonio Arquitectónico Edificado*. Este tema, elegido para la contextualización de las preguntas realizadas a los FP, ha sido considerado adecuado porque, además de su actualidad, permite:

- *movilizar conocimientos científicos sobre interacciones geoquímicas;
- *ilustrar la contribución de la Ciencia y de la Tecnologia en la Sociedad;
- *abordar situaciones multidisciplinares;
- *promover iniciativas en programas de Geología y Química;
- *desarrollar valores estéticos y éticos relacionados con cuestiones científicas.

METODOLOGÍA

En la obtención de datos se utilizaron seis preguntas de formato abierto que corresponden a situacionesproblema del tema escogido adecuadas para usarlas en la clase por los FP, de las dos áreas de formación. Al principio del ejercicio se pedía a los FP que explicaran de la mejor manera posible, sus conocimientos científicos. Este ejercicio fue legitimado por cinco profesores universitarios y especialistas, dos en Geología y uno en Química Inorgánica, uno en Didáctica de Geología y otro en Didáctica de Química. Antes de este estudio principal, se realizó un estudio director en que, de acuerdo con los objetivos para él definidos y con las respuestas obtenidas, reveló que el lenguaje utilizado en las preguntas era claro y comprensible y su número adecuado al tiempo estimado para responder.

Las respuestas obtenidas en el estudio principal fueron sometidas a un análisis de contenido y las ideas inferidas así como su clasificación, constituyen los resultados de este trabajo, o sea, las categorías de respuesta (CR). El análisis de las CR y la identificación de interconexiones entre sí y con la respuesta adecuada (RA) permitió establecer los modelos interpretativos (MI). Estos corresponden a la manera como los encuestados usaron el conocimiento frente a la complejidad de las situaciones propuestas, es decir, al número de variables del problema que identificaron y a la naturaleza de estas mismas variables.

Para rentabilizar el trabajo de responder al cuestionario que sirvió también para la educación de los encuestados, se creó al final de la prueba un espacio de reflexión sobre las dificultades que sintieron al realizarla.

Para saber si el área de formación tuvo alguna influencia sobre las respuestas, se procedió a la realización de un test de decisión estadística (test χ^2).

En esta comunicación se presentarán dos de las seis preguntas utilizadas y se discutirán aspectos particulares de las categorías de respuesta encontradas así como algunas implicaciones probables para la enseñanza de las Ciencias según las perspectivas innovadoras ya referidas anteriormente.

PREGUNTAS Y RESULTADOS

Pregunta 1

P1 Suponga que tiene que realizar un informe justificando la necesidad de restaurar y conservar un monumento en piedra y que para eso necesita opiniones técnicas.

Indique cuales son los técnicos especialistas (formación científica) que escogería. Justifique su respuesta.

Queríamos saber con esta pregunta si los FP (futuros profesores) eran capaces de reconocer el problema como multidisciplinar o si tenían una visión reducida del mismo, o sea, meramente disciplinar.

La RA (respuesta adecuada), para esta pregunta, incluía reconocer que para la realización del informe se necesita la opinión de varios técnicos, si consideramos las tres vertientes del problema, que son:

- V1 protección de la arquitectura
- V2 conocimiento de las condiciones actuales de alteración (naturaleza de la roca y agentes de alteración)
- V3 conocimiento de técnicas utilizadas en la restauración y conservación.

La tabla 1 indica las categorías de respuesta y los modelos interpretativos encontrados así como su extensión.

Las categorías de respuesta encontradas divergen unas de otras y de la RA en el número de técnicos a los que los encuestados pedirían opiniones (visión mono, bi o multidisciplinar) y por las vertientes del problema a que otorgaron importancia.

Categorías de respuestas	G%	Q%	%total	Modelos interpretativos
CR1 – Condiciones actuales de alteración	6,5	13,3	8,2	visión bidisciplinar (V2)
CR2 – Condiciones de restauración y conservación de la arquitectura	9,8	10,0	9,8	Visión multidisciplinar (V1+V3)
CR3 - Características de las rocas y mejores técnicas de restauración	13,1	13,3	13,1	Visión multidisciplinar (V1+V3)
CR4 - Condiciones de alteración de las rocas y conservación de la arquitectura	17,4	13,3	16,4	Visión multidisciplinar (V1+V2)
CR5 - Naturaleza de las rocas	21,7	3,4	17,2	Visión monodisciplinar (V2)
CR6 - RA	2,2	3,4	2,5	Visión multidisciplinar (V1+V2+V3)
CR7 - No justificadas	20,6	43,3	26,2	Par to an electrical
CR8 - Otras	8,7	<u>, 0</u> 01	6,6	A CALL TOLL

Tabla 1 Distribución de las respuestas de los FP en las categorías de respuesta y modelos interpretativos definidos.

Un estudio de la tabla 1 indica que:

* Todavía existen 17,2 % de los FP (CR5) que tienen una visión monodisciplinar del problema. Suponen que la opinión de un geólogo es suficiente para calcular el grado de alteración y prever como esta evolucionará en el futuro. El mayor número de FP de Geología está incluido en esta categoría.

Ejemplo:

"Preguntaría a geólogos, ya que son especialistas que saben de piedras como por ejemplo su constitución y naturaleza, que procesos físicos y químicos permiten su destrucción y que medios permiten su conservación".(FP33)

* Son muy pocos los FP (8,2 % CR1) que manifiestan una visión bidisciplinar. Para estos, es importante la opinión del geólogo por sus conocimientos sobre la naturaleza de las rocas y la opinión del químico por razones que están relacionadas con lo que consideran que debe saber sobre los niveles de contaminación. Sin embargo, tal como los FP que recurrían a un enfoque monodisciplinar, únicamente atribuyen importancia a una de las vertientes del problema - las condiciones de alteración.

"Preguntaría a geólogos, por las características de las rocas, y a químicos por el tipo de contaminantes" (FP 59)

* Menos de la mitad de los FP (41,8% - CR2+CR3+CR4+CR6) reconocen la necesidad de pedir opinión a varios técnicos (enfoque multidisciplinar), pero solamente un número muy pequeño (2,5 % CR6) tiene una visión más holística del problema reconociendo la importancia de resolver las tres vertientes del mismo, (V1, V2 y V3) para acercarse a la RA. Los otros encuestados, cuya respuesta muestra una visión multidisciplinar, se inclinan siempre sobre las dos vertientes del problema. Nos gustaría destacar en este último grupo la existencia de FP (9,8% CR2) que concentran sus respuestas en la necesidad de mantener las características arquitectónicas de los monumentos y de conocer las técnicas de restauración y de conservación, ignorando la necesidad de conocer las condiciones de alteración (aunque hagan referencia a la necesidad de pedir opinión a un geólogo) contrariando las expectativas si consideramos su área de formación. Las respuestas parecen más influenciadas por los massmedia que por aprendizajes formales pues reconocen el problema social pero no parecen reconocer los contributivos importantes de la Geología y de la Química.

"Los técnicos serían: ingenieros, geólogos, arqueólogos, arquitectos, restauradores de construcción civil, u otro tipo de personas que tuvieran conocimientos en estos campos. Creo que todas las opiniones de estas personas eran importantes para poder hacer un análisis sobre el problema y poder estudiar cual seria la mejor manera de restaurar el monumento para que quedase bien restaurado, con buena conservación sin modificar su arquitectura." (FP 01)

Observamos que tener una visión multidisciplinar no significa, en este caso, comprender globalmente el problema, o sea, reconocer todas sus vertientes.

Nos parece también importante llamar la atención para el elevado número de profesores (26,2 % - CR7) que después de haber escogido varios técnicos, no fue capaz de justificar su elección o lo hizo inadecuadamente sin presentar ideas precisas de la función de los técnicos a los que pedirían opinión.

En la categoría OTRAS (CR8) fueron incluidas las respuestas idiosincráticas.

Pregunta 2

P2 - Dos edificios con la fachada de caliza del mismo tipo, contiguos y construidos en la misma época, tienen arquitecturas diferentes: uno tiene la fachada lisa y el otro tiene adornos esculpidos. Qué es lo que cree que va a pasar en la alteración de los dos edificios al cabo de algunos años?.

Esta pregunta se diferencia de la anterior porque se refiere a una situación que esta más directamente relacionada con la alteración de las rocas como proceso de interacción roca/agentes externos y por lo tanto esta más inclinada para la aplicación de conocimientos científicos del área de la especialidad.

Queríamos con esta pregunta averiguar si los FP reconocían los adornos como factor acelerador de la alteración v si identificaban las diferentes vertientes de esa interferencia.

La RA de esta pregunta incluía reconocer que los adornos son un factor de alteración de la caliza porque:

- -aumentan el área de exposición a los agentes de alteración
- -favorecen el aparecimiento de microclimas porque proporcionan diferentes exposiciones a los agentes de meteorización
- -favorecen el aparecimiento de microambientes originando zonas de retención de agua y de acumulación de residuos que permiten la fijación de alguna flora.

La Tabla 2 indica las categorías de respuesta y los modelos interpretativos que usaron los FP en las respuestas a esta pregunta así como su extensión.

Las categorías de respuesta se separan de la RA porque o son errores científicos que no consideran los adornos como factores de la aceleración de la alteración (CR1 y CR2), o representan visiones parciales de la versión científica (CR3). También hay casos de respuestas no justificadas (CR4), de respuestas idiosincráticas (CR5), de respuestas no sé (CR6) y también sin respuesta (CR7).

Categorías de respuestas		G%	Q%	%total	Modelos interpretativos
CR1-Alteración independiente de la forma de las superficies		5,4	3,3	4,9	Error científico
CR2 - Alteración mayor en la superficie lisa		2,2	3,3	2,5	Error científico
	CR3A - mas saliente mayor exposición	8,7	6,7	8,2	Visión parcial de la versión científica
CR3	CR3B - Mayor área mayor contacto	27,2	20,0	25,4	Visión parcial de la versión científica
Alteración mayor en la superficie menos lisa	CR3C - Mayor relieve mayor tiempo de contacto	16,3	13,3	15,6	Visión parcial de la versión científica
	CR3D - Mayor relieve mayor fragilidad	5,4	6,7	5,8	Visión parcial de la versión científica
CR4 - No justificadas	8	28,3	36,7	30,3	
CR5 – Otras		5,4	3,3	4,9	
CR6 - No sé		1,1	-	0,8	
CR7 - Sin respuesta		-	6,7	1,6	

Tabla 2 Distribución de las respuestas de los FP en las categorías de respuesta y en los modelos interpretativos definidos.

El estudio de la tabla indica que:

*Aproximadamente la mitad de los FP (60%, CR3) considera que los adornos son importantes como factores de aceleración de la alteración pero justifican esa importancia siempre a partir de una única variable: saliencia (CR3A), mayor área de contacto (CR3B), mayor tiempo de contacto con los agentes de alteración (CR3C) y mayor fragilidad (CR3D). Del conjunto de variables que están en juego escogen siempre una para justificar la respuesta que revela una visión simplista unidimensional, esporádicamente influenciada por los modelos de educación tradicionales por los que estudiaron y que ya caracterizamos anteriormente.

*Después están los FP (7,4%, CR1+CR2) que tienen visiones equivocadas del problema y que consideran que la alteración es independiente de la forma de la superficie (CR1) o que es mayor cuando la superficie es lisa (CR2).

CONCLUSIÓN

Los FP incluidos en el estudio mostraron dificultades en aplicar los conocimientos científicos a la interpretación de situaciones-problema que se les plantearon. Esta opinión tiene que ver con los hechos siguientes:

*En las dos preguntas, un gran porcentaje de FP no justificó las respuestas o lo hizo de una manera muy ligera que parece ser influencia de un aprendizaje no formal;

*Los modelos interpretativos que usaron fueron casi siempre limitados, centrándose en una única variable del problema y revelando lagunas científicas. Son modelos más compatibles con aprendizajes en situaciones laboratoriales o con aprendizajes no formales. Algunos de los encuestados reconocen esta situación y la refieren en sus reflexiones sobre las dificultades que sienten al responder al ejercicio.

Eiemplos:

-"... lo que yo respondí - verdadero o falso - fue fruto aunque sea trágico decirlo, de un contacto más o menos habitual con los mass-media..." (FP 14)

- " fue difícil juntar y relacionar los conocimientos que tengo ya que no estamos acostumbrados a preguntar, a encontrar soluciones para los problemas del día a día" (FP 08).

Al contrario de lo que esperábamos, los resultados del test χ^2 mostraron que el área de formación no se reflejó de forma acentuada en las respuestas. Pensamos que esto tiene que ver con el modo simplista y a veces leve como fueron encarados los problemas.

También tenemos motivos para pensar que la resolución del ejercicio constituyó para los FP implicados, un momento de formación, que ellos mismos reconocieron:

Ejemplo:

"Realmente, descubrí que relacionado con este tema tengo poca información, este ejercicio me ayudó a darme cuenta de eso. Ahora voy a intentar informarme mejor. Para no pasar por la misma situación de impotencia frente a este problema. Creo que este tipo de iniciativas son necesarias porque ayudan a darnos cuenta de las dificultades que tenemos y no sabemos " (FP 37).

Nos damos cuenta, sin embargo, que si queremos adaptar la escuela a las necesidades de la sociedad actual, se necesitan reformulaciones urgentes y profundas en los currículos de la formación inicial, o hasta en las propias instituciones. Si los FP implicados en el estudio tuvieron dificultades en trabajar con las situaciones-problema que se le plantearon , muy probablemente tendrán dificultades para utilizarlas en estrategias y/o actividades de enseñanza en el futuro.

Creemos que se deben hacer reformulaciones en los currículos , que deberán abarcar no solo las asignaturas de las especialidades, como también , las asignaturas de Didáctica, pues como hemos comprobado, el hecho de que todos los encuestados hayan tenido esta asignatura no tuvo los resultados esperados. También creemos que las reformas deben hacerse para proporcionar a los FP, durante todo el tiempo de escolarización, una formación coherente con los modelos de enseñanza que ellos van a utilizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORROWS, P. (1994). Chemistry Trails. Education in Chemistry, Vol. 31, No5,pp 63.

CARVALHO, A. M. P. y GIL-PÉREZ, D. (1993). Formação de Professores de Ciências (tradução de Sandra Valenzuela). Colecção Questões da Nossa Época. Cortez Editora: São Paulo, Brasil.

COCHRAN, K. F., DE RUITER, J. A. y KING, R.A. (1993). Pedagogical Content Knowing: An Integrative Model for Teacher Preparation. *Journal of Teacher Education*, Vol 44 N° 4,pp 263 -272.

DOVE, J. (1994). Headstones, Local Churches and Sc3. School Science Review, Vol. 75, N° 272, pp 43 - 50.

FYFE, W. S. (1989). Global Change: New Opportunities for the Earth Sciences. Proceedings Exploration "87". Ontario Geological Survey, Special, Vol. 3, pp89 - 92.

FENSHMAN, P. J. y NORTHFIELD, J. R. (1993). Pre-Service Science Teacher Education. An Obviouse but Difficult Arena for Research. *Studies in Science Education*, Vol. 22, pp 67 - 84.

GARDNER, P. (1994). Representations of the Relathionship between Science Technology in the Curriculum. Studies in Science Education, Vol. 24, pp 1 - 28.

Profesorado

HURD, P. (1994). New Minds for a New Age: Prologue to Modernizing the Science Curriculum. Science Education, Vol. 78 N° 1, pp 103 - 116.

KING, C., ORION, N. y THOMPSON, D. (1995). Earth Science in Britain and on the World Stage. *School Science Review*, Vol. 77, N° 279, pp 121 - 124.

LAYTON, D. (1994). STS in the School Curriculum A Movement Overtaken by History? in STS Education - International Perspectives on Reform. Editado por Joan Solomon y Glen Aikenhead, New York, Teachers College Press, pp 32 - 44.

MILLAR, R. (1996). Toward a Science Curriculum for Public Understanding. School Science Review, Vol 77 $\rm N^{\circ}$ 280, pp 7-18.

ROBINSON, E. (1994). What happened in the Cemetery. Teaching Earth Science, Vol. 19, No 1, pp 25 - 26.

RUTHERFORD, F. J. y AHLGREN, A. (1990). *Ciência para Todos*, (Tradução de Catarina Caldeira Martins, 1995). Colecção Aprender Fazer Ciência. Lisboa: Gradiva.

SANDERS, L. R., BORKO, H. y LOCKARD, J. D. (1993). Secondary Science Teachers Knowledge Base When Teaching Science Courses in and out of Their Area of Certification. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 7, pp 723 - 736.

SANTOS, M. E. V. M. (1994). Área Escola/Escola - Desafios Interdisciplinares. Lisboa: Livros Horizonte.

SHULMAN, L. S. (1986). Paradigms and Research Programs in the Study of Teaching: a Contemporary Perspective, em WITTROCK, M. C. (ed), *Handbook of Research on Teaching*, 3ªed. New York, Macmillan Publishing Company, pp 3 - 36.

SOLOMON, J. (1993). Teaching Science, Technology and Society. Buckingham: Open University Press.

YAGER, R. E. (1992). Science - Technology - Society as Reform, in *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts Around the World*, ICASE Yearbook, Arlington, ed. Robert E. Yager, pp 2 - 8.